



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

DANYLO DAVID DE LIMA SILVA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE TATUAGENS:
POSSIBILIDADE PARA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO
DE QUÍMICA**

Recife, junho de 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

DANYLO DAVID DE LIMA SILVA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE TATUAGENS:
POSSIBILIDADE PARA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO DE
QUÍMICA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências (PPGEC) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Ensino das Ciências e Matemática.

*Orientadora: Profa. Dra. Verônica Tavares Santos Batinga.
Coorientadora: Profa. Dra. Kátia Cristina Silva de Freitas*

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L732s

Silva, Danylo David de Lima Silva
SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE TATUAGENS: POSSIBILIDADE PARA ALFABETIZAÇÃO
CIENTÍFICA NO ENSINO DE QUÍMICA / Danylo David de Lima Silva. - 2022.
186 f. : il.

Orientador: Veronica Tavares Santos Batinga.
Coorientador: Katia Cristina Silva de Freitas.
Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Recife, 2022.

1. Ensino por investigação. 2. Alfabetização científica. 3. Química das tatuagens. 4. Ensino de química. 5. Ensino médio.
I. Batinga, Veronica Tavares Santos, orient. II. Freitas, Katia Cristina Silva de, coorient. III. Título

CDD 507

*Dedico esta dissertação a minha família. Toda ela
mesmo, sem exceção.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, que para mim é uma Pessoa. Uma Pessoa tão presente quanto todas as pessoas propriamente ditas.

A minha mãe, que me fornece o amor e o prazer da reciprocidade, onde tenho a oportunidade de ser, todos os dias, aquilo que quis ser desde a eternidade passada. E isso também se estende as minhas três avós: Severina, e *in memoriam*, Carmelita e Penha.

Ao meu irmão, Emerson, que, simplesmente, é uma das pessoas mais importantes da minha vida, mas também a minha cunhada (Anjo) e ao meu sobrinho (Dominic).

A minha queridíssima orientadora, professora Verônica Tavares, que em todos os momentos orientou as etapas de construção deste trabalho de dissertação. Sempre com excelência. Sempre com paciência. E, estender esses agradecimentos, à professora Kátia, por toda orientação e contribuição do conhecimento específico da química.

Aos meus queridos participantes da pesquisa. Vocês são INCRÍVEIS! Obrigado pela confiança.

Aos meus professores do ensino médio, em especial: Adelma e Dione (Português), Betânia (Química e Física), Adriana (Inglês) Andréa (Biologia), Maria dos Prazeres (Física e Matemática), Inaldo (Matemática), Gabriela *in memoriam* (História), Rafaela (Biologia e Física), Tânia e Edna (Educação Física) e Mabel (Geografia). Todos os senhores têm uma contribuição densa nesta dissertação, mesmo que muitos de vocês, a essa altura do campeonato não estejam mais ministrando aulas. Estendo aos meus professores do ensino superior, são eles: Maria José e Carlos Oliveira (Química Analítica, sendo a primeira orientadora na graduação), Bogdan (Química Orgânica), Luciano (Físico-química), Verônica Tavares – (Instrumentação II) –, Edenia, Ruth e Ângela (Instrumentação e Práticas Pedagógicas), Maria Ângela e Euzébio (História da Química), Ana Paula (Fundamentos da Educação), Marcelo e Tiago (Cálculo), Mirelle (LIBRAS), Sandra, Elizabeth e Analice (Metodologia do Ensino de Química e Estágios) e Iêdo (Produção de Textos Acadêmicos). Todos, sem exceção têm contribuições consideráveis nesse período inicial da titulação acadêmica na graduação.

Também gostaria de contemplar meus professores do mestrado, são eles: Mônica (fundamentos teóricos, metodológicos e epistemológicos da pesquisa), Ricardo (semiótica no ensino de ciências), Ivoneide (abordagem por problemas no ensino de ciências), Vladimir (análise estatística implicativa), Euzébio – já citado – e Suely (seminários) e Helaine (teorias psicológicas da aprendizagem). Gratidão a todos. Foi bem difícil neste período pandêmico, mas conseguimos.

Ao meu amigo e irmão, Matheus, que me ajudou com muita dedicação, sempre preocupado em me manter focado, transmitindo paz – em meio a loucura – e sempre com palavras tão reconfortantes, mesmo que muitas vezes elas parecessem (re)conflitantes.

Aos meus amigos de graduação, que mesmo em áreas diferentes, não poderia deixá-los de fora, são eles: André, Carol, Arthur, Libna, Camila, Raphaela, Natan e Maria.

E, por fim, ao meu companheiro, Jefferson, pois nos permitimos todos os dias ensinando um ao outro o significado de ser. Acima de tudo e de todos, simplesmente ser.

“[...] tornar o conteúdo mais interessante por trazê-lo para mais perto do universo cognitivo não só do aluno, mas do próprio homem, que antes de conhecer cientificamente, constrói historicamente o que conhece.”

— *Ruth Schmitz de Castro*

“Uma vez eu ouvi: Deus me livre sujar meu currículo com a área de ensino... – Certamente, não sabia a pessoa, que a ciência não avança se, primeiramente, ela não fizer sentido para ela mesma. Dessa forma, o que seria da ciência, se todos os saberes não pudessem ser ensinados...”

— *Danylo David de Lima Silva*

“A minha vitória hoje tem sabor de mel.”

— *Damares*

RESUMO

Este trabalho objetiva analisar as possibilidades do ensino por investigação para a promoção da alfabetização científica dos estudantes, em aulas de Química do ensino médio. Este ensino é definido como uma abordagem didática que visa à participação ativa dos estudantes, de modo que eles possam aprender a pensar, falar, ler e escrever sobre Ciências em sala de aula. A pesquisa é do tipo qualitativa com relação à abordagem dos dados para análise. Os procedimentos metodológicos envolveram: a elaboração de uma sequência didática investigativa, seu desenvolvimento em aulas de química, e a análise dos dados com base em categorias analíticas, que remetem aos indicadores de alfabetização científica. O tema da sequência centrou-se na discussão sobre a problemática das “tatuagens” associada ao conhecimento químico, seus desdobramentos no contexto social atual, sendo um tema que permite engajar os jovens e adolescentes nas aulas. A sequência contemplou quatro momentos/atividades. No primeiro, foi apresentado um problema sobre o tema tatuagens, com o objetivo de os estudantes elaborarem hipóteses para resolvê-lo, além da apresentação de um vídeo, tratou de técnicas básicas sobre aplicação de tatuagens. No segundo, houve um debate por meio da exibição de vídeo e a apresentação e leitura de dois textos motivadores. Os estudantes fizeram a leitura dos textos que abordam a mesma temática do segundo vídeo, as interações químicas e estruturas. No terceiro momento foi realizada uma aula expositiva dialogada para discutir acerca dos grupos funcionais químicos, presentes em substâncias químicas usadas na pigmentação das tatuagens. Logo após, houve a vivência de uma experimentação investigativa para introduzir os conceitos de densidade e polaridade das substâncias. E, por fim, no último momento foram apresentadas as contribuições dos estudantes por meio de seminários, e a retomada da resolução do problema. Os resultados apontam que dez indicadores de alfabetização científica emergiram a partir da análise de dados das produções dos estudantes, e seus diálogos em cada momento metodológico da sequência. Em síntese, conclui-se que o ensino por investigação contribuiu para indícios de alfabetização científica dos estudantes, a presença de conceitos químicos mais elaborados na resposta ao problema sobre tatuagens, quando comparada com a resposta inicial, e a oportunidade de ler, falar e escrever sobre Química. Esse estudo colabora com pesquisas na área de educação em Ciências, que investigam o ensino por investigação como possibilidade para promoção da alfabetização científica em aulas de Química.

Palavras-Chave: Ensino por investigação, alfabetização científica, química das tatuagens, ensino de química, ensino médio.

ABSTRACT

This work aims to analyze the possibilities of inquiry-based teaching to promote students' scientific literacy in high school chemistry classes. This teaching is defined as a didactic approach that aims at the active participation of students, so that they can learn to think, speak, read and write about science in the classroom. The research is qualitative in terms of the approach to data analysis. The methodological procedures involved: the elaboration of an investigative didactic sequence, its development in chemistry classes, and the analysis of data based on analytical categories, which refer to scientific literacy indicators. The theme of the sequence focused on the discussion about the problem of tattoos associated with chemical knowledge, its consequences in the current social context, and as a theme that allows young people and adolescents to be engaged in classes. The sequence included four moments. In the first one, a problem-situation on the topic of tattoos was presented, with the aim of students developing hypotheses to solve it. In the second, there was a debate through the exhibition of two videos and reading of two texts. The first video dealt with basic techniques on applying tattoos, and the second brought information about the chemical constitution of tattoos. Then, the students read the texts that address the same topic as the second video. In the third moment, a dialogic expository class was held to discuss the chemical functional groups present in chemical substances used in the pigmentation of tattoos. Soon after, there was an investigative experiment to introduce the concepts of density and polarity of substances. Finally, at the last moment, the contributions of the students were presented through seminars, and the resumption of the resolution of the problem situation. The results show that ten scientific literacy indicators emerged from the analysis of data from the students' productions, at each moment of the sequence. In summary, it is concluded that teaching by investigation contributed to evidence of scientific literacy of students, the presence of more elaborate chemical concepts in the response to the problem situation about tattoos, when compared to the initial response, and the opportunity to read, speak and write about chemistry. This study collaborates with research in the area of science education, which investigates teaching by inquiry as a possibility to promote scientific literacy in chemistry classes.

Keywords: Teaching by investigation, scientific literacy, chemistry of tattoos, teaching chemistry, high school.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Busca de informações sobre ciência e tecnologia segundo o MCTIC.....	16
Figura 02 – Categorias de análise utilizadas na análise da dados do levantamento bibliográfico	22
Figura 03 – Raciocínio apontado por Dewey para a promoção do conhecimento.....	39
Figura 04 – Relação entre as zonas de desenvolvimento real e potencial.....	46
Figura 05 – Níveis de abertura, quanto ao papel do aluno, professor e natureza das atividades	48
Figura 06 – Fases para conduzir as atividades investigativas	50
Figura 07 – Esquema dinâmico do processo de investigação como abordagem didática	53
Figura 08 – Delineamento da SDI em quatro passos, segundo Carvalho (2009).....	54
Figura 09 – Componentes químicos básicos das tintas de tatuagens	70
Figura 10 – Interação dipolo-dipolo entre duas moléculas de propanona.....	71
Figura 11 – Estruturas moleculares do álcool etílico e éter dimetílico	72
Figura 12 – Representação de uma micela globular com camadas surfactantes com parte lipofílica interna e hidrofílica externa	74
Figura 13 – Estrutura química do polietilenoglicol (PEG).....	75
Figura 14 – Estrutura química do negro-de-fumo	76
Figura 15 – Estrutura química dos pigmentos do tipo orgânico.....	77
Figura 16 – Ilustração de um corte longitudinal da pele humana e seus constituintes morfológicos.....	81
Figura 17 – Representação parcial do espectro eletromagnético com a estrutura da melanina sobreposta na região UV/Vis.....	82
Figura 18 – Clivagem de uma variante do pigmento vermelho	84
Figura 19 – Imagens das estruturas químicas dos pigmentos utilizados na aula expositiva dialogada.....	135

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Valores de quantidade de pessoas que se interessam por assuntos da ciência ...	15
Quadro 02 – Periódicos selecionados e seu estrato, segundo o Qualis da CAPES.....	20
Quadro 03 – Quantidade de publicações por periódico	23
Quadro 04 – Descrição dos artigos de acordo com os aspectos bibliográficos utilizados	24
Quadro 05 – Descrição dos artigos de acordo com os aspectos metodológicos utilizados.....	29
Quadro 06 – Níveis de abertura da atividade no EPI	49
Quadro 07 – Características das variantes do termo “Alfabetização Científica”	57
Quadro 08 – Perfis atribuídos ao sujeito alfabetizado cientificamente	59
Quadro 09 – Indicadores que apontam um alfabetizado cientificamente	61
Quadro 10 – Algumas descrições do alfabetizado cientificamente, segundo Hurd.....	63
Quadro 11 – Alguns dos solventes usados em tintas de tatuagens, bem como características acerca da sua natureza química	73
Quadro 12 – Relação de coloração do pigmento do tipo inorgânico com a estrutura química correspondente, dando ênfase aos metais atribuídos	79
Quadro 13 – Primeiro Momento: apresentação do problema e técnicas de aplicação das tatuagens	89
Quadro 14 – Segundo Momento: a química das tatuagens e os perigos enfrentados	91
Quadro 15 – Terceiro Momento: discussão sobre as estruturas químicas envolvidas nos pigmentos das tintas usadas nas tatuagens a fim de dar apoio à investigação	95
Quadro 16 – Quarto Momento: resultados das investigações suplementares sobre os pigmentos das tintas de tatuagens.....	97
Quadro 17 – Categorias de análise de dados relativas aos Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica	99
Quadro 18 – Espelho de respostas com articulação de possíveis indicadores da Alfabetização Científica	100
Quadro 19 – Espelho de respostas das questões referentes a experimentação investigativa	101
Quadro 20 – Respostas do problema com os conhecimentos prévios dos estudantes no primeiro momento da SDI	105
Quadro 21 – Respostas das questões relacionadas à experimentação investigativa	141
Quadro 22 – Resposta ao problema inicial no último momento da SDI.....	156

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Segmento referente às quantidades de publicações entre os anos de 2016 e agosto de 2020.....	22
Gráfico 02 – Levantamento estatístico referente aos compostos curriculares utilizados nas atividades investigativas.....	23
Gráfico 03 – Levantamento estatístico da quantidade de trabalhos no ensino de Química comparando-o com o total de trabalhos publicados	27
Gráfico 04 – Levantamento estatístico referente aos sujeitos de pesquisa dos trabalhos publicados em EPI	28
Gráfico 05 – Descrição dos artigos de acordo com os aspectos metodológicos utilizados.....	29

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO	13
II. SITUANDO O OBJETO DE PESQUISA: LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO (EPI)	19
CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	38
1.1. ASPECTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS DO EPI.....	38
1.1.1. Um breve histórico	38
1.1.2. As variantes do termo “Ensino por Investigação”	41
1.1.3. Aspectos psicológicos de Piaget e Vigotsky relativos à aprendizagem	44
1.1.3.1. A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZPD)	46
1.1.4. Características e orientações	47
1.1.5. O papel do professor e do estudante	51
1.1.6. Aspectos das Sequências Didáticas Investigativas (SDI)	53
1.2. ASPECTOS DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS E AS TATUAGENS.....	56
1.2.1. Discussões acerca do termo “alfabetização científica”	56
1.2.2. Aspectos históricos e características conceituais	58
1.2.3. A BNCC, o EPI e a Alfabetização Científica	64
1.2.4. As tatuagens na perspectiva da Química: descrevendo a temática	68
1.2.4.1. Conceituação e historicidade	68
1.2.4.2. Constituintes químicos das tintas de tatuagem	70
1.2.4.3. Morfologia básica da pele e os riscos toxicológicos	81
CAPÍTULO 2 – PERCURSO METODOLÓGICO	86
2.1. NATUREZA DA PESQUISA.....	86
2.2. CONTEXTO E PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	87
2.3. INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	87
2.4. ÉTICA NA PESQUISA	88
2.5. DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA (SDI).....	88
2.6. ANÁLISE DE DADOS DA PESQUISA	99
CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	103
3.1. ANÁLISE DAS RESPOSTAS INICIAIS AO PROBLEMA NA SDI	103

3.2. ANÁLISE DAS ATIVIDADES E DIÁLOGOS DOS ESTUDANTES DESENVOLVIDOS NA SDI.....	112
3.2.1. Exibição do Vídeo 1	112
3.2.2. Exibição do Vídeo 2	119
3.2.3. Apresentação, leitura e debate sobre os Textos Motivadores	124
3.2.4. Aula Expositiva Dialogada	133
3.2.5. Experimentação Investigativa	139
3.3. ANÁLISE DOS SEMINÁRIOS E DA RETOMADA DO PROBLEMA SOBRE TATUAGENS	144
3.3.1. Apresentação dos Seminários	145
3.3.2. Retomada do Problema Inicial	154
CONSIDERAÇÕES	168
REFERÊNCIAS	171
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO	182
APÊNDICE B – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO	184

I. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, as pesquisas na área de ensino das ciências têm desenvolvido propostas didáticas baseadas em metodologias diferentes das embasadas no ensino por transmissão-recepção, o qual privilegia a memorização e reprodução do conhecimento. Desde o período da reforma educacional científica internacional, por volta dos anos 60, as atitudes e as habilidades de investigação científica ganharam foco na pesquisa de educadores em ensino de Ciências em todo o mundo (WANG; GUO; JOU, 2015).

Di Mauro, Furman e Bravo (2015) destacam uma série de habilidades de investigação científica, como a capacidade de analisar dados; o planejamento de pesquisas para tentar resolver um problema; e a interpretação de resultados de experimentos se constitui também, como objetivo de ensino e aprendizagem propostos em currículos de Ciências de muitos países (MAURO; FURMAN; BRAVO, 2015).

Apesar da evolução da pesquisa em ensino e em outras áreas do conhecimento, muitas vezes o processo educacional, na prática, parece se apresentar de forma estática, de modo a não considerar tais avanços. Como a comunicação é uma habilidade característica de uma comunidade e não de um indivíduo (LONGINO, 2002), podemos considerar que, nas relações que envolvam pessoas, existe um melhor desenvolvimento do conhecimento quando há interação social, principalmente de pensarmos no processo de ensino e aprendizagem (LONGINO, 2002).

Trazendo essa afirmação de Longino (2002) para o contexto da sala de aula, Sedano e Carvalho (2017) apontam ser possível a criação de cenários de aprendizagem em um contexto social mais próximo da realidade dos estudantes, e que privilegie a interação social entre eles e com o professor. Tais aspectos podem influenciar na efetividade da aprendizagem. Estas autoras afirmam ainda que o ensino de ciências com caráter investigativo favorece a troca de ideias por meio das interações sociais ocorridas entre estudante-estudante e estudante-professor, e também contribui para o desenvolvimento da autonomia de cada um (SEDANO e CARVALHO, 2017). Nesse sentido, faz-se necessário que os professores busquem um ensino dinâmico, que englobe estas interações e desperte o interesse do estudante para estudar.

Nessa direção, pesquisas que discutem abordagens didáticas que focam na interação social e contextualização do conhecimento científico escolar podem contribuir para o planejamento e condução do ensino pelo professor, tais como: o Ensino por Investigação (SASSERON, 2015; CARVALHO, 2018; SANTOS, 2021), abordagem Ciência, Tecnologia,

Sociedade e Ambiente (CTSA) (AKAHOSHI, SOUZA e MARCONDES, 2018; FIRME 2020), o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação – TIC – (LEITE, 2015), Atividades Experimentais (OLIVEIRA, 2010; SOUZA, et al., 2013), abordagem baseada em Resoluções de Problemas (POZO; CRESPO, 2009; BATINGA, 2010; CRUZ, 2016) e Jogos Didáticos (GARCEZ, 2014; SIMÕES NETO, et al, 2016). Dentre estas abordagens, focaremos neste trabalho no Ensino por Investigação nas aulas de Química no Ensino Médio.

O Ensino por Investigação (EPI) é uma abordagem didática que possibilita aos estudantes a expressão de ideias, elaboração de hipóteses, a construção de modelos, resolução de problemas e a manipulação de variáveis através do raciocínio hipotético-dedutivo, desenvolvendo nestes a capacidade de explicar fenômenos por meio da observação e registo do processo de construção de significados (SASSERON, 2015). Além de tal abordagem, discutiremos sobre a Alfabetização Científica (AC), que se configura como a competência construída por um sujeito para avaliação e tomada de decisões ou posicionamentos. A AC é um processo contínuo na vida de uma pessoa, estando relacionada às novas situações que visam um processo de construção de conhecimentos (SASSERON, 2015).

A alfabetização científica pode ser promovida, segundo os três eixos “*entendimento dos termos e conceitos-chaves das ciências*”, “*compreensão dos termos e conceitos-chave das ciências*” e “*entendimento dos impactos das ciências e suas tecnologias*” (SASSERON; CAREVALHO, 2012). Entrecruzando o Ensino por Investigação e a Alfabetização Científica, podemos, inicialmente, levar em consideração que quando se faz uso de atividades diversificadas, com estratégias de ensino voltadas ao desenvolvimento ativo do estudante, é possível promover a alfabetização científica. Assim, a cultura científica vai sendo instalada e fornece subsídios para questões atreladas à ciência, sociedade, tecnologia e ao meio ambiente (SASSERON; CARVALHO, 2008; GIL-PÉREZ, et al, 2005).

Para Carvalho (2008), o Ensino por Investigação não tem o objetivo de formar pequenos cientistas, mas pode fornecer ao sujeito a apropriação do conhecimento científico para que seja usado de diversas maneiras pelo desenvolvimento de habilidades cognitivas. Este ensino pode possibilitar processos de alfabetização científica por meio de atividades investigativas (SASSERON; CARVALHO, 2008; CAMPOS; NIGRO, 1999), vivenciadas pelos estudantes, e que possam contemplar os eixos de alfabetização científica no processo de aprendizagem.

Sasseron (2018) ao analisar a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) com foco no desenvolvimento de práticas relativas ao ensino por investigação aponta que ainda há pouca

ênfase nas competências relacionadas com esta abordagem didática. É importante ressaltar que a BNCC é um documento que direciona o planejamento das aulas na escola. Nesse sentido, cabe ao professor analisar a realidade de sua sala de aula, e buscar possíveis adaptações e articulações com base nas competências sugeridas neste documento (SASSERON, 2018).

O ensino de Ciências da Natureza durante o ensino médio é apresentado por meio das disciplinas de Química, Biologia e Física no documento da Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018). Este documento foi homologado em dezembro de 2018, mas ainda se constitui como um tema em apropriação e discussão pelos professores, além de existir críticas contundentes como a falta de clareza nos conteúdos programáticos, e as que apontam para um enfraquecimento e desvalorização do conhecimento científico na formação dos jovens no ensino médio (BARBOSA JUNIOR, 2019).

Análises feitas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia informam a percepção de interesse dos brasileiros em temas relacionados à ciência (BRASIL, 2019). O **quadro 01** mostra o percentual de interesse das pessoas que foram entrevistadas (duas mil e duzentas pessoas no total) em tópicos relacionados à Ciência da Natureza, como “Medicina e Saúde”, “Meio Ambiente” e a própria “Ciência e Tecnologia”.

Quadro 01. Percentual da quantidade de pessoas que se interessam por assuntos da Ciência.

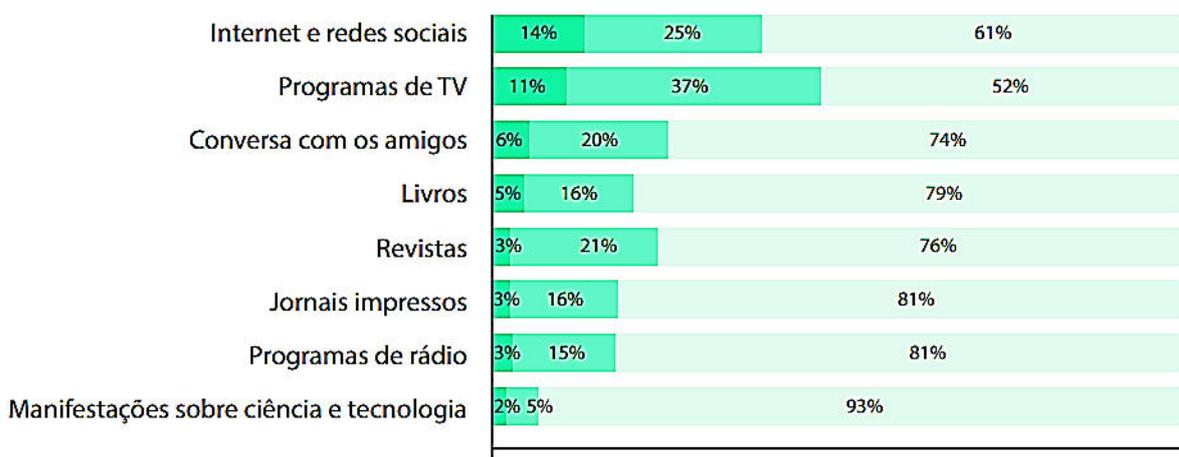
	Medicina e Saúde	Meio ambiente	Ciência e Tecnologia
<i>Nada interessado</i>	5,2%	6,5%	13,4%
<i>Pouco interessado</i>	15,8%	17,2%	24,5%
<i>Interessado</i>	43,2%	44,3%	37,1%
<i>Muito interessado</i>	35,7%	31,8%	23,9%
<i>Não responderam</i>	0,1%	0,1%	1,1%

Fonte: BRASIL, Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (2019).

Esses dados apontam que existe um interesse das pessoas – pelo menos da maioria – em assuntos de cunho científico. Os níveis de interesse apresentados nos levam a entender, ou melhor, raciocinar, o que motiva uma pessoa a ser muito ou pouco interessada nos tópicos das Ciências da Natureza, levando em consideração a importância da educação básica e como essas questões são postas na sala de aula. Esse entendimento é complexo, porém é bem claro que existe, de fato, curiosidade acerca dos temas da pesquisa.

Essa mesma pesquisa mostra em quais proporções as pessoas acessam informações relacionadas à Ciência e Tecnologia e os dados mostram o perigo relacionado a essas buscas, pois os veículos, atualmente, são vastos e tudo precisa ser analisado para manter a integridade da informação. A **figura 01** mostra a frequência declarada de consumo de informação sobre ciência e tecnologia.

Figura 01. Busca de informações sobre ciência e tecnologia segundo o MCTIC.



Fonte: BRASIL (2019).

O verde escuro é quando a busca ocorre frequentemente; o verde de tonalidade intermediária configura uma busca parcial ou “as vezes”; o verde claro mostra a porcentagem de busca que ocorre raramente ou nunca. É espantoso pensar que as mesmas pessoas que são interessadas em assuntos das Ciências e Tecnologia procurem tão pouco os recursos que tornem as informações exatas e fidedignas. Os dados mostram que 79% das pessoas raramente ou quase nunca acessam livros e 93% raramente ou quase nunca participam de manifestações sobre Ciência e Tecnologia. A professora Lúcia Helena Sasseron, em entrevista transmitida pelo *YouTube* para o Centro Interativo de Ciência e Tecnologia da Amazônia (CICTA/UFPA), afirma que os dados apresentados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação estão diretamente relacionados com o que se ensina sobre Ciências na sala de aula.

Em concordância com a entrevista, é possível pensar que o objetivo das propostas de ensino precisa estar frequentemente ajustado com temáticas adjacentes ao interesse do sujeito, que está aprendendo sobre Ciências. O engajamento deve confluir com as curiosidades que surgem diariamente sobre os tópicos, assim como assuntos relacionados ao que buscam tanto

os brasileiros que se interessam por Ciências, mas que, por algum motivo, não buscam as informações pelos meios adequados.

O levantamento bibliográfico feito na presente pesquisa mostrou muitos trabalhos executados nas diversas áreas das Ciências (Química, Física, Biologia e Matemática), contemplando diversos níveis e modalidades de ensino na educação escolar. Muitas estratégias de ensino foram adotadas em meio às atividades investigativas, dentre elas a resolução de problemas e a experimentação investigativa. De acordo com Braibante e Pazinato (2014), a abordagem de temáticas na Química deve relacionar e contextualizar o ensino dessa ciência, para favorecer o processo de ensino e aprendizagem, e contribuir para o papel cidadão do estudante em sua formação.

Foi pensando nessa proposta de contextualização que a temática pretendida foi sendo pensada e planejada. Dessa forma, numa ação docente em sala de aula, alguns estudantes levantaram discussões sobre tatuagens e certas perguntas surgiram, como “as cores mais intensas numa tatuagem são perigosas?”, “é possível remover tatuagens?”, “será que é perigoso mesmo?”, que feneram suporte e liberdade para, inicialmente, ocorrer a produção de um escopo.

Para tanto, julgou-se pertinente a temática, uma vez que a procura por aplicar tatuagens no corpo vem crescendo com o passar do tempo. Em entrevista para a *FolhaBV*, em 07 de janeiro de 2022, o proprietário de um estúdio de tatuagens em São Vicente (RR) informou que durante a pandemia o faturamento foi um dos melhores e a procura por tatuagens aumentou de 38 a 41% de 2019 para 2020. O aumento que foi evidenciado pelo proprietário já havia sido mencionado por Rodriguez e Carreteiro (2014) em trabalho publicado sobre as tatuagens e os pilares da visibilidade. Foi diante desta problematização que a temática foi ganhando estrutura, surgindo a ideia da elaboração de uma proposta didática que dialogasse com a referida temática.

Primeiramente, é preciso evidenciar que o ensino por investigação foi pensado para ser usado como uma abordagem didática, que contempla múltiplas atividades de caráter investigativo, e que a Alfabetização Científica seja articulada, especialmente, para analisar os processos cognitivos dentro do percurso metodológico investigativo. Acreditamos que a introdução da Alfabetização Científica pode promover a construção de saberes, que vai desde o primeiro contato com as atividades investigativas até seu ciclo final.

Dessa forma, buscaremos investigar como uma sequência didática sobre a temática “tatuagens” pode contribuir para a promoção da alfabetização científica em aulas de Química

no Ensino Médio. Dentre os conteúdos químicos que podem ser trabalhados a partir de uma sequência didática de cunho investigativo sobre “tatuagens”, destacamos: polaridade, densidade e funções orgânicas – tendo em vista que se configuram como possíveis tópicos da química das tatuagens, sendo possível analisarmos a investigação e discussão de conhecimentos das Ciências da Natureza em diferentes contextos sociais e históricos para promover o respeito à diversidade. Além de considerar os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar (PERNAMBUCO, 2021).

Diante do exposto, o primeiro capítulo desta dissertação trata da fundamentação teórica e consiste em apresentar as principais bases teóricas no que diz respeito às temáticas de pesquisa adotadas, o Ensino por Investigação e a Alfabetização Científica, bem como abordar os estudos referentes ao tema “tatuagens”, dando ênfase à Química. Trata também dos aspectos históricos relacionados ao Ensino por Investigação, e como essa abordagem foi sendo construída ao passar dos anos. Quais as contribuições documentais e como os fundamentos epistemológicos sustentam a construção didático-pedagógica do ensino em questão, ainda fazer parte desse capítulo. Além disso, trata de conceitos discutidos pelos pesquisadores da área, os objetivos e finalidades que se pretende alcançar com o uso de atividades investigativas, e como essas podem ser conduzidas em sala de aula. Discute a respeito do perfil que se espera do estudante e o papel do professor neste tipo de ensino. E, por fim, menciona aspectos sobre as sequências didáticas investigativas.

Para tanto, são tratados o perfil traçado e as características de uma pessoa alfabetizada cientificamente. Buscou-se entender os eixos estruturantes que tentam traduzir a complexidade do termo AC, e as habilidades que geram no sujeito submetido ao processo de alfabetização. Explana-se a influência da alfabetização científica na Base Nacional Comum Curricular, ou seja, como são percebidas suas contribuições no documento. Outrossim, com o intuito de utilizar uma temática instigante, discutiu-se também sobre os aspectos químicos das tintas de tatuagem de acordo com a sua formação. Abordaram-se sobre os possíveis solventes, aditivos e resinas que podem ser usados, além de dissertar sobre as divergências e convergências relacionadas com os pigmentos orgânicos e inorgânicos. E, por fim, se tratou da fisiologia básica da pele e os possíveis efeitos infecciosos e toxicológicos de tal ato.

O segundo capítulo abrange o percurso metodológico utilizado, como as características e natureza da pesquisa realizada, além do referencial de análise de dados. Aborda toda a sequência didática investigativa (SDI) detalhada, como as estratégias de ensino

utilizadas em cada uma das etapas, os conteúdos contemplados e a maneira como foi conduzida em sala de aula.

O terceiro capítulo expõe os resultados da SDI, sendo separadas por três seções, que especificam os momentos vivenciados durante a intervenção didática. O primeiro se refere à apresentação do problema, seguida da apresentação e análise do primeiro vídeo; a segunda seção descreve as atividades que compõe a SDI (exibição do segundo vídeo, apresentação e discussão dos textos motivadores, aula expositiva dialogada e experimentação investigativa); e a última seção se refere à apresentação dos seminários e à análise da retomada do problema inicial. Os principais comentários foram analisados de forma descritiva e analítica, sendo discutidos à medida que o capítulo vai ser desenvolvido. Ainda neste capítulo é possível verificar a evolução das respostas dos estudantes sobre a situação-problema antes e depois das intervenções com a utilização dos indicadores da alfabetização científica.

As considerações finais, que são as conclusões obtidas após a análise dos resultados, levando em consideração o alcance dos objetivos específicos e problema de pesquisa. Logo em seguida são explanadas todas as referências usadas para este trabalho.

Para tanto, a fim de situar o objeto de pesquisa, realizou-se um levantamento bibliográfico para conhecer as pesquisas já desenvolvidas e publicadas sobre esta temática, configurando-se como uma pesquisa de natureza qualitativa, com caráter bibliográfico (GIL, 2002), pois os dados serão analisados predominantemente de forma descritiva e interpretativa (LÜDKE; ANDRÉ, 2014). Assim, buscou-se analisar a dinâmica de publicações sobre o Ensino por Investigação, se propondo a inter-relacionar com o ensino de Química no ensino médio, apresentada a seguir:

II. SITUANDO O OBJETO DE PESQUISA: LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO SOBRE O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO (EPI)

No que tange aos critérios de seleção e coleta de dados de pesquisa, as fontes de dados para esta investigação foram periódicos nacionais e internacionais da área de Ensino de Ciências/Educação em Química. Em todos periódicos foram analisados todos os volumes e números no período de 2016 a 2020.

O Qualis da CAPES foi utilizado como critério para a seleção dos periódicos porque esse sistema de avaliação bibliográfica é o principal indicador da qualidade dos periódicos

nacionais e internacionais no Brasil. Seguindo esses critérios, foram selecionados os periódicos apresentados no **quadro 02**.

Quadro 02. Periódicos selecionados e seu estrato, segundo o Qualis da CAPES*.

PERIÓDICO	ESTRATO
<i>ACTA SCIENTIAE</i>	B1
ACTIO: Docência em Ciências	B1
Alexandria: Revista de Educação em Ciências e Tecnologia	A2
Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática	A2
<i>Chemistry Education Research and Practice</i>	1,9
Ciência & Ensino	A1
<i>Educación Química</i>	A1
<i>Enseñanza de las Ciencias</i>	A1
Experiência em Ensino de Ciências	B1
Investigações em Ensino de Ciências	A2
<i>Journal of Research in Scienc Teaching</i>	A1
Química Nova na Escola	B1
<i>Research in Science & Technological Education</i>	1,1
Revista Brasileira de Educação	A2
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	A2
Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática	A2
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	A2
Revista Debates em Ensino de Química	B4
Revista de Educação, Ciências e Matemática	A2
<i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i>	A2

*Plataforma Sucupira da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Classificação dos periódicos do quadriênio 2013-2016.

Inicialmente, a busca foi feita através das palavras-chaves: *Ensino por investigação e Sequências didáticas investigativas*, para as revistas nacionais. E, ainda, verificou-se as palavras relativas ao ensino por investigação: *Atividades investigativas, experiências investigativas, metodologia investigativa, sequência de ensino investigativa*. Além disso, os artigos foram identificados com tais palavras relativas no título e/ou no resumo.

Em seguida, usaram-se as palavras: *Inquiry-based approaches; Inquiry-based learning; Inquiry-based instructional practices; Investigative method; Investigative activity* para as revistas de língua inglesa e *Enseñanza de la investigación; Enseñanza por*

investigación; Metodología de la investigación; Metodología de enseñanza investigativa e Inquiry-based investigación para as revistas de língua espanhola.

No que se refere à análise de dados, os artigos foram identificados, coletados e codificados. Duas categorias de análise foram consideradas: aspectos bibliográficos e aspectos metodológicos.

Em relação aos aspectos bibliográficos, os estudos foram analisados em relação:

- a) ao título do estudo;*
- b) periódico; e*
- c) ano de publicação.*

Esses dados são importantes porque mostram a origem dos artigos, bem como sua produção e publicação. Assim, é possível verificar o período em que tais pesquisas foram produzidas e como está se processando a disponibilidade das investigações no campo do ensino ou educação em Ciências.

Já no aspecto metodológico, foi realizado o estudo em relação:

- a) aos objetivos da pesquisa;*
- b) ao conteúdo químico;*
- c) aos sujeitos da pesquisa; e*
- d) às estratégias de ensino atrelados aos recursos utilizados.*

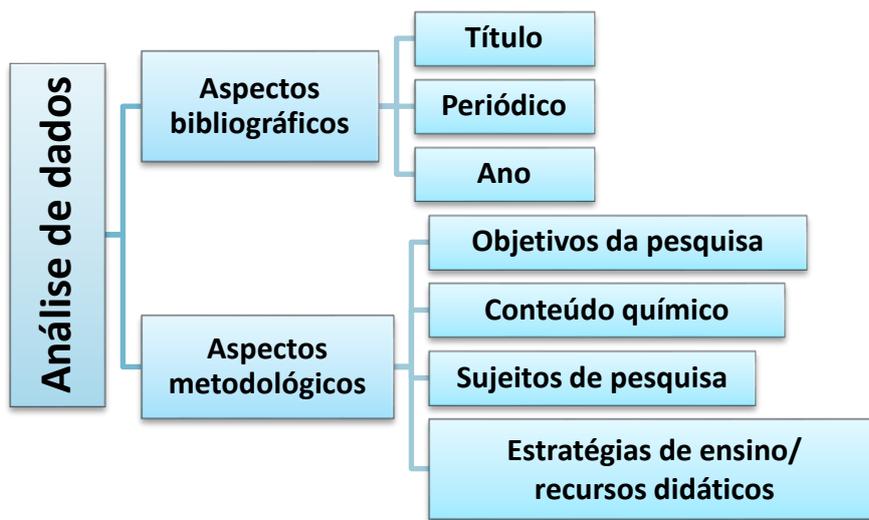
Quanto aos conteúdos químicos, levou-se em consideração as áreas do campo da Química, como os conteúdos de Química Geral, Físico-química e Química Orgânica. Em relação aos sujeitos da pesquisa, buscou-se observar os níveis e modalidades de ensino, como ensino fundamental, ensino médio, educação infantil, ensino superior, educação de jovens e adultos etc. Sobre as estratégias de ensino atreladas aos recursos didáticos, foram considerados o uso de resolução de problemas, experimentação investigativa, o uso de vídeos, uso de software etc.

A caracterização do aspecto metodológico permite identificar qual o público em que há uma predominância da aplicação do ensino por investigação ou atividades investigativas e como tais atividades estão sendo estruturadas, ou seja, com quais estratégias e/ou recursos estão sendo utilizados para os devidos fins. Além disso, quais conteúdos químicos estão servindo de aporte para o desenvolvimento da temática no desenvolver do ensino por investigação.

A seguir, são explanados os resultados obtidos através das análises dos aspectos considerados: bibliográficos e metodológicos – sobre o Ensino por Investigação.

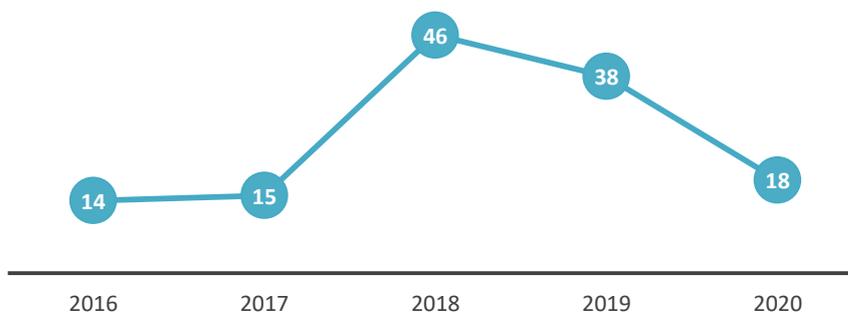
A **figura 02** traz um fluxograma com as categorias da análise dos aspectos considerados.

Figura 02. Categorias de análise utilizadas na análise de dados do levantamento bibliográfico.



Muitos trabalhos foram publicados nas mais diversas áreas do conhecimento das ciências exatas e da natureza, das quais Química, Física, Biologia e Matemática, com sujeitos variados, dialogando com muitas estratégias de ensino. Usando como amostra o intervalo de tempo jan/2016-ago/2022, o **gráfico 01** mostra a quantidade de publicações em relação ao ano, somando todas as revistas analisadas.

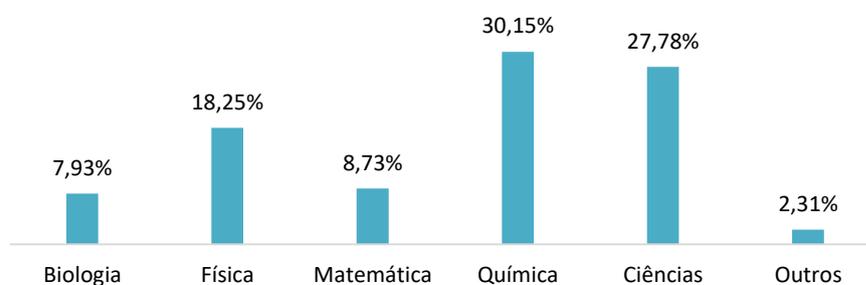
Gráfico 01. Segmento referente às quantidades de publicações entre os anos de 2016 e agosto de 2020.



Em um total de cento e trinta e um (131) trabalhos encontrados, percebe-se um aumento significativo de publicações de 2017 para 2018, mas, infelizmente, um decaimento de 2018 para 2019 e mais ainda de 2019 para 2020 (a análise para 2020 foi feita até o mês de agosto).

Tendo em vista a amplitude que o Ensino por Investigação pode ter, o **gráfico 02** mostra os componentes curriculares que foram usados nas atividades investigativas e que permeiam as ciências exatas e da natureza, além de disciplinas de curso do ensino superior, como licenciaturas e medicina.

Gráfico 02. Levantamento estatístico referente aos componentes curriculares utilizados nas atividades investigativas.



Existe uma quantidade significativa de trabalhos realizados na disciplina de Química. Considerou-se a disciplina de “Ciências” os trabalhos realizados desde a educação infantil até o ensino fundamental anos finais, uma vez que esses níveis ainda não contêm em suas estruturas curriculares a Biologia, Física ou Química (BRASIL, 2017). Para “outros”, considerou-se as disciplinas vinculadas ao ensino superior, que abrangem componentes curriculares mais específicos dentro dos campos da Biologia, Química ou Física.

O **quadro 03** mostra a quantidade de publicações (QP) no intervalo de jan/2016 a ago/2020 para abordagens investigativas, atividades investigativas ou palavras relativas.

Quadro 03. Quantidade de publicações por periódico.

PERIÓDICO	QP
<i>ACTA SCIENTIAE</i>	04
ACTIO: Docência em Ciências	07
Alexandria: Revista de Educação em Ciências e Tecnologia	03
Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática	04
<i>Chemistry Education Research and Practice</i>	06

Ciência & Ensino	00
<i>Educación Química</i>	02
<i>Enseñanza de las Ciencias</i>	03
Experiência em Ensino de Ciências	35
Investigações em Ensino de Ciências	13
<i>Journal of Research in Scienc Teaching</i>	02
Química Nova na Escola	13
<i>Research in Science & Technological Education</i>	01
Revista Brasileira de Educação	00
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	07
Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática	01
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	16
Revista Debates em Ensino de Química	04
Revista de Educação, Ciências e Matemática	04
<i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i>	06

Deu-se destaque às revistas *Experiência em Ensino de Ciências* (35 publicações), *Investigações em Ensino de Ciências* (13 publicações), *Química Nova na Escola* (13 publicações) e *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* (16 publicações). Essas revistas contemplaram o ensino por investigação em maior quantidade quando comparadas a outras. Infelizmente não foram encontrados trabalhos desenvolvidos no ensino por investigação nas revistas *Ciência & Ensino* e *Revista Brasileira de Educação*.

Se tratando do trâmite do objetivo deste trabalho, a ênfase será dada aos aspectos pretendidos para as análises dentro do ensino de Química. Após a análise dos artigos supracitados, filtraram-se aqueles que abordaram apenas a disciplina de Química com os sujeitos de pesquisa de ensino médio (embora na análise dos aspectos metodológicos sejam ressaltados os achados em outros componentes curriculares).

Sobre os aspectos bibliográficos (título, periódico e ano), foram explanadas as informações no **quadro 04**.

Quadro 04. Descrição dos artigos de acordo com os aspectos bibliográficos utilizados.

ARTIGO	TÍTULO	PERIÓDICO	ANO
A1	<i>Análisis del potencial del andamiaje insertado para promover la planificación de una investigación científica em educación secundaria.</i>	<i>Educación Química</i>	2018
A2	Determinação de níveis de letramento científico a partir da	<i>Educación Química</i>	2019

	resolução de casos investigativos envolvendo questões sociocientíficas.		
A3	<i>Desempeños del alumnado de Educación Secundaria em la evaluación de una investigación científica em el contexto.</i>	<i>Enseñanza de las Ciencias</i>	2019
A4	A utilização de atividades experimentais investigativas e o uso de representações no ensino de cinética química.	Experiência em Ensino de Ciências	2019
A5	Contextualização no ensino de Termoquímica por meio de uma sequência didática baseada no cenário regional “queimadas” com experimentos investigativos.	Experiência em Ensino de Ciências	2017
A6	O ensino de processo de separação de misturas a partir de situações-problemas e atividades experimentais investigativas.	Experiência em Ensino de Ciências	2018
A7	Investigação no ensino médio: sistemas de hidroponia em horta escolar para discussão de conceitos químicos.	Experiência em Ensino de Ciências	2019
A8	Aplicação de sequência didática investigativa com uso de laboratórios online no ensino de química em turmas do ensino médio em escola pública: uma pesquisa-ação.	Experiência em Ensino de Ciências	2020
A9	As contribuições de uma sequência didática com enfoque investigativo para o ensino de Química.	Experiência em Ensino de Ciências	2020
A10	Identificação de atitudes investigativa e científica: um estudo de caso em um ambiente interativo de aprendizagem.	Investigações em Ensino de Ciências	2018
A11	A camisinha como artefato tecnológico no ensino de Química.	Química Nova na Escola	2016
A12	Ensino de modelos para o átomo por meio de recursos multimídia em uma abordagem investigativa.	Química Nova na Escola	2016
A13	Limpendo moedas de cobre: um laboratório químico na cozinha de casa.	Química Nova na Escola	2016
A14	Aprendizagem ativo-colaborativo-interativa: inter-relações e experimentação investigativa no ensino de Eletroquímica.	Química Nova na Escola	2018
A15	Corantes: uma abordagem com enfoque ciência, tecnologia e sociedade (CTS) usando processos oxidativos avançados.	Química Nova na Escola	2018
A16	Energia, sociedade e meio ambiente no desenvolvimento de um biodigestor: a interdisciplinaridade e a tecnologia Arduino para atividades investigativas.	Química Nova na Escola	2018
A17	Uma sequência investigativa relacionada à discussão do conceito de ácido e base.	Química Nova na Escola	2018
A18	Atividade investigativa teórico-prática de Química para estimular práticas científicas.	Química Nova na Escola	2019
A19	A experimentação investigativa no ensino de Ciências na	Revista Debates em	2018

	educação básica.	Ensino de Química	
A20	Abordagem investigativa da química forense: uso de recursos audiovisuais e experimentação em um estudo de caso.	Revista Debates em Ensino de Química	2019
A21	Um clique para a Ciência: a fotografia científica na experimentação investigativa em aulas de química.	Revista Debates em Ensino de Química	2019
A22	O desastre de Mariana como abordagem investigativa e CTSA no ensino de Química.	Revista de Educação, Ciências e Matemática	2019
A23	Experimentação investigativa no ensino de Química em um enfoque CTS a partir de um tema sociocientífico no ensino médio.	<i>Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias</i>	2018
A24	<i>An inquiry-based approach of traditional 'step-by-step' experiments.</i>	<i>Chemistry Education Research and Practice</i>	2016
A25	<i>High school students' engagement in planning investigations: findings from a longitudinal study in Spain.</i>	<i>Chemistry Education Research and Practice</i>	2016

Analisando o título dos trabalhos, pode-se observar uma diversidade de abordagens relativas ao ensino por investigação no ensino de Química. Entre tais abordagens podem, ser destacadas: o uso de experimentação investigativa para promover o ensino por investigação (SOUZA, et al, 2013; CARVALHO, 2009), o ensino de conteúdos químicos a partir de problemas como aporte para o ensino por investigação (SASSERON, 2015; CARVALHO, 2009; HUND, 1998); a perspectiva do ensino por investigação atrelada à alfabetização científica (SASSERON; CARVALHO, 2008; CAMPOS; NIGRO, 1999), a discussão de conceitos e estratégias de ensino para abordar o ensino por investigação (SASSERON, 2015).

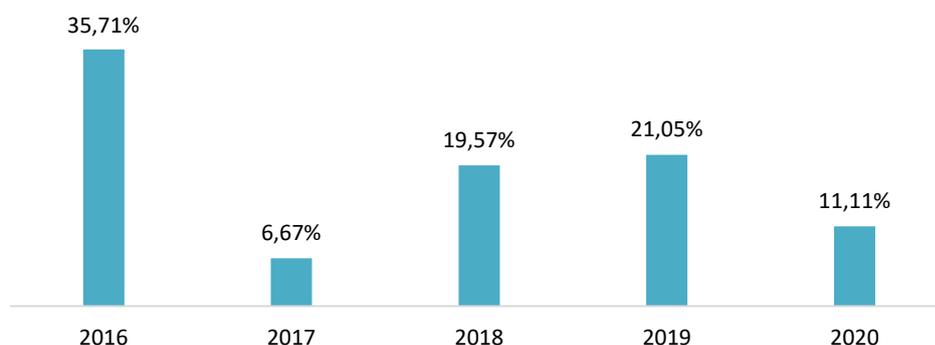
Dos periódicos selecionados, nem todos apresentaram estudos sobre o ensino por investigação em Química. Nacionalmente, o periódico Química Nova se destaca com oito (08) publicações. O periódico Experiência em Ensino de Ciências contempla o ensino por investigação com seis (06) publicações, Revista Debates em Ensino de Química com três (03) publicações, e Investigações em Ensino de Ciências e a Revista de Educação, Ciências e Matemática com uma (01) publicação cada. Internacionalmente, com duas (02) publicações cada, temos a *Chemistry Education Research and Practice e Educación Química*, e apenas com uma (01) publicação cada, temos *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias e Enseñanza de las Ciencias*.

Fica evidenciada a qualidade das pesquisas desenvolvidas sobre o ensino por investigação em Química nas revistas supracitadas. A dinâmica de publicações que envolve a abordagem analisada em questão nos leva a refletir que o ensino por investigação é estudado por pesquisadores no âmbito nacional e internacional. Além disso, o ano de publicação é um importante dado, pois as concepções do ensino por investigação podem ser modificações ao longo do tempo.

Baptista (2010) menciona o ensino por investigação como uma metodologia, embora Sasseron (2015) deixa claro que se trata de uma abordagem didática que pode englobar múltiplas estratégias de ensino. Já a *National Research Council* (NRC) (1996) deixa claro que as atividades de cunho investigativo envolvem tarefas multifacetadas como: realização de observações, colocação de questões, pesquisa em fontes de informações, revisão sobre a experiência e a previsão à resposta dos resultados. Descrição próxima do que aponta Sasseron (2015).

No **gráfico 03** é possível verificar a porcentagem relativa dos periódicos que envolvem o ensino por investigação, especificamente, no ensino de química, que difere do gráfico 01 que mencionava a quantidade de publicações no âmbito geral.

Gráfico 03. Levantamento estatístico da quantidade de trabalhos no ensino de Química comparando-o com o total de trabalhos publicados.



De acordo com gráfico 03, o número de artigos publicados sobre ensino por investigação atendendo ao ensino de Química ocorreu em maior quantidade em 2016, embora esse não tenha sido o ano com o maior número de publicações sobre a abordagem didática analisada em questão. Segundo o gráfico 01, notamos que o maior número de trabalhos foi em 2018 (46 publicações), mas que apenas 19,57% desse valor se refere ao ensino da Química. É importante analisar essa vertente, pois se o baixo número de artigos publicados em 2016 se

refere em sua maioria ao ensino de Química, vemos que o aumento de trabalhos pôde contemplar outros componentes curriculares, além da Química.

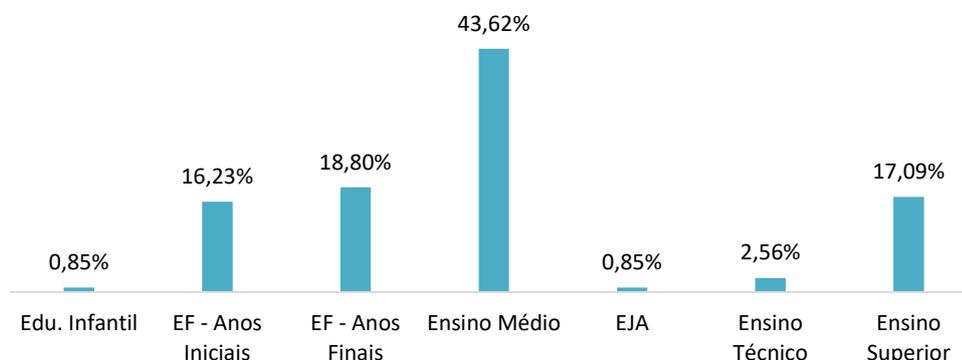
Observando os aspectos bibliográficos explorados anteriormente, é possível destacar algumas tendências de pesquisa sobre o ensino por investigação:

1. *Os títulos permitem sugerir que o ensino por investigação pode contemplar abordagens para fins específicos, como sua articulação com o letramento científico e o uso de estratégias didáticas para compor o ensino por investigação;*
2. *Existem trabalhos sendo desenvolvidos em nível nacional e internacional;*
3. *O ensino por investigação contempla as diversas áreas do conhecimento das ciências, com muitos artigos publicados na área de Química e com uma crescente para outros componentes curriculares.*

Quanto aos aspectos metodológicos, levou-se em consideração as seguintes categorias: objetivos da pesquisa, conteúdo químico, sujeitos de pesquisa, e estratégias de ensino/recursos utilizados.

Tendo em vista a amplitude que o Ensino por Investigação pode ter, foi possível encontrar trabalhos publicados com todos os sujeitos de pesquisa possíveis, passando pelos níveis e modalidades de ensino, elencando o ensino fundamental anos iniciais e finais, ensino médio, ensino técnico, ensino superior e também a educação infantil. Partindo disso, analisou-se as quantidades, em termos percentuais dos sujeitos da pesquisa. Os dados obtidos encontram-se no **gráfico 04**.

Gráfico 04. Levantamento estatístico referente aos sujeitos de pesquisa dos trabalhos publicados em EPI.



Considera-se (EF), (Edu) e (EJA) como sendo, respectivamente, Ensino Fundamental, Educação Infantil e Educação de Jovens e Adultos. Pela análise do gráfico 04, é possível notar

que dos cento e trinta e um (131) trabalhos encontrados, há uma predominância de artigos com aplicação no ensino médio, seguido de aplicações no ensino fundamental anos finais e ensino superior (quantidades bem próximas). É importante salientar que na análise dos componentes curriculares já mencionados no gráfico 02, a disciplina de Ciências se refere ao nível de ensino fundamental (anos iniciais e finais) e educação infantil; já para a disciplina considerada como “outros” se refere a disciplinas específicas próprias dos cursos do ensino técnico e ensino superior, como Fisiologia Renal, Botânica e Álgebra Linear.

Filtrando os artigos para o ensino de Química com os sujeitos de pesquisa apenas do ensino médio, os mesmos trabalhos mencionados no quadro 03, onde foram analisados os aspectos bibliográficos, serão agora analisados para com os aspectos metodológicos.

Segundo Pérez (1993), um modelo de ensino e aprendizagem em investigação propõe finalidades que devem ser atribuídas à abordagem investigativa. São elas:

- 1) *Proporcionar ao estudante a oportunidade de reconhecer o problema e fazer uso de estratégias para propor soluções;*
- 2) *Desenvolver a capacidade para planejar e realizar experiências que permita verificar uma hipótese;*
- 3) *Usar observações;*
- 4) *Colaborar em grupo na planificação e execução dos trabalhos;*
- 5) *Participar ordeiramente e ativamente nos debates, dando argumentos e respeitando as ideias dos outros;*
- 6) *Realizar os trabalhos de laboratório com ordem, limpeza e segurança;*
- 7) *Ter atitude crítica;*
- 8) *Elaborar documentos escritos sobre os resultados obtidos, usando de forma correta a linguagem própria aproximando-se da científica.*

Para verificar a aproximação dos artigos analisados com as finalidades por Pérez (1993), analisaram-se os objetivos de pesquisa, os conteúdos químicos utilizados, bem como seus sujeitos de pesquisa, conforme o **quadro 05**.

Quadro 05. Descrição dos artigos de acordo com os aspectos metodológicos utilizados.

ARTIGO	OBJETIVO(S)	CONTEÚDO QUÍMICO	SUJEITOS
A1	Examinar o potencial do andaime usado em uma atividade de investigação para orientar os alunos na	Bioquímica	Ensino Médio

	prática do planejamento da pesquisa por meio do desempenho do aluno.		
A2	Apresentar os níveis de alfabetização científica de uma classe do ensino médio, partindo da leitura, escrita e argumentação utilizada para resolver estudos de casos investigativos.	Bioquímica	3º ano Ensino Médio
A3	Examinar o desempenho dos alunos do ensino médio na avaliação da qualidade do planejamento de uma investigação científica.	Bioquímica	Ensino Médio
A4	Desenvolver atividades experimentais sobre fatores que influenciam na velocidade das reações de forma investigativa; propor aos alunos o uso de representações diferenciadas para expressar o que acontece em nível submicroscópico quando diferentes fatores influenciam na velocidade das reações químicas.	Bioquímica	2º ano Ensino Médio
A5	Averiguar a contribuição de uma sequência didática contendo experimentos delineados em uma abordagem investigativa contextualizada no cenário regional “Queimadas”, para conceitos básicos necessários ao estudo da Termoquímica.	Cinética Química	2º ano Ensino Médio
A6	Averiguar os conceitos prévios dos alunos sobre o conteúdo “processos de separação de misturas” e com base nos dados obtidos, desenvolver uma atividade experimental investigativa.	Separação de Misturas	1º ano Ensino Médio
A7	Construir uma sequência didática com abordagem investigativa para estudantes do 3º ano do Ensino Médio, tratando o tema “Soluções”, sob seus aspectos qualitativos e quantitativos, no preparo e em sua utilização na horta hidropônica.	Soluções	3º ano Ensino Médio
A8	Verificar o uso de laboratórios <i>online</i> no ensino de Química, bem como selecionar e aplicar ferramentas em turmas de Ensino Médio de uma escola pública, integradas a uma sequência didática investigativa.	Materiais e Ligações Químicas	1º ano Ensino Médio
A9	Apresentar as contribuições de uma sequência didática com enfoque investigativo para o ensino de Química, destacando os momentos práticos e experimentais desenvolvidos com alunos do 3º ano do Ensino Médio.	Polaridade e Separação de Misturas.	3º ano Ensino Médio
A10	Analisar as características associadas às atitudes	Reações Químicas,	9º ano / 3º ano

	investigativa e científica desencadeadas em um Ambiente Interativo de Aprendizagem (AIA) presencial.	Combustão e Transformações físicas da matéria	Ens. Fundamental Ensino Médio
A11	Socialização de ideias, com a comunidade docente, buscando contribuir com a reflexão de práxis voltada para o ensino de Química e tecnologias, e sua relação interdisciplinar, por meio de atividades desenvolvidas em sala de aula, utilizando a camisinha como artefato tecnológico.	Características e propriedades da matéria. Polímeros. Substâncias puras e misturas.	1º ano Ensino Médio
A12	Utilizar abordagens investigativas para que o aluno construa e organize as suas ideias sobre a constituição da matéria.	O estudo do átomo: matéria, modelos, elementos e massa, radioatividade e contemporaneidade	1º ano Ensino Médio
A14	Expor uma metodologia experimental investigativa da construção de pilhas caseiras a partir do uso de limões e bata inglesa, pautada da formação de um aluno ativo, colaborativo e interativo agindo ora em espaço <i>offline</i> e ora <i>online</i> .	Introdução a equilíbrio química, cinética química e tipos de reações químicas	3º ano Ensino Médio
A15	Descrever a implementação e análise dos resultados de uma intervenção didática, com enfoque CTS, relacionada aos processos oxidativos avançados em uma turma de 3º ano do Ensino Médio.	Eletroquímica	3º ano Ensino Médio
A16	Propor a criação de um protótipo de biodigestor, com a finalidade de associar uma atividade prática com a contextualização e os conceitos abordados em sala de aula.	Reações orgânicas e Cinética química	2º ano Ensino Médio Ensino Técnico
A17	Compreender como os estudantes de duas turmas de Ensino Médio de uma escola pública lidam com os conceitos de ácido e base, após a utilização de uma sequência didática com abordagem investigativa.	Termoquímica	2º ano Ensino Médio
A18	Fazer com que os alunos se engajem na resolução de um problema a respeito de um fenômeno natural e desenvolvam habilidades correspondentes ao trabalho científico.	Ácidos e Bases	2º ano Ensino Médio
A19	Analisar como uma atividade experimental sobre misturas homogêneas e heterogêneas pode possibilitar a construção de conceitos científicos pelos estudantes.	Elemento químico: Ferro	1º ano Ensino Médio
A20	Reconhecer os apontamentos positivos e negativos e	Substâncias e	3º ano

	promover um processo de reflexão dos futuros professores quanto a sua prática em sala de aula.	Misturas	Ensino Médio
A21	Desenvolver um experimento didático investigativo de ensino de acordo com os pressupostos da SEL, utilizando a câmera digital como ferramenta didática para registrar e acompanhar o experimento.	Instrumentação Práticas de Laboratório	2º ano Ensino Médio
A22	Utilizar o desastre de Mariana como tema gerador para uma abordagem CTSA, com enfoque na análise de água, a fim de facilitar o ensino-aprendizagem de Química dos alunos do Ensino Médio Técnico Regular do IFRJ.	Reações Químicas: ferrugem	1º ano Ensino Médio
A23	Analisar as contribuições e implicações de um estudo que utilizou a experimentação investigativa em um enfoque CTS para o ensino de conceitos químicos, por meio de um tema socio científico envolvendo a qualidade do ar e atmosfera: a chuva ácida.	Soluções, misturas e pH.	1º ano / 2º ano Ensino Médio
A24	Avaliar se existe mudança significativa na capacidade do grupo experimental em projetar experimentos, comparando com as pontuações do grupo controle, considerando as tarefas que medem o conhecimento do conteúdo das disciplinas (DCK).	Funções inorgânicas, reações químicas, ligações químicas e solubilidade.	Ensino Médio
A25	Examinar como as ações dos alunos realizam as operações envolvidas na prática de planejar investigações.	Cinética Química	1º ano / 2º ano Ensino Médio

Dos 24 (vinte e quatro) trabalhos publicados para o ensino de Química com sujeitos do ensino médio, onze (11) deles envolveram estudantes do 1º ano, dez (10) deles abarcaram estudantes do 2º ano e também dez (10) deles abrangeram estudantes do 3º ano. Em relação à distribuição de trabalhos sobre ensino por investigação no ensino médio envolvendo o ensino de Química, a análise mostra certo equilíbrio de distribuição quanto às séries.

Diante de todos os resultados que foram achados no levantamento bibliográfico, percebeu-se que a abordagem investigativa é bem articulada a outras propostas de ensino e faz uso de estratégias didáticas e/ou recursos didáticos, como a experimentação e o uso de vídeos, tendo uma predominância para o uso de situações-problemas, conforme propõe a literatura.

O artigo A13 foi o único teórico encontrado e propõe como objetivo de pesquisa um experimento realizado usando apenas produtos disponíveis na cozinha, de fácil aquisição e baixo custo. Embora seja teórico, é importante ressaltar que se configura como uma amostra

experimental, pode servir para investigar tópicos relacionados aos processos oxidativos e que pode ser replicado por qualquer professor em sala de aula.

Existe forte relação de atividades investigativas com o uso de situações-problemas e atividades experimentais. Os artigos A1-A6, A8-A12, A14, A17, A18 e A21 fazem menção ao problema como ponto introdutório e motivador para o processo investigativo. Segundo Carvalho (2019), o problema pode ser organizado para se começar uma atividade investigativa ou até mesmo vir proposto de maneira articulada a meios informativos, como em A5 com a utilização de uma reportagem e em A6 com a utilização de manchete de jornal. É importante considerar essa premissa, uma vez que os problemas colocam os estudantes em um papel ativo na busca por respostas e, neste caminho, podem construir conhecimento (BATINGA, 2010).

Assim, pode dialogar com as atitudes investigativas propostas por Carlson, Humpherey e Reinhard (2003), pois os alunos, durante o caminho para encontrar uma ou mais soluções, se colocam numa tarefa que tem potencialidade para promover a compreensão dos fenômenos e o desenvolvimento de outras capacidades (CARLSON; HUMPHEREY; REINHARDT, 2003).

Outro ponto importante é o uso das atividades experimentais investigativas. Oliveira (2010), ao reunir elementos para a prática docente em Ciências, categoriza as atividades experimentais em três, sendo uma delas de natureza investigativa, em que o papel do estudante consiste em pesquisar, planejar, executar a atividade e discutir explicações, e o papel do professor é orientar as atividades e ser um incentivador e questionador das decisões. Os artigos A1, A3-A5, A7-A11, A15, A17-A24 fazem uso de atividades experimentais investigativas em etapa única ou sendo parte integrante de uma sequência de ensino-aprendizagem. Nesse tipo de experimentação, o erro é mais aceito contribuindo melhor para o aprendizado. Os alunos assumem gradativamente a responsabilidade por sua aprendizagem, além de tal aprendizagem ser baseada em um processo de busca de conhecimento e construção de novos entendimentos (SOUZA, et al., 2013).

Os artigos A3 e A22 dialogam com a abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA), que pode se configurar como uma perspectiva didática que estabelece conexões com aspectos econômicos, sociais, políticos, culturais, ambientais e tecnológicos, desenvolvendo o senso crítico do aluno para ser um sujeito transformador na sociedade (CAVALCANTE; TEIXEIRA; MARCELO, 2019). Apesar de poucos trabalhos interseccionando a abordagem CTSA articulado ao ensino por investigação, os artigos A5, A11

e A22 utilizam contextualização com temas atuais e de muita repercussão, como cenário regional das queimadas (A5), a camisinha como artefato tecnológico (A11) e o desastre ambiental que ocorreu em Mariana/MG (A22). Além disso, Sampaio e Rotta (2012) apontam que a contextualização tem um papel primordial quando aplicada numa etapa posterior à problematização e construção de ideias e teorias, assim, a inserção do aluno no ambiente de estudo ocorre com maior êxito.

Em atividades investigativas a interdisciplinaridade pode ser comum, pois objetiva a construção de um conhecimento maior e globalizado. Para Goldman (1979), um olhar interdisciplinar sobre a realidade permite que entendamos melhor a relação entre seu todo e as partes que a constituem. Sendo assim, a abordagem interdisciplinar é uma reação alternativa com a proposta de unificar a Ciência. Os artigos A7 e A18 unem os conteúdos da Química com os conteúdos da Biologia, já o artigo A8 articula os conhecimentos da Química e da Física para a proposta empírica utilizada.

O uso de sequências didáticas investigativas (SDI) ou sequências didáticas contendo atividades investigativas foi muito recorrente nos artigos. É importante frisar que os artigos A10, A18, A20, A22 e A25 utilizam referenciais teóricos relacionados à sequência de ensino ou etapas de ensino, embora tenha utilizado pelo menos uma atividade investigativa em sua estrutura metodológica. As sequências didáticas de enfoque investigativo, segundo Zabala (1998), favorece o caráter investigativo durante o ensino, visto que os conceitos científicos são construídos com significados através da problematização, levantamento de hipóteses, coleta de dados e sistematização (ZABALA, 1998). Essas características foram citadas nos artigos A4, A7, A8, A9, A17 e A23, pois a necessidade de estabelecer conexões e construção de hipótese nos sujeitos da pesquisa foi considerada pelos autores, em virtude do processo de desenvolvimento de atividades sistemáticas no percurso investigativo (CARVALHO, 2013). A sequência didática investigativa no ensino de Ciências promove um avanço progressivo dos conhecimentos dos alunos, pois a aprendizagem é articulada à alfabetização científica (VIECHENESKI; CARLETTO, 2013).

Em relação aos conteúdos abordados, os artigos A6, A8-A12, A17, A19, A21, A23 e A25 fazem referência a assuntos estudados no âmbito da Química Geral e Inorgânica Básica, como separação de misturas e reações químicas. Os artigos A4, A5, A7, A11-A16, A22 e A24 tratam de assuntos comuns à área da físico-química, como cinética química abordados nos artigos A4 e A24. É possível que a quantidade de trabalhos relacionados aos conteúdos da Química Geral seja argumentada por tratarem de questões elementares e fundamentais da

Química, dando suporte a conteúdos posteriores estudados ao longo do ensino médio. Gagliard (1998) informa que os conceitos atrelados às substâncias e misturas são considerados estruturantes dentro do processo de significados e demonstram forte relevância, uma vez que ocupam grande parte do currículo escolar, sendo necessária sua clareza para compreender muitos conteúdos que vêm posteriormente (GAGLIARD, 1988).

Todos os artigos contemplaram as finalidades 1, 3, 4, 5, 7 e 8 descritas anteriormente. Apesar dos artigos A1, A3-A5, A7-A11, A15, A17-A24 utilizarem experimentações investigativas e contemplarem a finalidade 6, apenas nos artigos A1, A3, A24 e A25 os estudantes assumem a fase de planejar essas experimentações. Isso tem a ver com o grau de abertura citado por Wellington (2000), que envolve o papel do estudante, do professor e o tipo de atividade investigativa. O fato de os estudantes não planejarem todas as experiências num processo investigativo, não anula a característica investigativa da atividade. Dependendo das etapas, o professor pode assumir um nível menos passivo que está diretamente relacionado com a complexidade da investigação e da maturidade dos estudantes nesses processos.

Os artigos A4-A9, A17, A18, A21 e A23 citam Carvalho (2009; 2011) nas suas fundamentações teóricas demonstrando destaque das etapas sugeridas por esta autora quanto ao EPI. Isso não quer dizer que os outros artigos não atribuíram cuidados nas etapas de elaboração ou na condução de tais atividades em suas intervenções. Os artigos A12, A14 e A19 citam Azevedo (2004) que, em capítulo na obra Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula destaca que os objetivos dessa prática consiste em levar o estudante a pensar, refletir, debater e justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos construídos em situações novas (AZEVEDO, 2004).

Em relação aos aspectos metodológicos, é possível destacar algumas tendências de pesquisa sobre o ensino por investigação:

- 1. Nos sujeitos de ensino médio majoritariamente mais presente, pois houve um equilíbrio de trabalhos feitos nos três anos do ensino médio;*
- 2. Os conteúdos mais presentes nas pesquisas pertencem ao campo da físico-química;*
- 3. Os objetivos prescritos e como se aproximam das finalidades propostas por Pérez (1993), como “Proporcionar ao estudante a oportunidade de reconhecer o problema e fazer uso de estratégias para propor soluções”, “Ter atitude crítica” e “Elaborar documentos escritos sobre os resultados obtidos, usando de forma*

correta a linguagem própria aproximando-se da científica”, mostraram estar presentes na maioria dos trabalhos publicados;

4. *As estratégias de ensino mais presentes nas atividades investigativas usaram a utilização de problemas como ponto norteador e experimentações investigativas.*

A análise dos aspectos metodológicos destaca pontos relevantes das pesquisas sobre o ensino por investigação. As observações levantadas permitem, em parte, verificar a qualidade dos trabalhos publicados e como eles sendo articulados no que diz respeito às estratégias utilizadas e em quais sujeitos estão sendo aplicados.

Os resultados de análise do levantamento bibliográfico contribuíram significativamente para entendermos como o objeto de estudo da pesquisa. De fato, os aspectos gerais nos levam refletir que o ensino por investigação é uma boa proposta de abordagem didática, pois muitos trabalhos já foram desenvolvidos no ensino de Química com sujeitos de ensino médio, isso reflete o êxito da abordagem e o interesse de pesquisadores em buscar utilizar tal abordagem. Além disso, os aspectos metodológicos nos ajudaram a compreender como as estratégias de ensino estão sendo usadas nas atividades investigativas e como estruturá-las numa sequência didática que atenda ao aporte teórico-metodológico do ensino por investigação.

Em relação à temática, não se achou nenhum trabalho relacionado às “tatuagens”, o único que se aproximou foi o artigo A15 que trabalha os conceitos de corante. Partindo disso, dos resultados de análise do levantamento bibliográfico e do crescimento de pessoas a procura de tatuagens e como esse assunto é comum entre os estudantes, foi possível delimitar a questão e objetivos de pesquisa e a temática da SDI sobre “tatuagens”, pois nos levou a entender como funciona a dinâmica de aplicação das múltiplas estratégias de ensino, que podem estruturar proposta e desenvolvimento do EPI, com ênfase na possibilidade de promover a alfabetização científica no processo de aprendizagem.

Diante disso, buscamos delimitar a seguinte questão de pesquisa: **Quais as possibilidades de uma sequência didática investigativa (SDI) sobre a temática “Tatuagens” para a promoção da alfabetização científica no ensino de Química?** Buscando responder a esta questão, foi proposto o objetivo geral da pesquisa: **Investigar como uma sequência didática investigativa (SDI) sobre a temática “tatuagens” pode contribuir para a possibilidade de alfabetização científica no ensino de Química.**

Como desdobramento do objetivo geral, os objetivos específicos propostos são:

- *Identificar possíveis indicadores de alfabetização científica pelos estudantes nas respostas ao problema sobre “tatuagens”, durante o desenvolvimento de uma sequência didática investigativa (SDI);*

- *Analisar o processo de construção do conhecimento químico pelos estudantes acerca do tema “tatuagens”, durante suas produções escritas e diálogos na vivência da SDI;*

- *Analisar como o conteúdo químico e os possíveis indicadores de alfabetização científica se articulam frente às atividades investigativas durante a sequência didática.*

CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Tratar-se-á, neste capítulo, acerca da teoria que busca orientar as questões pertinentes ao EPI, que é o objeto de pesquisa deste estudo, e a maneira como a Alfabetização Científica pode servir de referencial teórico para a análise de dados. São apresentados, dessa forma, os aspectos fundamentais para subsidiar o estudo, como a historicidade do EPI, suas variantes semânticas, as contribuições psicológicas e as orientações metodológicas. Além disso, são explanadas as discussões sobre a Alfabetização científica, os aspectos históricos e conceituais, e como ela pode ser articulada ao EPI.

Partindo da escolha do tema da sequência que foram tatuagens, buscando discuti-lo numa perspectiva da Química. Então é apresentada a conceituação das tatuagens, como os constituintes químicos das tintas, a morfologia básica da pele e os possíveis riscos toxicológicos.

1.1. ASPECTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS DO EPI

1.1.1. Um breve histórico

Por volta do século XIX, o filósofo e pedagogo John Dewey, buscando alternativas para os métodos da lógica indutiva priorizados nesta época no ensino escolar, começou a questionar sobre a melhor maneira de se aprender conteúdos e como era possível ocorrer a construção de significados pelos estudantes (RODRIGUES; BORGES, 2008; MAIA; RODRIGUES e SILVA, 2018). Dewey acreditava que a educação escolar possibilitava o desenvolvimento de uma sociedade mais humana. Dessa forma, ele estudou meios de integrar os objetivos da Ciência às experiências de vida dos estudantes. Em outras palavras, como a descoberta e o progresso das experiências passadas poderiam levar o sujeito a compreender melhor os conteúdos. Ele acreditava que os métodos científicos – como a indução, a lógica-matemática e a dedução – poderiam ser inseridos no contexto escolar por meio de um ensino por investigação, visando promover a aprendizagem acerca de conteúdos escolares (TRÓPIA, 2009; RODRIGUES; BORGES, 2008).

A experiência entendida em um sentido amplo e polissêmico pode ser considerada como um aspecto importante para a promoção do conhecimento, e ser um fator importante

para os métodos científicos. Segundo o próprio Dewey (1959), o método deve seguir um processo linear, mas dinâmico, conforme **figura 03**.

Figura 03. Raciocínio apontado por Dewey para a promoção do conhecimento.



Fonte: Dewey (1959). Adaptado.

As contribuições de Dewey, mesmo sendo democráticas, não estavam de acordo com o perfil do sistema educacional americano. Pouco tempo depois, o educador Joseph Schwab apresentou contribuições a favor de Dewey e afirmou que as questões envolvendo o ensino das ciências devem contemplar não só a construção de conceitos, mas dos procedimentos que levaram a tais conceituações, como por exemplo, considerando nas aulas de Ciências as contribuições históricas do desenvolvimento de conceitos científicos (SÁ, 2009).

Segundo Osnorbe (2016), as práticas decorativas dos estudantes, consensualmente aceitas ao se aprender ciências, não contribuem para uma efetiva aprendizagem. A educação científica deve alinhar-se às práticas da sociedade como uma espécie de empreendimento social. Joseph Schwab acreditava que conteúdo e prática são indissociáveis e que a Ciência deveria ser ensinada de um modo o mais próximo possível de como ela é operada na comunidade científica (MAIA; RODRIGUES e SILVA, 2018). De fato, o lançamento do *Sputnik I* pela União Soviética fez todos os educadores na época refletirem sobre o rigor e qualidade de ensino.

É importante considerarmos que entre os anos 50 e 70, com o rigor acadêmico para o ensino das ciências, os chamados “grandes projetos” foram incorporados no currículo de Ciências nos Estados Unidos da América, com o intuito de que atividades práticas ganhassem mais destaque nos processos de ensino. Dessa forma, o estudante era transformado em um mini cientista pelo método nomeado de Ensino por Descoberta (DEBOER, 2006).

Nesta época, os educadores, estudiosos e comunidade científica preocupavam-se com o desenvolvimento intelectual dos estudantes. O século XX pôde então ser dividido, sistematicamente, em duas partes de forma cronológica, sendo a primeira metade com o ensino de Ciências dando ênfase aos problemas sociais sob o alcance de todos; e a segunda metade tendo como base a estrutura da disciplina de Ciências, em que se cobrava dos estudantes um conhecimento profundo sobre os fenômenos, sustentando ideias abstratas e

confusas. A investigação ainda se configurava como um emaranhado de ideias sobre sua aplicação pedagógica ou como um conteúdo curricular (SCHWAB, 1962 apud DEBOER, 2006).

O termo investigação começou então a ser discutido de maneira mais sólida com o *Project Synthesis* pela *National Science Foundation* (NSF), pois seu significado era dúbio e parecia confuso. Uma ideia acerca deste termo foi apresentada como um conteúdo, como aprender sobre átomos ou Química Orgânica, por exemplo; outra ideia era integralizar a investigação aos conteúdos de uma maneira estratégica, como um meio para construir significados e promover um melhor aprendizado de Ciências (SILVA, 2014; BARROW, 2006).

A proposta do ensino por investigação como uma – até então, estratégia – ou abordagem didática foi sendo desenvolvida, até que os Estados Unidos da América modificaram suas diretrizes para educação em Ciências, dando ênfase e sugerindo que o processo de ensino começasse com perguntas, com o envolvimento dos alunos, o processo histórico de construção dos conteúdos e a interseção do conhecimento com a descoberta (RODRIGUES; BORGES, 2008).

De igual forma, a *National Research Council* (NRC) começou a considerar que o cunho investigativo era primordial para a educação científica e, em documento divulgado sobre tais atividades, discutiam e argumentavam sobre características pertinentes ao ensino por investigação, como o papel do aluno diante desta abordagem, o tempo de execução das atividades e as limitações que poderiam surgir com tal prática no contexto escolar (BARROW, 2006). Segundo Zômpero e Laburú (2011), as modificações das ideias que embasavam inicialmente o ensino por investigação aconteceram por causa de necessidades políticas, sociais e econômicas.

Em 1997, no Brasil, os Parâmetros Nacionais Curriculares (PCN) trouxeram a valorização da construção de competências e habilidades pelos estudantes com características próprias do saber científico, como a investigação de temas sugeridos para a educação básica (BRASIL, 1997; ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Por exemplo, nas Orientações Curriculares Nacionais – PCN+ encontrar-se-á a proposta de:

[...] incentivar atividades de enriquecimento cultural; **desenvolver práticas investigativas**; elaborar e executar projetos para desenvolver conteúdos curriculares; utilizar novas metodologias, estratégias e materiais de apoio; desenvolver hábitos de colaboração e trabalho em equipe (BRASIL, 2002, p. 137. Grifo nosso)

De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (nº 4.024/61), as disciplinas que compõem o componente curricular das Ciências da Natureza foram ampliadas no currículo para promover a criticidade através do método científico (BRASIL, 1998).

Atualmente, o ensino por investigação possui bases epistemológicas mais consistentes no que diz respeito a uma abordagem didática. Segundo Sasseron e Carvalho (2008), a base para a promoção desta abordagem se dá pelo próprio fazer científico, respeitando as especificidades do contexto escolar, como introduzir discussões durante a construção dos conceitos até o processo de compartilhamento das ideias pelos estudantes. A metodologia deste ensino deve envolver problemas como pontos norteadores e a realização de atividades práticas e experimentações, sendo estas atreladas a busca de informações, priorizando sempre a autonomia do aluno em todo o processo metodológico (CARVALHO, 2013).

1.1.2. As variantes do termo “Ensino por Investigação”

Mas afinal, o que é Ensino por Investigação? De acordo com Gil Pérez (1993), é a aprendizagem concebida como um processo de investigação, que contraria toda ideia de reduzi-la a um conjunto de regras predeterminadas. A denominação e significado para este termo vêm sofrendo alterações a partir das contribuições de vários pesquisadores e teóricos ao longo da história, como Investigação Dirigida ou Aprendizagem como Investigação (GIL-PÉREZ; CASTRO, 1996); Ensino por Pesquisa (VASCONCELOS; PRAIA; ALMEIDA, 2003), Investigação Escolar (CAÑAL, 2000) e, a mais comum nos trabalhos publicados recentemente, Ensino por Investigação (AZEVEDO, 2004; MUNFORD; CASTRO; LIMA, 2007; SÁ, 2009; CARVALHO, 2018; SASSERON, 2015).

Para Gil-Pérez (1993), a *investigação dirigida* tem como proposta atividades que englobam etapas de:

apresentar aos alunos situações problemáticas abertas, em um nível de dificuldade adequado à zona de desenvolvimento potencial dos educandos; favorecer a reflexão dos alunos sobre a relevância das situações-problema apresentadas; emitir hipótese como atividade indispensável à investigação científica; elaborar um planejamento da atividade experimental; contemplar as implicações CTS do estudo realizado; proporcionar momentos para a comunicação do debate das atividades desenvolvidas; potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico. (PÉREZ, 1993, p. 204).

Com base neste autor, percebe-se a presença das relações Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente e do uso de situações-problemas ou problemas e elaboração de hipóteses como elementos característicos das atividades investigativas (investigação dirigida).

O *ensino por pesquisa* tem forte apreço por contemplar a abordagem de conteúdos de forma interdisciplinar, transdisciplinar e cultural. Existe nesse ensino uma abordagem focada no desenvolvimento pessoal e social dos estudantes (CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2000). Surgindo como uma crítica à visão acadêmica do processo de ensino, o ensino por pesquisa apela para uma abordagem em que o processo da educação científica não contemple apenas o ensino de Ciências, mas o fazer Ciências, visando a promoção da alfabetização científica. Em linhas gerais, como o próprio nome sugere, é necessário que o aluno não receba respostas prontas, mas que, por meio da resolução de problemas, elabore e execute estratégias para os problemas propostos.

A autonomia desenvolvida pelo aluno no ensino por pesquisa promove o processo de descoberta e potencializa a experiência vivida, ou seja, os alunos podem elaborar argumentos sobre suas descobertas e participar de uma reflexão crítica sobre as ações empreendidas, integrando diversos saberes (CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2000). É interessante atentar para o termo “ações empreendidas”, pois Cachapuz, Praia e Jorge (2000) reforçam a ideia de que há uma construção nos significados neste processo de ensino, e que tais ações partem dos próprios estudantes. Dessa forma, eles podem perceber seu próprio desempenho nas etapas do ensino por pesquisa e tornarem-se aptos para desenvolver estratégias metacognitivas.

A *investigação escolar*, segundo Parente (2012), é uma situação onde uma pergunta é formulada através de um problema social e relevante. Esses problemas devem contemplar conhecimentos conceitual e procedimental em detrimento de práticas científicas, por exemplo, a comunicação e a tomada de decisão sobre questões do mundo natural-social em que vivem. A cognição do aluno é desenvolvida de modo a estimular a criticidade e a cooperação, uma vez que as respostas encontradas para resolver os problemas devem ser compartilhadas nas aulas.

É importante considerar que existe uma diferença entre investigação escolar e investigação científica, que apesar da primeira estar apoiada na segunda por aproximação epistêmica, a investigação escolar possui valores estéticos e éticos que a caracterizam como um perfil único e determinante no processo de ensino-aprendizagem (PARENTE, 2012). Buscando uma convergência entre o significado dos termos Investigação Dirigida, Ensino por Pesquisa e Investigação Escolar de ensino, pode-se perceber que a aprendizagem é estimulada

pela interação estudante-estudante, estudante-professor e o desenvolvimento da autonomia pelos estudantes, ratificando uma concepção sócio-construtivista do processo educacional (CAÑAL; PORLAN, 1987).

Diante destes significados que trazem em comum o engajamento dos alunos nas atividades que partem de problemas, elaboração de hipóteses baseadas nos conhecimentos prévios dos alunos, até a busca de informações e a comunicação dos resultados, podemos destacar que o termo mais usado atualmente em propostas de ensino de cunho investigativo é o Ensino por Investigação, sendo este o que será adotado nesta pesquisa.

Compreendido por Azevedo (2004) e Sá (2009) como uma estratégia, o ensino por investigação tem o objetivo de suscitar no aluno o pensamento crítico, o debate, a justificação de ideias e a aplicação de seus conhecimentos em situações novas, utilizando diversos conhecimentos. Nesta estratégia, o aluno não deve limitar-se a ação de manipular ou observar, apenas. Mas, além disso, deve refletir, explicar e relatar seus conhecimentos quando confrontados com novas situações ou problemas. Munford, Castro e Lima (2007) também discorrem sobre o EPI ser uma estratégia, na qual o professor pode diversificar sua prática, buscando inovações e proporcionando um ensino mais interativo para que os estudantes possam explicar e se expressar sobre os conhecimentos aprendidos.

Para Baptista (2010), o ensino por investigação é uma metodologia que prioriza o questionamento, seguida da elaboração de hipóteses, identificação de evidências, construção de explicações e comunicação dos resultados. Essa dinâmica não só dialoga com as atitudes da comunidade científica, como também reflete suas práticas. Os estudantes tornam-se mais familiarizados com o papel do cientista por meio do incentivo a curiosidade intelectual e a criatividade nas fases da investigação para construir conhecimento em Ciências.

Segundo Carvalho (2018), o ensino por investigação é um ensino dos conteúdos programáticos onde o professor cria um ambiente em que desperte no aluno a capacidade de pensar, levando em consideração os aspectos cognitivos; falar, destacando seus argumentos e conhecimentos construídos; ler, compreendendo criticamente o conteúdo que está sendo trabalhado no momento; e escrever, destacando as ideias expostas, buscando a autoria própria no processo investigativo. Nesse sentido, o aprendizado vai muito além da reprodução e memorização de conhecimentos, mas deve desenvolver nos alunos a prática de falar, argumentar, ler e escrever sobre o que se está sendo investigado.

A *National Research Council* (NRC) (1996) diz que as atividades de cunho investigativo envolvem tarefas multifacetadas, como: realização de observações, colocação de

questões, pesquisa em livros e outras fontes de informações, a revisão do que já se sabe sobre a experiência, a previsão à resposta e a comunicação dos resultados. Para Sasseron (2015), o Ensino por Investigação é mais amplo, ela afirma que *“não é uma estratégia de ensino, mas uma abordagem didática, pois pode congrega estratégias, das mais inovadoras às mais tradicionais, desde que seja um ensino em que a participação dos estudantes não se restrinja a ouvir e copiar o que o professor propõe”* (SASSERON, 2015, p. 58).

Considerando o EPI como uma abordagem didática, Scarpa, Sasseron e Silva (2017) destacam que a elaboração da pergunta é o ponto mais difícil na investigação científica. Nesse sentido, a importância de a pergunta ser sedutora e provocativa, instigando os estudantes para que venham sentir-se vontade de respondê-la e, nesse processo, construir conhecimento. Nas Ciências da Natureza, os fenômenos podem ser observados e questionados. Sendo estes questionáveis, justificativas podem ser construídas para explicar tais fenômenos, iniciando o processo investigativo. E isto requer atenção e interesse dos alunos, por isso, a necessidade da pergunta ou do problema ser atrativo.

Nesse trabalho, adotamos a conceituação de Sasseron (2015). Acreditamos que, de fato, o ensino por investigação seja uma abordagem didática, de natureza ampla, que possibilita a construção de conhecimentos teórico-prático de modo articulado, e que faça sentido para os estudantes pela mediação do professor e de diversas estratégias e atividades de ensino. Nessa direção, Carvalho (2009) sugere que tais atividades sejam realizadas por meio do desenvolvimento de sequências didáticas investigativas (SDI), para que as etapas da investigação tenham êxito e os objetivos e finalidades investigativas sejam alcançados. Como nesta dissertação, que abordará o desenvolvimento de uma SDI sobre o tema “Tatuagens” para abordar conteúdos de Química.

1.1.3. Aspectos psicológicos de Piaget e Vigotsky relativos à aprendizagem

Inicialmente, é importante ressaltar que as características do raciocínio científico seguem fases que conduzem o processo investigativo. Carvalho (2013) enfatiza que a maneira para construir ciclos ou sequências de ensino deve possibilitar contextualização no processo de implementação do ensino por investigação em sala de aula (PEDASTE et al., 2015; CARVALHO, 2013).

Vigotsky (1989) nos mostra que a linguagem e interações sociais utilizadas para o desenvolvimento intelectual do estudante devem ser consideradas como fatores importantes

na construção do conhecimento. Essas considerações possibilitam a reprodução de um ensino sistemático e organizado. Segundo Litti, Costa e Lorenzoni (2020), o cenário investigativo favorece a interação entre os sujeitos e corrobora com os estudos feitos por Vigotsky.

O desenvolvimento do indivíduo requer a participação de ambientes e de práticas específicas, pois as contribuições biológicas não são suficientes para o desenvolvimento natural da criança (VYGOTSKY, 2007). Os requisitos que baseiam a interação com o contexto social se dão através do desenvolvimento psíquico e cognitivo. De acordo com Alro e Skovsmove (2010), aprender é uma experiência pessoal e depende da qualidade do contato com as relações interpessoais durante a comunicação entre os sujeitos. Essas relações se desenvolvem de forma interpsicológica e intrapsicológica, em ação conjunta, primeiramente entre as pessoas e depois dentro da criança (VYGOTSKY, 2007; ALRO; SKOVSMOVE, 2010). Como a ação de investigar está diretamente relacionada à busca de novas experiências, faz-se necessário que o processo seja convidativo e desperte uma postura curiosa, até que os conhecimentos sejam constantemente transformados, gerando a compreensão de objetos de investigação através de problematizações (VIDAL, 2019).

A maneira como muitas instituições de ensino foi sendo conduzida ao longo do tempo, era baseada nas ideias trazidas pelos teóricos que estudavam o comportamento e desenvolvimento da aprendizagem. Piaget (1974) e Vigotsky (1989) apresentaram pontos de vista distintos, mas complementares, e o que ambos apresentavam em comum, era sobre os métodos tradicionais de ensino.

Carvalho (2009) aponta que as intervenções feitas por Piaget partiam da necessidade de problematizar para iniciar o processo de conhecimento científico das instituições de ensino. Essa maneira de conduzir a problematização estimulava os estudantes na construção de hipóteses para que fossem testadas e discutidas logo em seguida. Piaget (1974) apontava para uma aprendizagem exponencial ou gradativa. Isso acontece em virtude do raciocínio envolvido para resolver o problema em questão, colocando o aluno em uma posição dinâmica e centralizadora. Carvalho (2009) dialoga com Piaget e afirma que o conhecimento novo parte de um conhecimento anterior e fundamenta-se nas contribuições epistemológicas da consolidação do conhecimento, que são equilíbrio, desequilíbrio e reequilíbrio.

Para Piaget (1974), a introdução de um problema gera um estímulo de debruçamento sobre ele e, nesta ação, o problema vai gerando um desequilíbrio do conhecimento prévio a fim de organizar as variáveis levantadas na hipótese para que um novo conhecimento possa ser aprendido pelo reequilíbrio. Dessa forma, são determinadas as etapas do conhecimento

que podem fluir no ambiente escolar. Um deles é o tempo pedagógico de cada estudante, que envolve as influências do meio social. Essa ideia converge com os fundamentos psicológicos propostos por Vigotsky, quando ele afirma que as funções mentais dos indivíduos emergem em processos sociais.

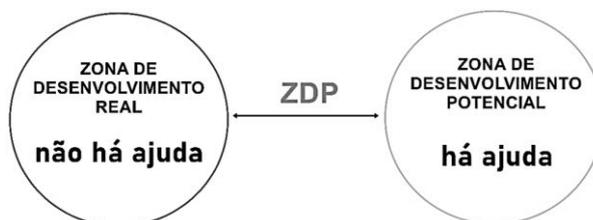
Um ponto relevante quanto às contribuições de Vigotsky se dá pelos aspectos culturais que unem a interação entre os indivíduos ao mundo físico, ou seja, a linguagem se constitui como um elemento transformador, que vai se adequando à interação professor-estudante e estudante-estudante (VIGOTSKY, 1989).

Levando em consideração a interação proposta por Vigotsky, entendemos que tal prática reflete diretamente no contexto da sala de aula como um ambiente que vai além da transmissão de conteúdo, mas que exerce uma função dinâmica da prática educacional. Como ressalta Sedano e Carvalho (2017), o contexto de interação na sala de aula apontam cenários de aprendizagem, em um contexto de interação social, que efetivam a aprendizagem proposta. Assim, o caráter investigativo favorece a troca de ideias e essa troca só é permitida em um cenário que possibilita a interação estudante-estudante e estudante-professor (SEDANO; CARVALHO, 2017).

1.1.3.1. A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)

As teorias estudadas por Vigotsky mostram a interação social como aporte ao ensino por investigação e isso estabelece contratos de comunicação (LITTIG et al., 2020; CLEOPHANS, 2016). Esses contratos consideram a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), que se configura como a distância entre o nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial. O nível de desenvolvimento real é a capacidade que o indivíduo apresenta em resolver situações sem ajuda de terceiros; já o potencial se caracteriza como a capacidade de resolver situações com a ajuda de alguém mais experiente, conforme a **figura 04**.

Figura 04. Relação entre as zonas de desenvolvimento real e potencial.



Fonte: Adaptado de Vigotsky (1989).

A ZPD exprime uma região longitudinal em que as funções ainda não amadureceram, mas que estão em constante processo de maturação (VYGOTSKY, 1989 apud ZANELLA, 1994). É comum pensar que no nível de desenvolvimento real o indivíduo possa realizar tarefas de forma autônoma, ao contrário do que ocorre no nível de desenvolvimento potencial. Fino (2001) ratifica essa ideia e relaciona isso com a dinâmica de grupos, que é usada por muitos professores.

Sedano e Carvalho (2017) não só apontam que a interação entre os alunos favorece a efetividade da aprendizagem, mas também desenvolve a autonomia moral. Essas habilidades, além de fornecerem a relação entre alunos na zona de desenvolvimento real, ajudam o desenvolvimento dos alunos que se encontram na zona de desenvolvimento potencial (FINO, 2001).

Em virtude das peculiaridades sobre a ZDP mencionadas anteriormente, um ponto importante é verificar qual a função do professor e quais suas características nesse processo. Segundo Resende (2009), a interação entre o homem e o meio é considerada uma relação dialética, pois o sujeito não só internaliza as formas culturais, mas também as intervém e as transforma. Assim, Vigotsky compreende que o homem se constitui através de uma interação com o meio em que está inserido. Podemos pensar que é de responsabilidade do professor elaborar e conduzir as atividades e problemáticas nas quais seus alunos futuramente serão inseridos. O professor orienta essas atividades e potencializa o processo de aprendizagem para que novos elementos do conhecimento sejam adquiridos, possibilitando a transição da zona de desenvolvimento real para a potencial.

Esse modelo pode gerar confusão, porém Carvalho (2009) deixa claro que é mais proveitoso que as atividades aplicadas aos estudantes possam propagar sua cultura e promover conhecimentos e experiências científicas para a reconstrução de novos significados, o que compete ao Ensino por Investigação a exploração do conhecimento, tendo em vista a autonomia do estudante. Logo, a escola não deve desfazer ou desapropriar-se de conhecimentos prévios, mas usá-los para gerar confronto de ideias.

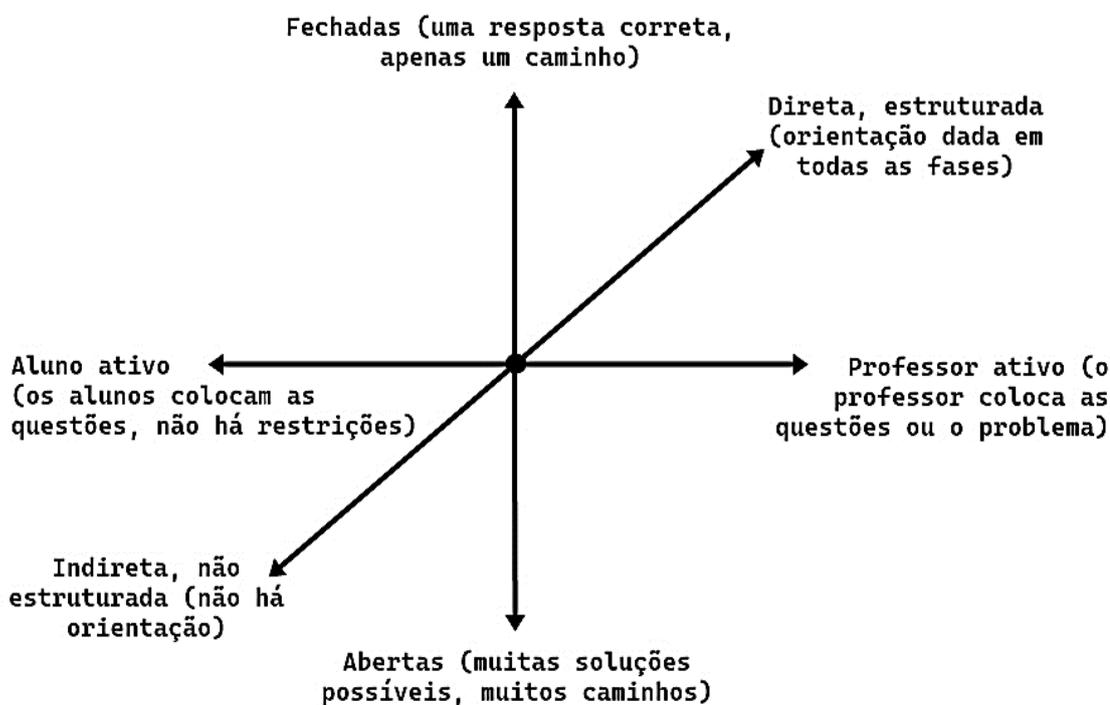
1.1.4. Características e orientações

As atividades investigativas devem não apenas partir de problemas, mas envolver aspectos históricos, que também ajudam no desenvolvimento de habilidades cognitivas, como

sugere Zômpero e Laburú (2011). Em contra partida, três possíveis equívocos são alertados por Munford e Lima (2007). O primeiro deles é que as atividades investigativas devem conter atividades práticas e/ou experimentais; outro é que deve partir de situações unicamente “abertas”. Na medida do possível, é importante que as situações-problemas possam apresentar diversas possibilidades de resposta. Outro equívoco é que deve-se ensinar todo o conteúdo programático por meio da investigação. Isso não é verdade, pois existem muitas outras abordagens de ensino e estratégias que dialogam melhor com outras partes e tipos de conteúdo.

Para compreender o papel das atividades no EPI, Wellington (2000) cita os graus de abertura das atividades investigativas, que envolvem o papel do estudante, do professor e o tipo de atividade proposta. O fato de os estudantes não planejarem todas as experiências e atividades no processo investigativo, não anula a característica investigativa da atividade. Dependendo das etapas, o professor pode assumir um nível menos passivo que está diretamente relacionado com a complexidade da investigação e da maturidade dos estudantes nesses processos, conforme **figura 05**.

Figura 05. Níveis de abertura, quanto ao papel do aluno, professor e natureza das atividades.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020). Baseado em Wellington (2000).

Percebe-se que um ponto cartesiano colocado na **figura 05** vai determinar a abertura da atividade. Sendo assim, é possível então caracterizar a condução em sala de aula numa perspectiva do papel do aluno e do professor, e também da estrutura da atividade. Bell, Smetana e Binss (2005) propõem categorias que permitem verificar a intensidade da atividade de acordo com a maturidade da turma, conforme o **quadro 06**.

Quadro 06. Níveis de abertura da atividade no EPI.

	Nível	Questão?	Método?	Solução?
	Confirmação	×	×	×
	Estruturada	×	×	
	Guiada	×		
	Aberta			

Fonte: Elaborado pelos autores (2020). Adaptado de Bell, Smenanta e Binss (2005).

A seta vertical indica o nível do aluno dentro da abordagem investigativa, ou seja, leva em consideração não só o nível da turma, mas a experiência com esse tipo de abordagem (BELL; SMENANTA; BINSS; 2005). O nível “Confirmação” configura-se como o mais simples, no qual o professor expõe a questão norteadora, propõe o método e ilustra sua solução, fazendo com que o aluno busque o caminho até essa solução já conhecida. O nível “Estruturada” não explicita a solução, dando possibilidade de o problema apresentar, possivelmente, mais de uma solução, como um grau de abertura mais amplo, como mostra o eixo vertical da **figura 05** proposta por Wellington (2000). No nível “Guiada”, o aluno tem apenas a questão ou problema não apenas como ponto introdutório, mas como única e exclusiva possibilidade de percurso investigativo, o aluno não conhece o método, sugerindo-lhe maiores oportunidades de elaborar hipóteses e testá-las (SASSERON, 2015; PÉREZ, 1993; CARVALHO, 2018). Por fim, o nível “Aberta” ratifica o nível mais inferior do **quadro 06**, que cobrará do estudante uma maturidade mais intensa para lidar com problemas investigativos, pois será necessário que ele seja um conhecedor de determinado tema para que seja capaz de elaborar uma questão ou um problema.

Com base nos autores CARDOSO; SCARPA, 2018; SILVA; GEROLIN; TRIVELATO, 2018; ROSA, 2019; CAVALCANTE; TEIXEIRA; MARCELO, 2019; MOTTA; MEDEIROS; MOTOKANE, 2018; WARTHA; LEMOS, 2016 é possível perceber que o grau de abertura é cuidadosamente analisado para dar forma ao problema, estudando, ainda, possíveis limitações de tais atividades. Mesmo em alguns autores que não citem

Wellington (2000), é comum encontrar investigações do tipo “qual?”, “o que?” e “como?”. Por exemplo, no ensino de Ciências e Matemática, pode-se destacar as seguintes situações:

Quais fatores podem determinar alto risco a uma pessoa por fazer muitas radiografias? Por quê?

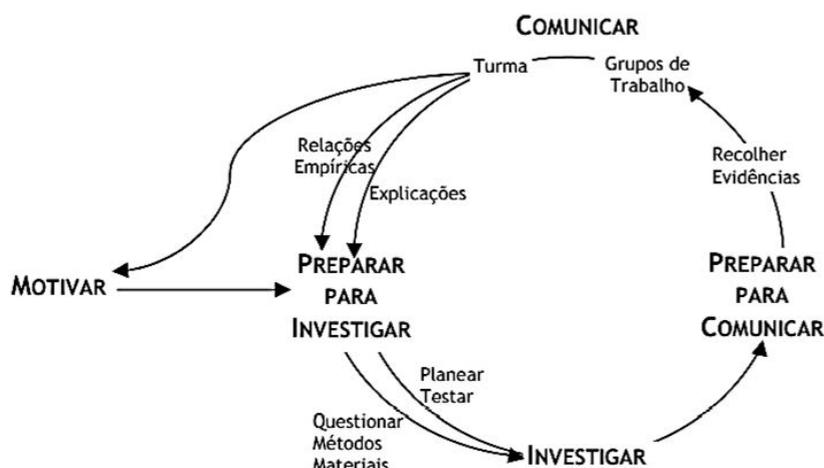
O que acontece se deixarmos um frasco de perfume aberto? Isso justifica o uso de hiper lacres nesses frascos?

Como prever um aumento significativo nos casos de infecções por coronavírus em Pernambuco?

Quais fatores indicam que uma lâmpada incandescente consome mais energia que uma lâmpada fluorescente?

Aproximar os estudantes do contexto e realidade científica não é tarefa fácil. O método científico possui características bem definidas, mas não consiste num modelo único para resolver situações e problemas que venham a surgir. Em um trabalho publicado por Magnusson, Palincsar e Templin (2004), sobre a natureza da atividade científica e as concepções de ensino e aprendizagem de Ciências baseados em investigação fomentadas pela cultura e comunidade, os autores propõem um modelo com cinco fases para a condução de investigações em sala de aula, conforme **figura 06**. Esses autores ressaltam ainda que o ciclo desenvolvido remete ao contexto em que a comunidade científica está inserida, promovendo um maior impacto sobre os alunos à medida que confrontam as reivindicações e as evidências apresentadas, os levando a pensar e agir como cientistas.

Figura 06. Fases para conduzir as atividades de investigação.



Fonte: MAGNUSSON; PALINCSAR; TEMPLIN, 2004.

A fase de engajamento visa motivar o estudante e familiarizá-lo com a temática proposta para se trabalhar um conteúdo específico de Ciência. Nesta dissertação, esta dissertação abordará o tema “tatuagens” articulado ao conhecimento químico. É importante que a curiosidade vá aumentando de forma gradativa, para que todo o processo metodológico ocorra de forma prazerosa. Tal engajamento condiz com uma recomendação proposta pela *National Research Council* (2012), em que os alunos devem se envolver nas práticas relativas ao conteúdo estudado em vez de apenas aprender sobre eles. As atividades propostas devem ir além da abordagem de conceitos, por isso é esperado que os estudantes sejam capazes de construir significados essenciais usando sua própria linguagem, desde que estejam próximos dos cientificamente aceitos (CARVALHO, 2009).

Carvalho (2011) estabelece um panorama que fundamenta quatro etapas para propostas investigativas: o problema para a construção do conhecimento; a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual na resolução do problema; a tomada de consciência; e a construção de explicações. É possível estabelecer uma conexão entre a condução das atividades de investigação em sala de aula proposta por Magnusson, Palincsar e Templin (2004), com as quatro principais etapas que fundamentam as propostas investigativas propostas por Carvalho (2011), havendo semelhanças entre as duas conduções metodológicas no Ensino por Investigação.

Segundo Osborne e Wittrock (1983), a implementação da investigação científica no contexto escolar pode ser desenvolvida solicitando aos alunos que se envolvam na prática de desenvolvimento de investigações empíricas e teóricas, visando resolver problemas, elaborar e testar hipóteses, buscar informações, analisar evidências, comunicar resultados, coletar dados e construir explicações com base no conhecimento científico.

1.1.5. O papel do professor e do estudante

Os professores assumem um papel de grande importância seja qual for a metodologia de ensino adotada. No ensino tradicional, o professor atua como transmissor do conhecimento para um público que tem o papel receptor – os estudantes.

Para Sá e colaboradores (2007), o papel do professor em atividades de cunho investigativo é propor e discutir acerca de problemas e questões, contribuir no planejamento de tais investigações, orientar o levantamento das evidências e de suas explicações teóricas, e

mais, incentivar a discussão e argumentação entre os estudantes a fim de promover a sistematização dos conhecimentos abordados. Azevedo (2004) afirma que o papel do professor no EPI é levar o estudante a pensar, refletir, debater e justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos construídos em situações novas.

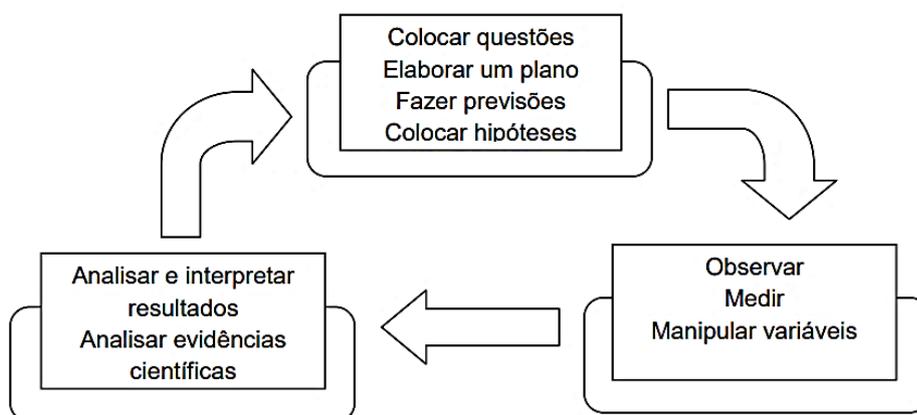
No processo de planejamento, o professor deve construir um ambiente contextual para que o problema apresentado seja inserido de forma real, para estimular o entendimento do estudante e que este se sinta interessado. Nesse aspecto, os docentes precisam fazer uso de estratégias que sejam capazes de envolver os estudantes nas etapas do EPI. Considerar alguns critérios é importante para a promoção das atividades, como vivência, idade, linguagem, cultura, conhecimentos prévios e experiências (NASCIMENTO; AMARAL, 2012).

Carvalho (2004) ressalta que é importante que haja consideração no entendimento da natureza da ciência, ou seja, que o docente não veja a ciência como um produto final, pronto e acabado, mas que considere o processo constante de construção e aprimoramento desta. Estudando sobre as possibilidades e limitações das abordagens investigativas, Wartha e Lemos (2016) mostram que o professor pode aprimorar sua prática pedagógica de modo a mobilizar os estudantes a aprender Ciências não como os cientistas fazem em seus laboratórios, mas muito, além disso, que apliquem nos estudantes a curiosidade, a dúvida, a argumentação e capacidade de explicar e compartilhar suas ideias geradas.

Se tratando dos estudantes, Campos e Nigro (1999) afirmam que essa abordagem tem o objetivo de fazer com que estes sejam capazes de construir conhecimento sobre os fenômenos da natureza através do conhecimento propriamente científico, que perpassam o senso comum. Esses objetivos devem gerar nos alunos um sentimento de criticidade, atribuindo-lhes uma conduta científica, fazendo com que sejam capazes de refletir acerca dos fenômenos, ouvir, trocar ideias com seus colegas, argumentar, desenvolver habilidades manuais e emocionais.

No ensino por investigação a participação dos estudantes ocorre de forma ativa em todo processo. As atividades proporcionam a eles uma reflexão, de modo que reconstrói interiormente o que vai sendo aprendido até que os seus esquemas mentais estruturam corretamente o conceito científico. Existem muitos modelos que demonstram como os estudantes podem atuar nas etapas do EPI. Um deles é o proposto por Wellington (2000), conforme a **figura 07**.

Figura 07. Esquema dinâmico do processo de investigação como abordagem didática.



Fonte: Wellington (2000).

Apesar de cíclico, a dinâmica mostrada na **figura 07** remete bem a algumas das atividades características de etapas de pesquisa realizadas pela comunidade científica, que, durante o levantamento das hipóteses, sempre voltam para os questionamentos iniciais. Tais atividades podem ser adaptadas para o contexto escolar. Dessa forma, os estudantes têm a oportunidade de negociar seus significados, trocar exemplos por meio da interação estudante-estudante, usando argumentação e comunicando seus resultados (SCHWARTZ; CRAWFORD, 2006 apud WARTHA; LEMOS, 2016).

Para Newman e colaboradores (2004), quando os estudantes estão engajados em atividades investigativas, eles podem descrever objetos e fenômenos usando evidências, lógica e imaginação para buscar explicar sobre o mundo natural. É importante que as atividades com a mediação do professor propiciem o vínculo e a responsabilidade de deixar o aluno ativo em todo percurso investigativo. Gil-Peres (1993) ressalta que os estudantes devem encontrar relevância no problema que lhes é apresentado para resolução.

1.1.6. Aspectos das Sequências Didáticas Investigativas (SDI)

Transformar a sala de aula em um espaço não convencional para desenvolver atividades não é tarefa fácil para o professor. Os estudos de Piaget e Vygotsky dão suporte até hoje para que as metodologias ativas sejam desenvolvidas, e muitas delas ganham uma estrutura lógica e articulada dentro de uma sequência didática investigativa (SDI).

Para a estruturação de uma SDI, é possível incluir investigações para propor o uso de projetos a curto, médio ou longo prazo (WELLINGTON, 2000; ZABALA, 1998; CARVALHO, 2013). Segundo Férres (2017), uma pergunta ou problema pode introduzir um

processo de investigação atendendo a dois requisitos: gerar fatores que podem ser analisados e relacionados entre si, como fenômenos a serem investigados; e ser respondida a partir de busca, coleta e análise de dados e informações.

Sasseron e Carvalho (2008) afirmam que as sequências didáticas investigativas podem propiciar aos estudantes a alfabetização científica quando o professor cria um ambiente que possibilite o processo investigativo por meio de uma sequência ajustada para alcançar tal objetivo. Assim, o estudante vai sendo introduzido e adquirindo experiência com a cultura científica abordada no contexto escolar de forma gradual.

Carvalho (2009) usa o termo Sequências de Ensino Investigativas (SEIs) e descreve como deve funcionar essa dinâmica, conforme a **figura 08**.

Figura 08. Delineamento da SDI em quatro passos, segundo Carvalho (2009).



Fonte: Elaborado pelos autores (2022). Baseado em Carvalho (2013).

Na maioria das vezes, começa com um problema, não necessariamente experimental, podendo ser também teórico, desde que contextualize uma situação relevante para o aluno. Esse problema delimita o conteúdo programático possibilitando que fenômenos sejam identificados e analisados.

Após a apresentação do problema, é importante que os estudantes sejam submetidos a uma atividade de sistematização do conhecimento, podendo ser um texto escrito. Essa atividade serve para suplementar as discussões levantadas no problema inicialmente enfrentado. Assim, os alunos podem voltar a discutir e analisar suas variáveis. Acredita-se que essa ação da leitura do texto após a resolução do problema se aproxima do perfil da comunidade científica, onde há uma intensa ação de lidarem com problemas e recorrerem à teoria, muitas vezes.

A terceira atividade configura-se como a mais demorada, por ser uma etapa que promove a contextualização. A maneira como o conhecimento pode ser construído através da óptica de fatos e fenômenos que ocorrem no dia a dia é a preocupação desta etapa da SEI (CARVALHO, 2013). Quando o conteúdo é mais complexo e/ou mais específico, é comum utilizar mais de um processo de ensino nesta etapa. É claro que isso não depende apenas do currículo, mas envolve a maturidade da turma e o nível pretendido para a aplicação da

abordagem. Por exemplo, uma turma de 9º ano do ensino fundamental anos finais aprendendo sobre ácidos e bases, segundo Arrhenius, será subordinado a diferentes atividades quando a mesma proposta for dada a uma turma de 1º ano do ensino médio ao aprender sobre ácidos e bases segundo Bronsted-Lowey e Lewis, que por sua vez é diferente quando a mesma proposta for dada a uma turma de Química Inorgânica no ensino superior ao tratar dos ácidos e bases de Pearson.

A quarta atividade tem característica avaliativa, ou seja, tem a responsabilidade de encerrar o ciclo da SEI. Essa finalização da sequência deve estar alinhada aos objetivos de ensino, observando os conceitos construídos, termos e noções científicas obtidos durante todas etapas, contrariando todo método de avaliação tradicional.

De forma mais geral, a sequência didática é uma sequência ordenada e articulada de atividades que formam as unidades didáticas (ZABALA, 1998). A sequência deve seguir uma lógica no processo de ensino e ao utilizar múltiplas maneiras de intervenção, cada etapa pode indicar a sua função da construção do conhecimento pretendido. O professor tem um papel fundamental, pois durante toda a sequência, tem o dever de harmonizar o ambiente favorecendo as relações professor-estudante e estudante-estudante, a fim de promover vínculos afetivos e colaborativos (NASCIMENTO; AMARAL, 2012).

Alguns cuidados precisam ser tomados pelo professor, como a relação dos conhecimentos prévios dos estudantes com os novos conhecimentos, através do conflito cognitivo; a adequação da estrutura da atividade proposta e seu alcance, para que desenvolva a zona de desenvolvimento proximal; e a promoção da responsabilidade, despertando no aluno sua autoestima e autoconceito em todas as etapas propostas. O estudante torna-se protagonista em todo o percurso metodológico, reconhecendo seu papel, que é de formular hipóteses, realizar atividades de campo e experimentais, resolver problemas e comunicar resultados ampliando o que Delizoicov e Angotti (1990) chamam de repertório cognitivo (SOLINO; SASSERON, 2013; ZABALA, 1998).

O uso de sequências didáticas tem sido muito recorrente atualmente. Seu uso mostra o quanto é possível contemplar muitas estratégias e atividades de ensino quando elaborado o planejamento de cada uma das etapas da SDI. Tratando-se das Ciências da Natureza, devemos lembrar que ao ensinar qualquer que seja a disciplina – Química, Física ou Biologia – percebemos que não existe apenas a linguagem específica de cada área. Nesse sentido, se faz necessária a busca pela melhor forma de transmissão do conhecimento, considerando que tão importante quanto o que se ensina é também a maneira como se ensina.

Por conseguinte, buscou-se articular a abordagem didática em questão com os aspectos da alfabetização científica como um processo de aprendizagem, pois foi analisado o andamento das estratégias de ensino na SDI, onde a alfabetização científica foi sendo discutida de acordo com o suporte teórico apresentado a seguir. Além disso, será dada a fundamentação teórica à temática usada e todos os tópicos pertinentes ao conhecimento da Química neste trabalho.

1.2 ASPECTOS DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS E O TEMA TATUAGENS

1.2.1. Discussões acerca do termo “alfabetização científica”

Conceituar e discutir sobre o termo “alfabetização científica” não é algo trivial, pois no campo do ensino das ciências, muitos caminhos foram trilhados para que se chegasse às definições e contribuições que serão apresentadas.

De antemão, quando se analisa o dicionário da língua portuguesa, o termo “*alfabetização*” significa a ação de alfabetizar; difusão no ensino primário, restrita ao aprendizado da leitura e escrita rudimentar. Já o termo “*científico/científica*” significa aquilo que é relativo à ciência: interesse científico; em que se mostra ciência, que a revela, que não é ideológico, nem se baseia no senso comum: pensamento, pesquisa científico. A priori imagina-se que a alfabetização científica estaria relacionada à leitura e escrita rudimentar do interesse científico, mas na didática das ciências, muitos critérios para fundir o termo precisam ser considerados. Segundo Sasseron e Carvalho (2008) e Teixeira (2013), existem inúmeras opiniões de vários autores para tentar defini-la pontualmente.

Os autores da língua espanhola e da língua inglesa apresentam divergências na nomenclatura. Membiela (2007) e Cajas (2001), autores espanhóis, comentam sobre a expressão “*Alfabetización Científica*”, que, naturalmente, discutem sobre o objetivo de promover capacidades e competências aos estudantes. Norris e Phillips (2003) e Hurd (1998) utilizam o termo “*Scientific Literacy*”, que ao traduzir torna-se Letramento Científico, e mesmo que semanticamente “alfabetização” e “letramento” sejam palavras diferentes, os trabalhos relatam os mesmos objetivos, nos passando uma ideia de sinonímia dos termos.

Tendo em vista essas diferenças no termo, nacionalmente, talvez pelo processo de tradução, o termo *Letramento Científico* é usado por Santos e Mortimer (2001), já o termo

Alfabetização Científica é usado por Auler e Delizoicov (2001) e Chassot (2000) e é encontrado ainda o termo *Enculturação Científica*, utilizados, por exemplo, por Carvalho e Tinoco (2006).

O **quadro 07** mostra algumas questões teóricas que justificam o uso dos termos segundo alguns autores.

Quadro 07. Características das variantes do termo “Alfabetização Científica”.

Enculturação Científica	Letramento Científico	Alfabetização Científica
O ensino de Ciências promove devidas condições para que, somando às culturas religiosa, social e histórica, possam também integrar-se a cultura em que as noções, ideias e conceitos científicos façam parte do seu corpus.	Consiste no produto da ação de ensino ou aprender a ler e escrever, sendo o estado ou condição que adquire um indivíduo ou grupo social, como a consequência de se ter atribuído a propriedade da escrita.	Vai além do domínio psicológico e mecânico de técnicas de ler e escrever. Está relacionada a autoafirmação, diretamente ligada no produto da postura do homem dentro do seu contexto.
Processo em que se espera promover condições para que os alunos fossem inseridos em mais de uma cultura.	Tendo em vista a complexidade, pode-se afirmar que é um conjunto de práticas sociais, que utilizam a escrita, naturalmente, como um sistema simbólico e também tecnológico, no contexto adequado para objetivos específicos.	Desenvolve no indivíduo a capacidade de organizar seu pensamento de maneira linear e lógica, auxiliando na construção de uma consciência que promova a criticidade em relação ao mundo onde se está inserido.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022). Baseado em CARVALHO; TINOCO, 2006; MORTIMER;

MACHADO, 2006, KLEIMAN, 1995; SASSERON, 2008.

Como os objetivos acerca da promoção do conhecimento científico, bem como as capacidades durante do ensino das ciências, são os mesmos, será usado o termo “Alfabetização Científica” pelos mesmos motivos apresentados por Sasseron e Carvalho (2011), pois:

[...] para designar ideias que temos em mente e que objetivamos ao planejar um ensino que permita aos alunos interagir com uma nova cultura, com um nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-los e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cerceada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico (p. 61, 2011).

Ramos, Neves e Fontes (2020) discutem acerca das visões deformadas no ensino de Ciências por parte de alguns professores sobre a alfabetização científica e mostram que desde 1950 foram levantadas discussões sobre o processo de letramento científico para que os estudantes pudessem, assumindo o papel de cidadãos, se posicionar frente a temas que tivessem embasamento científico. De fato, a alfabetização científica deve estabelecer um cenário que favoreça o posicionamento dos estudantes para as questões científicas, porém

ainda existe um desdobramento no interesse pela apropriação do conhecimento, isso faz que o processo de ensino-aprendizagem seja unilateral e mecânico (RAMOS; NEVES; FONTES, 2020).

Para Shen (1975), a alfabetização científica abrange uma gama de contextos em sua promoção, e isso tem a ver com a popularização do conhecimento, sendo algo mais próximo da vida cotidiana de quem está aprendendo sobre ciência. Entende-se que o estudante alfabetizado cientificamente gera, conseqüentemente, uma sociedade alfabetizada cientificamente e a esse aspecto Miller (1983) discute sobre a dualidade do termo “alfabetização”, pois uma vertente faz menção a sua relação com a cultura ou erudição, tornando o indivíduo alfabetizado um alguém culto e erudito; por outra vertente, o termo “alfabetização” se restringe à capacidade de ler e escrever.

Na visão de Freire (2005), a alfabetização científica se configura como um processo, onde, para ele, a leitura de mundo precede a leitura da palavra. Na publicação sobre “*A Importância do Ato de Ler*”, Freire (2005, p. 13) deixa claro que “a leitura da palavra não é apenas precedida pela leitura do mundo, mas por uma certa forma de ‘escrevê-lo’ ou de ‘reescreve-lo’, quer dizer, de transformá-lo através de nossa prática consciente”, o autor faz menção aos critérios que levariam a alfabetização científica. Motta-Roth (2011) até menciona que a educação científica está intrínseca ao letramento científico e considera que a compreensão de conceitos é realizada pela linguagem e que a palavra materializa o pensamento. Nesse viés, a alfabetização científica estaria ligada exclusivamente à linguagem.

De fato, seria possível compreender que a alfabetização, permeando os indivíduos, gera uma sociedade com habilidades de desempenhar funções relacionadas à ciência e com preparo para adquirir uma visão integrada acerca do processo científico (CAZELLI, 1992; RAMOS; NEVES; FONTES, 2020), mas será que envolve apenas isso? Certamente uma série de critérios pode determinar, de fato, o que gera e quem são os sujeitos alfabetizados cientificamente.

1.2.2. Aspectos históricos e características conceituais

Em 1958, Paul Hurd publicou o livro “*Science Literacy: Its Meaning for American Schools*”, onde utiliza o termo *Scientific Literacy* pela primeira vez. Em sua escrita, Hund afirma que a alfabetização científica envolve a produção e utilização da ciência na vida do homem, provocando mudanças revolucionárias dentro da ciência e com alcances

democráticos e nas necessidades de adaptação do homem (HUND, 1998 apud SASSERON; CARVALHO, 2011).

Dois filósofos citados por Hund foram Francis Bacon e Herbert Spencer. O primeiro já mostrava no século XVII que o preparo intelectual acontecia por meio de conhecimentos sobre a ciência, já o segundo supracitado traz atribuições especificamente referente ao ensino das ciências, pois as escolas deveriam ensinar aquilo que faz parte da vida cotidiana dos estudantes. Assim, como a sociedade depende do conhecimento científico, é preciso que essa mesma sociedade saiba muito bem sobre as nuances da ciência e seus possíveis empreendimentos (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Já no século XX, em 1966, é possível analisar uma breve articulação entre a Alfabetização Científica e a ciência, tecnologia e sociedade mesmo que, nessa época, as abordagens de ensino ainda não tenham sido perfeitamente ajustadas como encontramos atualmente. O **quadro 08** mostra algumas características referentes ao que se espera da alfabetização científica, citados por Laugksch (2000), em um trabalho publicado a fim de entender a versatilidade e interpretações do termo alfabetização científica e o que seria um alfabetizado cientificamente.

Quadro 08. Perfis atribuídos ao sujeito alfabetizado cientificamente.

Autores	Atribuições ou perfil de um sujeito alfabetizado cientificamente
Pella e colaboradores (1966) APUD Sasseron (2008).	<i>Conhecimento das relações entre ciência e tecnologia; Saber sobre a ética que permeia a vida do cientista; Conhecer a natureza da ciência; Saber diferenciar ciência da tecnologia; Conhecer os conhecimentos elementares/básicos da ciência; Perceber as relações entre as ciências e os parâmetros da humanidade.</i>
Hazen e Trefil (1971) APUD Sasseron (2008).	<i>Não é necessário que o indivíduo saiba realizar uma pesquisa científica, mas deve saber os conhecimentos adquiridos dos resultados dos cientistas, encontrando, assim, um sentido real para a vida e sociedade; Não é aquele que toma conhecimento apenas dos fatos, conceitos e teorias, mas também compreende os processos históricos e filosóficos das ciências.</i>

Fonte: SASSERON, 2008; CARVALHO; SASSERON, 2011.

Se levadas em consideração as proposições de Hazen e Trefil (1971) que são citadas por Sasseron (2008), pode-se perceber que existe uma forte relação com a Enculturação Científica, pois requisita ao indivíduo alfabetizado cientificamente que seja necessário conhecer e compreender culturas que não seja a sua primordial e como essa nova linguagem ajuda a compreender os fatos científicos.

É importante pensar na confluência existente entre a ciência e a cultura, Krasilchik e Marandino (2004) ressaltam a importância de todos os fatores que compõe uma sociedade e

como a interação entre a família e escola contribui para o processo da alfabetização científica. A sociedade lida com problemas reais desde as primeiras civilizações e a maneira como a ciência avançou refletiu na evolução da própria ciência e nos instrumentos tecnológicos a fim de reparar prejuízos e promover novos avanços. O estudante, quando passa a ter noção de todos esses aspectos, começa a usufruir e compreender a sua sociedade, bem como tudo que está em sua volta. As autoras Krasilchik e Marandino (2004) ainda ressaltam o enfoque interdisciplinar que é possível pensar desenvolver quando relacionamos ciência e sociedade, e como os campos de conhecimentos podem gerar parcerias entre as escolas, as famílias e a comunidade.

Tratando-se, especificamente, de ciência como elemento curricular, as autoras mencionadas apontam para construções metodológicas que desenvolvam às práticas para soluções de problemas com o intuito de tornar o estudante um cidadão ativo da sociedade em que está inserido (KRASILCHIK; MARANDINO, 2004). Dessa forma, entende-se que todas as atividades investigativas mencionadas no ensino por investigação, podem promover a alfabetização científica do sujeito. O desenvolvimento de estratégia de ensino que forneça elementos do currículo das ciências promovendo diferentes habilidades torna mais produtivo o conhecimento, além de torná-lo mais engajador.

Os autores Miller (1983) e Shamos (1995) são citados por Laugksch (2000) e sugerem que, por causa da complexidade conceitual, a alfabetização científica pudesse ser melhor analisada por três subcategorias, eixos ou dimensões:

1. *o entendimento da natureza da ciência* - Refere-se à possibilidade de se trabalhar a construção de conhecimentos científicos necessários com a possibilidade de aplicação em situações diversas e de modo apropriado no dia a dia (Eixo 1);
2. *a compressão dos termos e conceitos-chave das ciências* - Refere-se as investigações científicas que são realizadas e na maneira como a ciência se articula para subsidiar problemas do dia a dia. Assim, o conjunto de informações da própria ciência exigem certa reflexão e análises antes de toda tomada de qualquer decisão de cunho científico (Eixo 2);
3. *o entendimento dos impactos das ciências e suas tecnologias* - Está relacionado com as consequências do uso da ciência e da compreensão de seus termos. A maneira como a sociedade e o meio ambiente são impactos pela dinâmica das ferramentas tecnológicas com subsídio da ciência (Eixo 3)

(SASSERON; CARVALHO, 2011; LAUGKSCH, 2000).

É possível, ainda, que o viés da alfabetização científica se estenda a três subcategorias: cultural, funcional e verdadeira (SASSERON, 2008; CARVALHO; SASSERON, 2011). A atividade científica cultural refere-se às peculiaridades que relacionam as construções do processo de alfabetização com a sociedade; já a subcategoria funcional, acontece quando a pessoa utiliza dos conhecimentos da ciência para se expressar, se comunicar, fazer leitura do mundo e prever novos significados; a extensão verdadeira ocorre quando o indivíduo procura compreender a investigação científica, adquirindo apreço pela natureza da ciência e seus processos (MILLER, 1983; SHAMOS, 1995 apud SASSERON, 2008).

As autoras – Sasseron e Carvalho (2011) – assumem, ainda, que para que os indivíduos se mostrem alfabetizados científica e tecnologicamente, eles devem apresentar os indicadores descritos no **quadro 09**.

Quadro 09. Indicadores que apontam um alfabetizado cientificamente.

Descrição dos Indicadores
1. <i>Utilização de conceitos científicos para integrar valores e saber tomar decisões responsáveis no dia a dia;</i>
2. <i>Compreensão de que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias, bem como as ciências e as tecnologias refletem a sociedade;</i>
3. <i>Compreensão de que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias por meio do viés das subvenções que a elas concede;</i>
4. <i>Reconhecimento dos limites da utilidade das ciências e das tecnologias para o progresso do bem-estar humano;</i>
5. <i>Conhecimento dos principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e capacidade de aplicá-los;</i>
6. <i>Apreciação das ciências e das tecnologias pela estimulação intelectual que elas suscitam</i>
7. <i>Compreensão que a produção dos saberes científicos depende, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos;</i>
8. <i>Realização da distinção entre os resultados científicos e a opinião pessoal;</i>
9. <i>Reconhecimento da origem da ciência e compreender que o saber científico é provisório, e sujeito a mudanças a depender do acúmulo de resultados;</i>
10. <i>Compreensão das aplicações das tecnologias e as decisões implicadas nestas utilizações;</i>
11. <i>Dispor de saber e experiência para apreciar o valor da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico;</i>
12. <i>Extração da formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante</i>
13. <i>Conhecimento das fontes válidas de informação científica e tecnológica e recorrência a elas quando diante de situações de tomada de decisões;</i>
14. <i>Compreensão da maneira como as ciências e as tecnologias foram produzidas ao longo da história.</i>

Fonte: Elaborado pelos autores (2020). Baseado em Sasseron e Carvalho (2011).

É possível levar em consideração alguns indicadores que sustentam a necessidade de separar os eixos estruturantes para justificar algumas competências das ciências e saber

científico, como a Sieriação, Organização e Classificação de Informações; Raciocínio Lógico e Proporcional; Levantamento e Teste de Hipóteses; Previsão e Explicação (SASSERON; CARVALHO, 2008). Esses fatores mostram que quando usado um problema a ser investigado dentro do campo das ciências, as competências podem ser alcançadas levando a construção mental na organização de ideias, levando o entendimento sobre o que está sendo estudado.

Outros autores, como Auler e Delizoicov (2001), dão ênfase no ambiente escolar para promoção da alfabetização científica. Eles mostram que a compreensão das relações existentes entre a ciência, tecnologia e sociedade podem efetivar o processo dessa alfabetização, quando combinados com o uso de atividades problematizadoras. Mais uma vez, nota-se a importância de problematizar o ensino e, para tanto, entende-se que a utilização de recursos tecnológicos e temáticas usuais e locais possibilitam a construção do conhecimento e do processo de alfabetização científica.

Diante disso, o que nos importa discernir é: ***quem são e/ou quais habilidades possuem os alfabetizados cientificamente e quais articulações permeiam pelo ensino das ciências?***

As habilidades de leitura e escrita podem ser habilidades que condicionam a formação do alfabetizado, mas não configura como uma questão integral. Norris e Phillips (2003) enfatizam que mesmo que a leitura e escrita – juntas – estejam ligadas ao fazer científico, é necessário levar em consideração a observação e a experimentação, pois com esses fatores se aprende ciência e melhor se tornaria o ensino dela (NORRIS; PHILLIPS, 2003). É de interesse dar ênfase às considerações desses autores, pois eles também fazem menção aos textos científicos e como esses sustentam a propagação e as informações científicas.

Diante disso, as atividades investigativas que não utilizam experimentação, por exemplo, ainda se constituem como atividades investigativas, desde que haja uma problematização e uma ação investigativa por parte do estudante. Para Norris e Phillips (2003), a ciência depende dos textos, pois para ser compreendida é necessário que seja interpretada. Isso leva as atribuições de um indivíduo alfabetizado conforme o viés científico, um alguém que entende a dinâmica da ciência e interage com ela.

Tratando a ciência de forma anacrônica, pode-se pensar que muitas mudanças aconteceram durante toda a sociedade e nessas mudanças houve a necessidade de estudar ciência e tecnologia de modo a compreender e retificar as lacunas feitas pela sociedade. Assim, Hurd (1998) aponta que o alfabetizado cientificamente deve ter a habilidade de

reconhecer as mudanças presentes no mundo e como essas mudanças impactam na vida pessoal, econômico e social. Em sua publicação no *Scientific Literacy: New minds for a changing world*, Hurd faz uma longa descrição do que seria um alfabetizado cientificamente. De suas contribuições, destacamos algumas no **quadro 10**.

Quadro 10. Algumas descrições do alfabetizado cientificamente, segundo Hurd.

Descrições de um alfabetizado cientificamente
<i>Reconhece que quase todo fato da vida de alguém tem sido influenciado, de alguma maneira, pelas ciências e tecnologias.</i>
<i>Usa o conhecimento científico em circunstâncias apropriadas tomando decisões para sua vida e da sociedade, fazendo julgamentos, resolvendo problemas e agindo.</i>
<i>Reconhece os pesquisadores das ciências como produtores de conhecimento e os cidadãos como usuários do conhecimento científico.</i>
<i>Reconhece lacunas, riscos, limites e probabilidades na tomada de decisões envolvendo um conhecimento da ciência ou tecnologia.</i>
<i>Sabe que os problemas científicos em contextos pessoal e social podem ter mais que uma resposta “certa”, especialmente problemas que envolvem ações éticas, judiciais e políticas.</i>
<i>Reconhece que a economia global é amplamente influenciada pelos avanços nas ciências e tecnologias.</i>
<i>Reconhece quando fins culturais, éticos e morais estão envolvidos na resolução de problemas que unem ciência e sociedade.</i>
<i>Reconhece que a Alfabetização Científica é um processo de adquirir, analisar, sintetizar, codificar, avaliar e utilizar progressos em ciência e tecnologia nos contextos social e humano.</i>

Fonte: Elaborado pelos autores (2020). Baseado em Hurd (1998).

É interessante notar que em todos os casos, o estudante pode tornar-se alfabetizado cientificamente dependendo do caminho usado pelo professor que elabora tais atividades. A possibilidade de reconhecer lacunas, identificar fenômenos da natureza, criar hipóteses e resolver problemas cotidianos podem ser desenvolvidos de maneira indireta enquanto se ensina o que propõe o currículo das ciências.

Por exemplo, não existe um conteúdo específico – não de forma direta – que mostre a importância de se alimentar bem, mas, de acordo com a abordagem e a transdisciplinaridade, pode-se trabalhar em sala de aula os elementos químicos, as macromoléculas e como essas se comportam no processo fisiológico do nosso corpo. Assim, o professor estaria contemplando a educação alimentar e reeducando maus hábitos dos estudantes. O mesmo ocorre quando um professor de Matemática ensina porcentagem aos estudantes, dependendo das situações-problemas que forem mostradas, é possível fornecer uma lógica proposicional e reeducação financeira a um estudante que esteja passando pela educação básica. Dessa forma, é possível ajudá-lo a ser um alguém empreendedor e com bons hábitos financeiros.

Tendo em vista as formas de compreender um alfabetizado cientificamente, Lemke (2006) explora uma maneira de identificar como é possível exercer a educação científica nos diferentes níveis de ensino de forma mais prazerosa, adequando-os aos objetivos diferentes

para cada idade. Para o ensino médio, as atividades devem proporcionar um caminho potencial para as carreiras científicas e tecnológicas, propagando a visão científica do mundo, que é de interesse de qualquer cidadão para ajudar a desenvolver habilidades de raciocínio lógico e o uso de múltiplas representações (LENKE, 2006).

As múltiplas representações de Lemke (2006) mostram que o ensino de Ciências para a formação de sujeito alfabetizado não está ligeiramente ligado, apenas, à formação de cientistas num futuro próximo, mas que ajudem os estudantes a tomar decisões pessoais e políticas dentro de situações do uso da tecnologia. O autor ainda ressalta que quando tais habilidades não ficam claras e não são desenvolvidas no sujeito, formam-se adultos não escolarizados e, portanto, não alfabetizados cientificamente.

Outro ponto importante a ser discutido é como a cultura científica se instala em sala de aula. É necessário entender como a ciência se constrói para debruçarmos sobre os fenômenos da natureza que compõem o mundo. Isso mostra como interagir e desenvolver vivência com outros sujeitos e como essa vivência impacta na sociedade, gerando uma cultura própria (CHASSOT, 2011). Para tanto, o ensino de Ciências pode ser interpretado dentro de um contexto sociocultural como um conjunto de habilidades que ajudam no empreendimento e desenvolvimento científico, por isso os professores devem desenvolver metodologias para além dos conteúdos científicos (LAUGKSCK, 2000; LÉBLOND, 2006).

1.2.3. A BNCC, o EPI e a Alfabetização Científica

Como já foi mencionada, a BNCC está organizada em competências, habilidades e desenvolvimentos essenciais para uma educação de perfil integral, que tenta desenvolver uma sociedade com interesses de justiça, democracia e inclusão. Segundo os critérios dos Direitos de Aprendizagem e das Competências Gerais, achou-se o termo Letramento Científico sendo evidenciado da seguinte forma:

*Para debater e tomar posição sobre alimentos, medicamentos, combustíveis, transportes, comunicações, contracepção, saneamento e manutenção da vida na Terra, entre muitos outros temas, são imprescindíveis tanto conhecimentos éticos, políticos e culturais quanto científicos. Isso por si só já justifica, na educação formal, a presença da área de Ciências da Natureza, e de seu compromisso com a formação integral dos alunos. Portanto, ao longo do Ensino Fundamental, a área de Ciências da Natureza tem um compromisso com o desenvolvimento do **letramento científico**, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais da ciência. Em outras palavras, apreender ciência não é a finalidade última do letramento, mas, sim, o desenvolvimento da capacidade*

de atuação no e sobre o mundo, importante ao exercício pleno da cidadania (BRASIL, 2017, p. 273).

Tomando como base o próprio documento que é expresso em dez competências gerais, que explicita o compromisso da educação com o letramento científico, o documento mostra que esse letramento contribui para o exercício pleno da cidadania e auxilia a compreensão e interpretação do mundo no âmbito natural, social, tecnológico, que é transformado sob o aporte da ciência (BRASIL, 2017).

Para área de Ciências da Natureza e articulada a diversos campos do saber, o documento ressalta características que já foram mencionadas no decorrer dessa dissertação, como a preocupação em assegurar aos alunos o acesso à amplitude de conhecimentos científicos e seus processos durante a história, bem como procedimentos da investigação científica.

Apesar da menção do letramento científico no documento, não fica clara como promover a alfabetização ou letramento nas competências e habilidades propostas pelo documento. Certamente, a falta de clareza tenha levado Branco e colaboradores (2018) a questionarem a veracidade da BNCC quanto à menção no texto. Para os autores, o documento não possibilita condições necessárias para que se efetivem as características do letramento científico, mesmo que essa o mencione e até conceitue. Os autores informam, ainda, que para considerar a concretização do letramento científico é necessário uma série de fatores como: “formação docente adequada, melhoria das condições de trabalho dos profissionais da educação, manutenção e aumento nos recursos financeiros, estruturais e humanos na educação pública” (BRANCO, et al., 2018, p. 10).

Levando em consideração as análises de toda a estrutura da BNCC, fica evidenciado que o objetivo geral do documento é acatar a polaridade e tornar a educação mais universal, considerando os diferentes contextos de cada parte no nosso país e suas especificidades (COSSETIN, 2017; MARCONDES, 2018).

A base destaca a importância de conhecimentos de cunho científico e tecnológico, mostrando que existe um objetivo de promover a alfabetização científica. É claro que o documento passou por uma série de transformações, tendo como versão final a apresentação de conceitos da ciência e tecnologia por uma forma dual, como analisou Branco e colaboradores (2020). De certa forma, o que pretende a BNCC é dedicar os conteúdos e as discussões sobre as influências positivas e/ou negativas que impactam o meio ambiente, a

sociedade, a qualidade de vida, o desenvolvimento tecnológico e científico e a organização social (BRASIL, 2017; BRANCO, et al, 2020).

Os autores supracitados ainda trazem informações para que possamos compreender a ação do aluno, segundo os critérios da BNCC. O currículo de Ciências da natureza assegura o conhecimento científico considerando os processos, práticas e procedimentos da investigação científica e, para isso, conclui que o maior desafio é estimular a curiosidade dos alunos, submetendo-os aos seguintes passos:

1. *Definição de problemas;*
2. *Levantamento, análise e representação;*
3. *Comunicação;*
4. *Intervenção;*

Para isso, é necessário que o estudante compreenda sua relação com o mundo, desenvolvendo a habilidade de ler e formular hipóteses, poder testá-las, refutá-las, até que haja uma conclusão. Isso gera um processo de letramento científico que justifica a necessidade de compreender os conceitos e saberes científicos (BRASIL, 2017; BRANCO, et al, 2020).

As habilidades mencionadas anteriormente confluem com muitas características e objetivos do Ensino por Investigação como afirma CARAVALHO (2011), AZEVEDO (2004) e GIL-PÉREZ (1998). Para a BNCC, pode-se pensar que existirá êxito no processo de letramento científico quando o estudante tiver a capacidade de observar, investigar, criar, elaborar, compreender a natureza, os recursos tecnológicos, as linguagens e as práticas específicas do currículo. Além disso,

É evidenciado um ensino que possibilite que os discentes compreendam, expliquem, escolham, tomem decisões e intervenham com base em princípios de sustentabilidade. O conhecimento da natureza, o uso racional e consciente dos recursos, hábitos adequados para os indivíduos e para o meio ambiente, a saúde, a preservação, a sustentabilidade socioambiental e a tecnologia aparecem em diferentes aspectos nas unidades. A relação Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) é citada em reconhecimento à função da tecnologia na sociedade (BRANCO, et al, 2020; BRASIL, 2017).

Proporcionar a alfabetização ou letramento científico não é tarefa fácil, mas é possível que, diante das metodologias que podem ser desenvolvidas pelo professor, o caminho

percorrido durante a aprendizagem confira ao estudante uma série de habilidades, tornando-o um cidadão dentro do contexto no qual está inserido.

Sendo assim, *como enxergar uma possível relação com o Ensino por Investigação?*

Sasseron e Carvalho (2008) – já citadas anteriormente – enfatizam que o espírito de questionar e investigar os conteúdos por parte dos estudantes possibilita a construção de conhecimentos científicos. Quando se faz uso de atividades diversificadas, com estratégias de ensino voltadas ao desenvolvimento ativo do estudante é possível promover a alfabetização científica. Assim, a cultura científica vai sendo instalada e fornece subsídios para questões atreladas à ciência, sociedade, tecnologia e meio ambiente (SASSERON; CARVALHO, 2008; GIL-PÉREZ, et al, 2005). Como o Ensino por Investigação se configura como uma abordagem didática, entende-se que ela pode propiciar relações de causa e efeito, favorecendo o trabalho colaborativo, podendo, inclusive, tratar de outros meios de verificação da aprendizagem, como a argumentação (CARVALHO, 2008; 2011).

A aprendizagem dos estudantes pode ser alcançada durante o processo investigativo quando o professor cria um ambiente investigativo com todos os recursos e atividades adequados e ajustados para tal finalidade. Esse processo não só amplia a cultura científica, mas pode promover a alfabetização científica (SASSERON; CARVALHO, 2008). Pode-se então inferir que a compreensão do mundo natural está ligada às práticas investigativas, uma vez que a cultura científica faz parte dos assuntos de Ciências, e os tais assuntos se refletem nos aspectos socioculturais em que o estudante está inserido.

Cachapuz (2005) explana a importância que um processo investigativo traz, pois oportuniza a amplitude metodológica que o professor pode exercer, fazendo rever sobre sua prática docente e podendo avaliar acertos e possíveis erros. Dessa forma, pode-se compreender a importância do ambiente usado para o processo de ensino-aprendizagem, como Carvalho (2013) mesmo informa, “uma atividade investigativa não pode ser reduzida a uma mera observação ou manipulação de dados – ela deve levar o sujeito a refletir, a discutir, a explicar e relatar seu trabalho aos colegas”. Assim, mesmo que o estudante assuma uma responsabilidade em suas buscas na construção dos saberes, o professor precisa criar situações que induza o processo investigativo, desde a elaboração da situação-problema até os questionamentos e conclusão do problema aos colegas.

Mais uma vez, percebe-se a preocupação dos autores – de uma maneira geral – em esclarecer que o Ensino por Investigação não tem o objetivo de formar pequenos cientistas, mas que fornece ao sujeito a apropriação do conhecimento científico para que seja usado de

diversas maneiras usando habilidades cognitivas. Esse esquema promove, dessa mesma forma, a alfabetização científica (SASSERON; CARVALHO, 2008; CAMPOS; NIGRO, 1999).

Por fim, destaca-se o que menciona Gil-Pérez e colaboradores (2005), no que se refere à importância da dialogicidade. Para os autores, uma problematização leva o estudante a pensar, discutir, ler, refletir e, com todas essas ações, acredita-se que a tomada de decisões diante dessa sistemática levam os sujeitos a raciocinarem de forma consciente e responsável. Todos esses critérios abraçam as características do Ensino por Investigação e corroboram para tornar o estudante um ser alfabetizado cientificamente.

1.2.4. As tatuagens na perspectiva da Química: descrevendo a temática

1.2.4.1. Conceituação e historicidade

É muito comum, atualmente, encontrar uma quantidade significativa de pessoas com pelo menos uma tatuagem, isso não depende da etnia, classe social e gênero, pois a prática de tatuar tem chamado a atenção de todas as pessoas da sociedade. As imagens são variadas e podem compreender frases curtas ou longas de citações; desenhos sobre séries, filmes ou jogos, reverenciando um personagem; notas musicais; paisagens; símbolos culturais; uma infinidade de possibilidades. O aperfeiçoamento das mensagens pode ser acentuado pelos traços e cores, alguns desenhos são mais místicos, outros são mais claros, mas a verdade é que informam sobre um gosto intrínseco, transmitindo uma mensagem significativa na óptica da pessoa tatuada.

Um fator importante que impulsionou o uso das práticas de pigmentação se deu pelos avanços da indústria da química e como os constituintes químicos são desenvolvidos (GIARETTA, 2015). De maneira geral, as tintas de tatuagem são formadas basicamente por resinas, aditivos, solventes e pigmentos. Esses pigmentos são partículas sólidas em formato de pó, que contém em sua estrutura compostos de origem orgânica ou inorgânica de diferentes cores, sendo responsáveis pela proteção e durabilidade da pintura (MORETTI, 2012).

Mesmo com forte ascendência no presente século, as tatuagens existem desde antes de Cristo. Existem registros históricos que mostram que um homem chamado *Ötzi* viveu na Europa e tinha mais de 50 marcas de tatuagem em sua pele. Algumas discussões são levantadas, mas acredita-se que essas práticas, desde a antiguidade, têm forte relação com

cultos ligados à fertilidade (ARAÚJO, 2005). O costume tem forte significado social e assim permaneceu por muito tempo. Os antigos romanos acreditavam que o corpo humano era dotado de beleza, não havendo a necessidade de modificação. Isso era interpretado como uma violação e por se tornar prática de criminosos, as pessoas que a faziam eram rotuladas por práticas banais (GIARETTA, 2015).

Atualmente o cenário é diferente, pois na última década houve um aumento estimado de 36% no uso de tatuagem em pessoas com menos de 40 anos (LAUX et al, 2015). No Brasil, especificamente nas regiões sul e sudeste, 80 mil pessoas foram entrevistadas e verificou-se que 60% das pessoas que tinham alguma tatuagem eram mulheres; 48% possuíam idades entre 19 e 25 anos; e 61,5% estavam cursando ensino superior ou estavam com titulação concluída (KIST, 2014). Esses dados mostram uma procura maior das mulheres em fazer tatuagens e como essa prática é frequente entre jovens. Outro ponto importante é notar que o alto índice de pessoas com ensino superior desmistifica a relação do uso de tatuagens com a banalização social.

A palavra *tatuagem* tem origem inglesa – *tattoo* – mas tem influência da Polinésia – *tatau* – e significa bater, pois as tatuagens eram feitas com instrumentos de osso ou bambu. No final do século XIX, foi registrada uma patente relacionada a primeira máquina elétrica de tatuagem, chamada de *tatáugrafo* (KATAOCA; FESTA, 2013). A partir dessa época, pode-se considerar avanços tecnológicos para a prática, pois os materiais tradicionais usados inicialmente começaram a ser deixados de lado para dar abertura às novas técnicas que estavam sendo empregadas. É claro que houve muitas modificações da primeira máquina até as atuais e isso tem a ver com a necessidade e aperfeiçoamento da técnica.

Para a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a tatuagem é uma pigmentação artificial e exógena permanente na pele, introduzida na camada dérmica ou subepidérmica da pele, com o intuito de alcançar resultados de embelezamento ou correção estética (BRASIL, 2009). Tal prática deve ser desenvolvida por um profissional seguindo todos os protocolos de biossegurança, pois as tatuagens podem causar reações alérgicas, coceiras, ferimentos e gerar riscos mais graves como lesionar órgãos e aumentar a incidência de câncer. Esse fato ocorre por causa das adulterações das tintas, pois muitas delas não são aprovadas pela ANVISA.

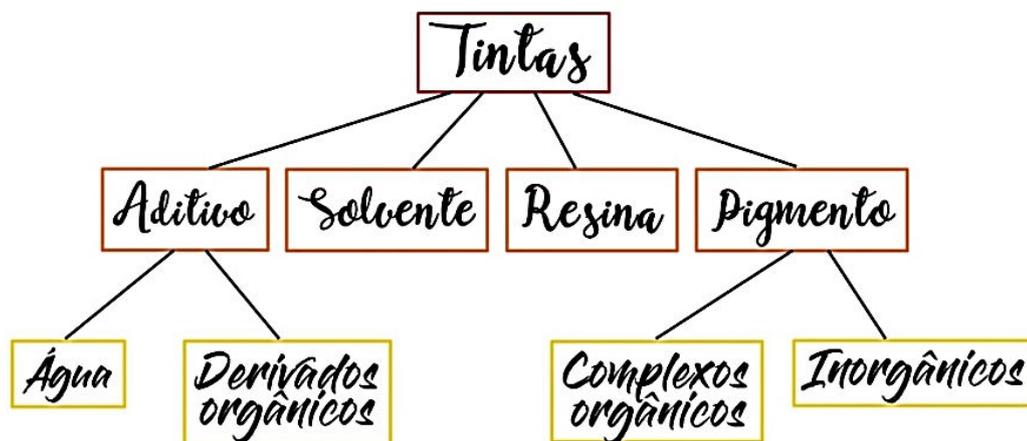
É possível ainda diferenciar a tatuagem da micropigmentação, pois mesmo com convergências técnicas atribuídas, Duarte e Calheiros (2011) apontam que a micropigmentação é feita na parte superficial da pele e esse é o motivo do desboto da

coloração, pois atinge apenas a epiderme. Por outro lado, a tatuagem propriamente dita tem profundidade três milímetros maior, ultrapassando a região epidérmica, atingindo a parte dérmica, dando maior estabilidade às cores e traços (DUARTE; CALHEIROS, 2011; GIARETTA, 2015).

1.2.4.2. Constituintes químicos das tintas de tatuagem

A natureza das tintas usadas para tatuagens varia de acordo com o fabricante, mas, basicamente, envolve solvente, que pode ser água, glicerina e derivados oxigenados; aditivos, como polímeros, surfactantes, HPA (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos) e nanopartículas; resina; e pigmentos, sendo complexos orgânicos ou inorgânicos, conforme a **figura 09** (HOGSBERG et al, 2011; FAZENDA, 1995).

Figura 09. Componentes químicos básicos das tintas de tatuagens.



Fonte: Autores (2020). Baseado em Fazenda (1995) e Hogsberg e colaboradores (2011).

Os pigmentos são desenvolvidos para serem utilizados em indústrias de tintas, vernizes ou plásticos, com matrizes de cores similares para esmaltes, serigrafia e tatuagens. Os elementos químicos presentes nas tintas são misturados de forma toxicologicamente indefinidas e por isso, muitas vezes, apresentam pureza inferior a 80% (ENGEL et al, 2010; BENTLIN; POZEBON; DEPOI, 2009). Mesmo assim, as empresas que fabricam essas tintas devem tomar o devido cuidado para que as pessoas, ao utilizarem essas tintas, estejam sujeitas a baixos índices de toxicidade.

Para Giaretta (2015), tais cuidados devem envolver o uso específico de solventes, o tamanho das partículas dos pigmentos e como estes interagem com a luz. Existe uma preocupação recorrente da ANVISA em fiscalizar o material e sua composição, pois da

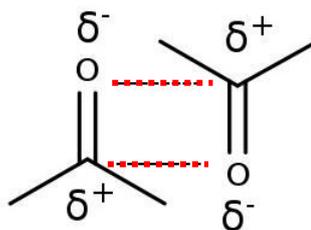
mesma forma que a tinta é solúvel em água, ela também é solúvel em sangue e, em virtude disso, qualquer equívoco na composição química pode alcançar toda parte do corpo. Para garantir a durabilidade, as análises também acontecem para verificar o comportamento desses pigmentos diante da luz, pois podem surgir a facilidade de decompor com o tempo (STUCKEY; EILKS, 2015).

As tintas devem ser comercializadas de forma estéril, pois se tratam de um produto médico implantável, asseguradas pelas RDC 185/2001 e 55/2008, que tratam, respectivamente, do produto médico destinado a ser parcialmente introduzido no corpo humano a longo prazo através de intervenção cirúrgica; e do registro de produtos utilizados no procedimento de pigmentação artificial permanente da pele, sendo pigmentação exógena na camada dérmica dos tecidos epitelial e conjuntivo.

Tratando-se dos componentes básicos, pode-se afirmar que o solvente é um produto com a capacidade de promover a solubilização, ou seja, dissolve outros materiais sem alterar suas propriedades químicas. Para Fazenda (1995), o solvente tem duas funções: solubilizar a tinta e oferecer viscosidade suficiente para garantir sua aplicação. Em termos didáticos, a solubilização pode conferir três estágios, sendo as soluções verdadeiras (tamanho médio das partículas é inferior a 1nm (nanômetro); coloides (tamanho médio das partículas compreendido entre 1 e 10^3 nm); e as suspensões (com tamanhos médios superiores a 10^3 nm).

Os efeitos da solubilidade determinam a natureza das ligações entre as moléculas. Quando as substâncias são iônicas, a força responsável por manter essa ligação é eletrostática, que confere um estado cristalino. Mas, nas moléculas orgânicas, há muitas vezes uma distribuição desuniforme dos elétrons da ligação, como por exemplo, as moléculas que apresentam o grupo carbonila, em função da sua elevada polarização, apresentam interações dipolo-dipolo (SOLOMONS; FRYHLE, 2013). A **figura 10** refere-se às interações entre propanonas, solvente orgânico oxigenado também usado em tintas de tatuagem.

Figura 10. Interação dipolo-dipolo entre duas moléculas de propanona.

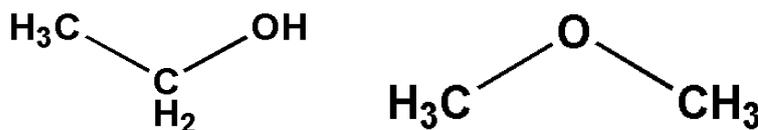


Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Esses autores ainda relatam que quando a força dipolo-dipolo é muito alta, a força intermolecular conferida é a ligação de hidrogênio, fenômeno que ocorre entre o átomo de hidrogênio e outros com alta eletronegatividade, como é o caso do oxigênio (O), nitrogênio (N) e flúor (F). Essa teoria explica o porquê de o ponto de ebulição de muitos compostos orgânicos serem superiores a outros de mesma massa molar, como o álcool etílico e o éter dimetílico, respectivamente, conforme a **figura 11**.

Uma vez que o tamanho da estrutura não pode mais determinar as diferenças dos pontos de fusão e ebulição, a maneira correta de analisarmos é quanto às forças de interação. Como o álcool etílico realiza ligações de hidrogênio e o éter dimetílico faz interações dipolo-dipolo, este último terá, então, menor ponto de ebulição. Se tratando da solubilidade e miscibilidade, os componentes polares dissolvem solventes polares e componentes apolares dissolvem solventes apolares (FELTRE, 2000).

Figura 11. Estruturas moleculares do álcool etílico e éter dimetílico.

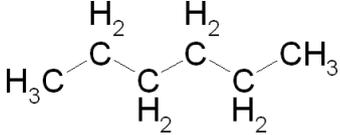
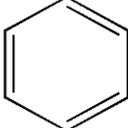
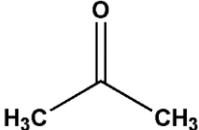
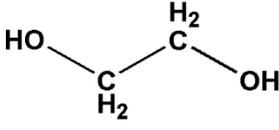
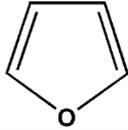
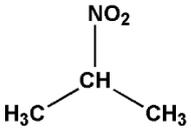
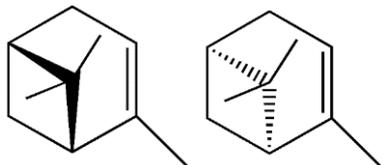


Fonte: Elaborado pelos autores (2000).

Quando os compostos são apolares, existem momentos temporários de dipolos, que são denominadas de forças de van der Waals. Isso se dá porque em certo instante, os elétrons estão ligeiramente acumulados numa parte específica da molécula, gerando um dipolo remoto e passageiro, induzindo dipolos opostos em moléculas vizinhas (SOLOMONS; FRYHLE, 2013).

Os solventes hidrocarbonetos diferenciam-se dos de origem oxigenados por não apresentarem átomos de oxigênio e, por isso, não conferem alto índice de polaridade na aplicação das tatuagens. O **quadro 11** mostra alguns grupos de solventes, bem como características que determinam critérios acerca da solubilidade.

Quadro 11. Alguns dos solventes usados em tintas de tatuagens, bem como características acerca da sua natureza química.

Exemplos de solventes	Estrutura molecular
n-hexano: hidrocarboneto alifático com baixos teores de solubilidades, em virtude da alta massa molecular.	
Benzeno: hidrocarboneto aromático com alto teor de solubilidade.	
Propanona: composto orgânico oxigenado com alto teor de solubilidade.	
Etileno glicol: composto orgânico do grupo dos glicóis com alto poder de solubilidade e afinidade em água em virtude de sua polarização.	
Furano: éster cíclico com alto teor de solubilidade.	
2-nitro-propano: compostos orgânicos alifáticos com agrupamento nitro, que podem ser substituídos, através de mecanismos reacionais, por grupos cíclicos.	
β -pineno e α -pineno, respectivamente, usados em tintas mais artesanais.	

Fonte: Elaborado pelos autores (2022). Baseado em Fazenda (1995).

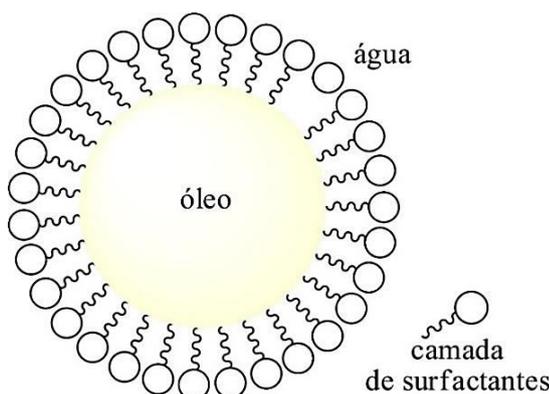
A resina tem a função de promover a resistência e durabilidade das tintas, pois aglomeram as partículas de pigmentos e são produzidas através de reações complexas em indústrias químicas. Possui natureza não volátil e foram desenvolvidas para melhorar o desempenho dos óleos utilizados nas tintas, como resistências a mudanças climáticas e amarelecimento. As resinas utilizadas em tintas são chamadas de alquídicas e são usadas em combinação com os óleos derivados do glicerol, tendo o objetivo de melhorar suas propriedades físico-químicas (FAZENDA, 1995; VANIN, 2005).

Já os aditivos são componentes adicionados à tinta em quantidades muito baixas, inferiores a 0,3%, que tem a função de espessar, dispersar, conservar e estabilizar a tinta de

raios ultravioletas e, quando misturados com metais, evitam a separação dos componentes da mistura (ARL, 2018). Em termos gerais, cuidam para que a estética da tatuagem não seja danificada.

Os aditivos variam de acordo com a função e os aplicados às tintas são de natureza surfactantes, pois influem na tensão superficial de líquidos imiscíveis ou líquidos-sólidos. Sartori, Lopes e Guarantini (2010) ressaltam que o uso do aditivo surfactante (tensoativos) reduz a tensão superficial por causa da formação de uma película adsorvida na interface líquido/líquido. É como ocorre na mistura de água e óleo, pois a solubilidade da água é diminuída com o aumento da cadeia lipofílica proveniente das moléculas de óleo, formando uma micela (FAZENDA, 1995), conforme a **figura 12**.

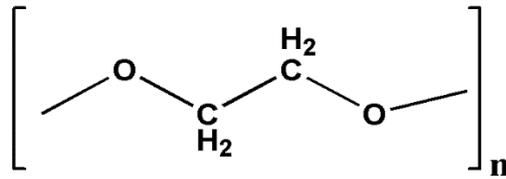
Figura 12. Representação de uma micela globular com camadas surfactantes com parte lipofílica interna e hidrofílica externa.



Fonte: SILVA e colaboradores (2015).

As moléculas surfactantes, por apresentarem característica tensoativa, podem ser classificadas como aniônicas, catiônicas, anfóteras e não-iônicas. Os mais conhecidos são os aniônicos, como por exemplo o sabão usado no dia a dia, que contém uma parte lipofílica e outra hidrofílica. Mas, os surfactantes usados nas tintas são não-iônicos, pelo fato de apresentarem certa afinidade com a pele (FAZENDA, 1995). Em virtude disso, são muito comuns em cosméticos, uma vez que dependem da estrutura química e configuram-se como uma parte polar, geralmente com função álcool e uma parte apolar, como a função ácido graxo, alquilas, éteres, tioéteres, amidas, dentre outros. Em um artigo sobre a química nos cuidados da pele, Sartori, Lopes e Guaratini (2010) até citam os éteres de polietilenoglicóis (PEG), e usando como exemplo, é possível verificarmos sua parte polar, conforme a **figura 13**.

Figura 13. Estrutura química do polietilenoglicol (PEG).



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Os pigmentos podem ser orgânicos, assumindo mais de uma natureza química estrutural. Podem ser azoicos; hidrocarbonetos aromáticos com heteroátomos, podendo ser nitrogênio, oxigênio, cloro e até grupos funcionais, como aminas e hidroxilas; podem ser complexos de centros metálicos com ligantes orgânicos. Com relação às tintas neutras, a preta é resultado da reação de combustão incompleta de hidrocarbonetos com nanopartículas de carbono e a tinta branca é, na maioria das vezes, dióxido de titânio (TiO_2) (HOGSBERG et al, 2011; LAUX et al, 2015).

Os pigmentos inorgânicos são adicionados às tintas como nanopartículas, formados por óxidos metálicos para criarem os efeitos da coloração. Já os pigmentos, quando orgânicos, são combinados com metais para conferir à tinta o brilho e tom das cores (LAUX et al., 2015). De acordo com Fazenda (1995), os complexos de metais de transição são usados para os pigmentos inorgânicos, dentre eles, cádmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), ferro (Fe), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e titânio (Ti). Porém, Forte e colaboradores (2009) mostram que os metais mais utilizados na comercialização de corantes são o titânio (Ti), bário (Ba), alumínio (Al) e cobre (Cu), sendo este último usado em maior quantidade e responsável por 62,5% dos casos alérgicos, em virtude de suas concentrações elevadas.

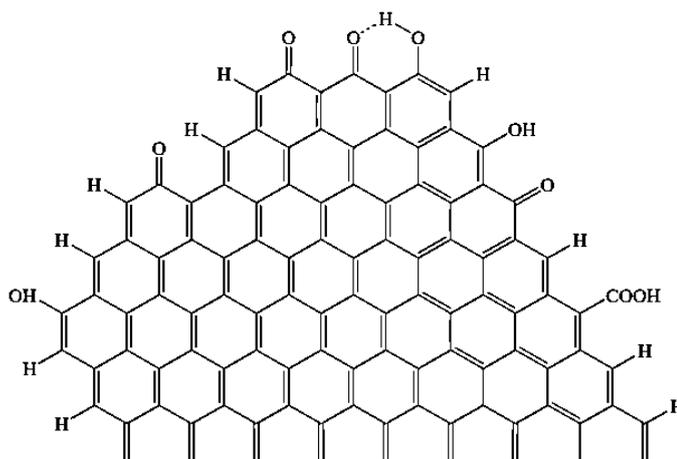
Em termos gerais, os pigmentos orgânicos apresentam cor vibrante e nítida, são sensíveis a luz, não têm resistência a lasers e apresentam baixa estabilidade química e térmica; já os pigmentos inorgânicos apresentam coloração opaca e sem nitidez, apesar da ótima resistência a luz e, conseqüentemente, a lasers, e apresentam alta estabilidade química e térmica (FAZENDA, 1995; GIARETTA, 2015).

Quando os pigmentos são inorgânicos, as cores produzidas são resultado da reflexão da luz na faixa do espectro eletromagnético da região do visível, que compreende de 400 nm a 700 nm de comprimento de onda. De acordo com Shriver e Atkins (2008), a intensidade das cores provenientes de sólidos inorgânicos são oriundas das transições eletrônicas $d - d$, através de transferência de carga, como ocorre com o trióxido de cromo II hidratado

($Cr_2O_3 \cdot nH_2O$) de coloração verde. Pode ocorrer a transição de um elétron do orbital do ânion para o orbital do metal, como ocorre com o cromato de chumbo ($PbCrO_4$), que tem coloração alaranjada. Além dessas transições, ainda existem casos de valência mista, quando a promoção de elétrons nos centros metálicos com cargas diferentes é permitida na região visível do espectro, um exemplo disso é o complexo ferrocianeto férrico ($Fe_4[Fe(CN)_6]_3$).

Os compostos que modificam as características visuais das tintas, resultando numa aparência branca, são o dióxido de titânio (TiO_2), o óxido de zinco (ZnO) e o sulfeto de zinco (ZnS), pois todos esses não possuem absorção no visível. A neutralidade obtida para uma coloração escura é proveniente do processo de combustão parcial de hidrocarbonetos ou da pirólise, que é o aquecimento de hidrocarbonetos na ausência de ar atmosférico, sendo usados, geralmente, gás ou óleo, dando origem ao conhecido por negro-de-fumo, conforme a **figura 14** (SHRIVER; ATKINS, 2008).

Figura 14. Estrutura química do negro-de-fumo.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

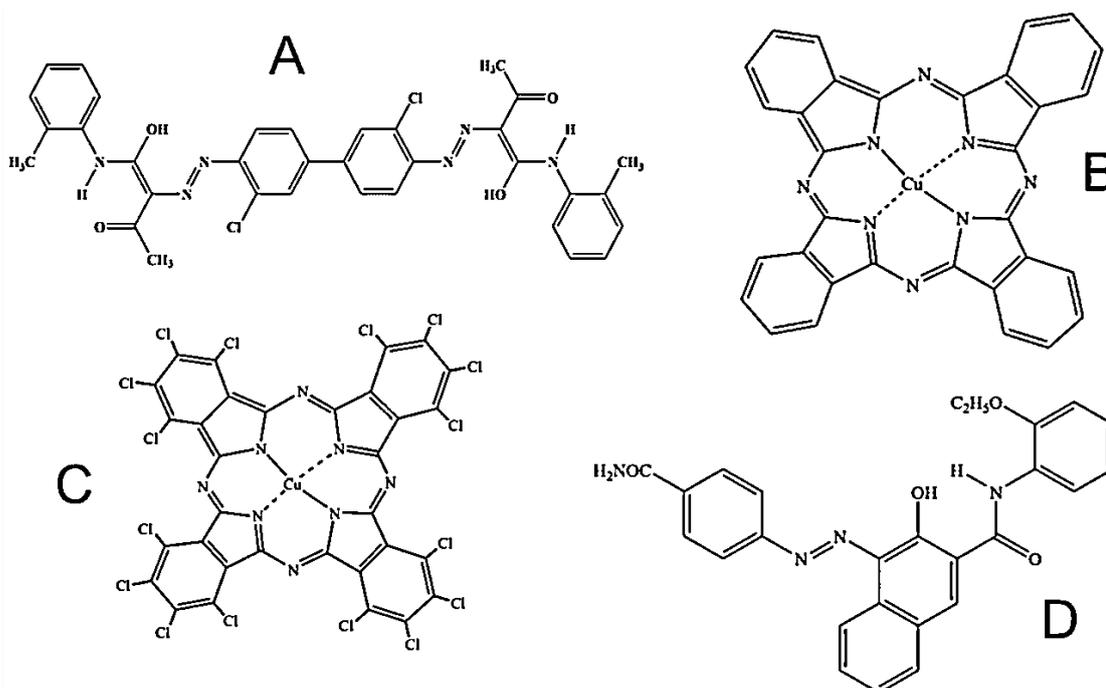
Os pigmentos orgânicos apresentam-se na forma de cristais com formas diversas. Geralmente são insolúveis na mistura para formação da tinta e são anticorrosivos (FAZENDA, 1995). Saron e Felisberti (2006) ressaltam a importância das duplas ligações nas estruturas químicas dos pigmentos orgânicos, pois essas ligações conjugadas possibilitam ressonâncias eletrônicas, ou seja, é possível absorver radiações eletromagnéticas e emitir luz na região visível do espectro. Duas características químicas chamam atenção para os pigmentos orgânicos: eles possuem agrupamentos cromóforos, que são regiões da estrutura em que a ressonância ocorre, gerando uma coloração correspondente; e possuem agrupamento

chamado de auxocromo, que alteram as propriedades específicas da cor, como a intensidade (FAZENDA, 1995).

Os grupos cromóforos mais conhecidos são o azo ($-N = N -$), o azometino ($-CH = N -$), a carbonila ($\text{>C} = \text{O}$), o nitroso ($-N = \text{O}$) e o etenodilideno ($\text{>C} = \text{C}'$). Os grupos auxocromos mais encontrados nas estruturas são hidroxila ($-OH$), as aminas, o nitro ($-NO_2$) e os halogênios bromo e cloro ($-Br$, $-Cl$). Segundo Saron e Felisberti (2006), nos pigmentos orgânicos há uma predominância de grupos policíclicos e azo, pois, além de propiciarem uma coloração intensa e nítida, são mais fáceis de serem implantados na pele, tendo em vista sua insolubilidade com o meio (FAZENDA, 1995; GIARETTA, 2015).

Para exemplificar, será usada a coleção de livros publicada pela *The Society of Dyers and Colourists*, a *Colour Index* (CI), que padroniza todas as cores por uma identificação específica e própria, facilitando a busca pelos consumidores (FAZENDA, 1995). Os pigmentos orgânicos das cores amarelo, azul, verde e vermelho compreendem estrutura química complexa, conforme a **figura 15**. A estrutura A corresponde à cor amarela $C_{36}H_{33}Cl_3N_6O_6$, de código CI 21095; a estrutura B corresponde à cor azul $C_{32}H_{16}CuN_8$, de código CI 74160; a estrutura C está relacionada com a cor verde $C_{32}H_3Cl_{15}CuN_8$, de código CI 74270; e a estrutura D é o pigmento vermelho $C_{26}H_{22}N_4O_4$, de código CI 12475.

Figura 15. Estrutura química dos pigmentos do tipo orgânico.

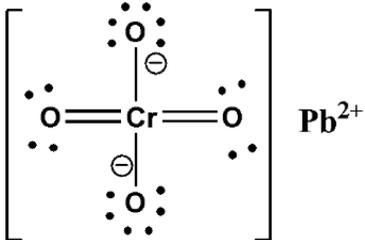
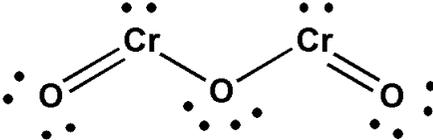


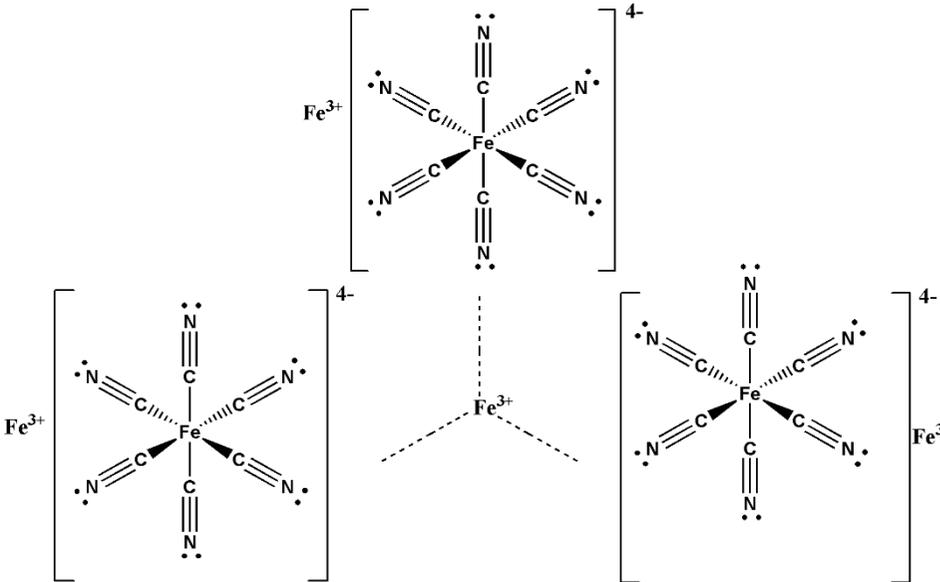
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Ao analisar as estruturas químicas, percebe-se a presença de muitos grupos cromóforos, suficientes para gerar ressonância e produzir a coloração correspondente, exatamente como informa a *Colour Index*. Há uma predominância de regiões com agrupamentos azo e azometino, além de regiões policíclicas, como informa Saron e Felisberti (2006). Outro ponto importante ao analisar essas estruturas, é notar a aproximação estrutural entre B e C. De fato, há uma aproximação entre o azul e o verde no espectro visual, e o que caracteriza a divergência visual nas cores é a presença dos átomos de cloro, que atuam como auxocromo, modificando a intensidade e propriedades específicas da cor, como mencionado anteriormente.

O **quadro 12** mostra os componentes químicos dos pigmentos inorgânicos, conferindo-lhe o metal apropriado para a coloração, bem como o complexo organometálico correspondente, se for o caso.

Quadro 12. Relação de coloração do pigmento do tipo inorgânico com a estrutura química correspondente, dando ênfase nos metais atribuídos.

Cor	Componentes Químicos	Metais	Estrutura química para a pigmentação inorgânica
AMARELO	Cromato de chumbo – PbCrO_4	Pb	 Pb^{2+}
BRANCO	Dióxido de titânio – TiO_2^*	Ti*	$\text{O}=\text{Ti}=\text{O}$
	Sulfeto de zinco – ZnS	Zn	$\text{S}=\text{Zn}$
	Óxido de zinco – ZnO	Zn	$\text{O}=\text{Zn}$
VERDE	Trióxido de cromo II hidratado – $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}^{**}$	Cr**	

AZUL	Ferrocianeto férrico – $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$	Fe	
VERMELHO	Sulfeto de Mercúrio	Hg	$\text{Hg}=\text{S}$

* É possível encontrar dióxido de titânio também nas colorações azul e verde.

** Apesar das literaturas se referirem ao trióxido de cromo hidratado, na prática isso não ocorre, pois a substância se configura como um anidro e adicionando água transforma-se em ácido cromoso.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022). Baseado em ARL, 2018; FAZENDA, 1995; SHRIVER; ATKINS, 2008; KARYMOV; VOROBIEV; KALASHNIKOVA, 2018.

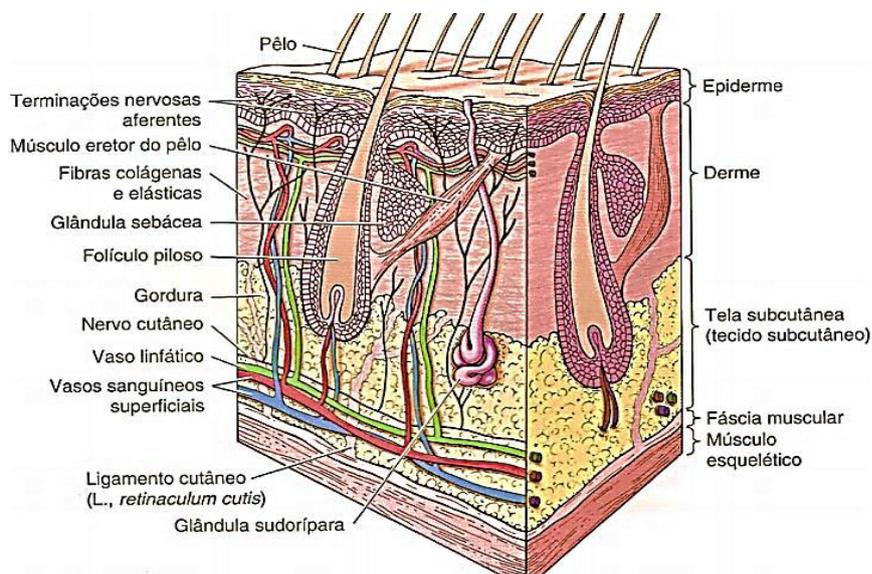
Diante disso, a composição química dos constituintes das tintas da tatuagem confere um vasto estudo sobre pigmentação, bem como os tipos de solventes, resinas e aditivos. Muitas propostas pedagógicas podem nascer desta temática. Trabalhar tópicos da Química, como polaridade, interações intermoleculares e até mesmo funções orgânicas pode ser uma ideia a ser desenvolvida, principalmente para interagir com o ensino por investigação de forma mais engajada aos estudantes de ensino médio.

1.2.4.3. Morfologia básica da pele e os riscos toxicológicos

A histologia se constitui como uma ciência morfológica que estuda os tecidos, que são conjuntos de células semelhantes, mas com funções diferenciadas. Os epitélios são tecidos que realizam o revestimento externo do organismo com baixa quantidade de material extracelular, sua superfície de contato pode ser adjacente com o ar ou líquidos dependendo do meio em que se encontra. Por outro lado, o tecido conjuntivo constitui uma maior variabilidade de células e de material extracelular com vasta vascularização e funções diversificadas (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2013).

Acerca das características gerais da pele, Morre e Dalley (2007) informam suas funções ao organismo, como a de proteção contra os efeitos ambientais; contenção das estruturas do corpo; inibe a desidratação; regula o calor, dentre muitas outras. A **figura 16** mostra uma ilustração dos principais constituintes da pele.

Figura 16. Ilustração de um corte longitudinal da pele humana e seus constituintes morfológicos.



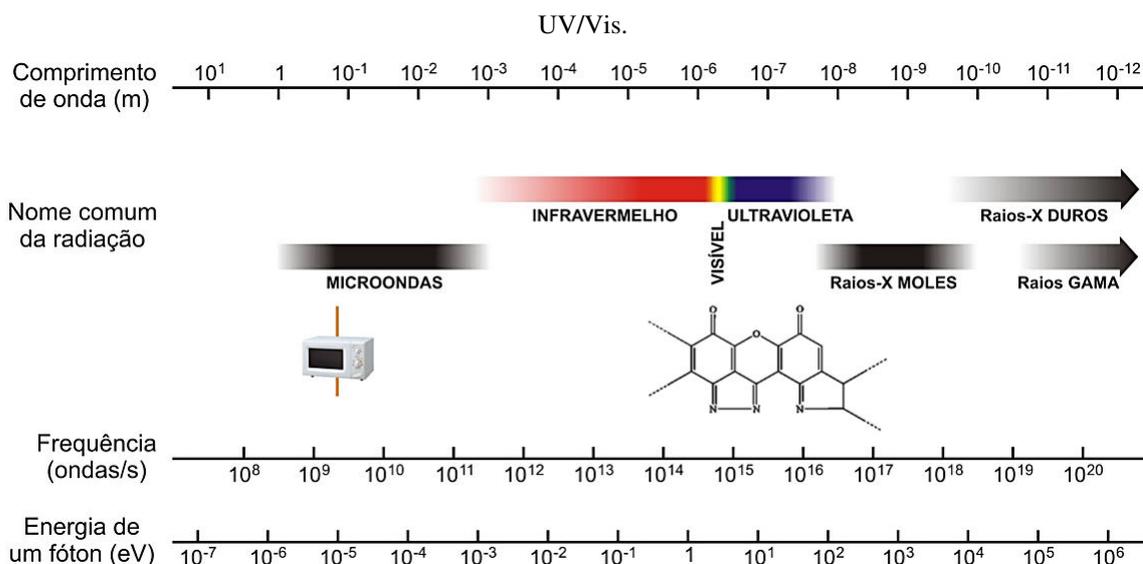
Fonte: MOORE; DALLEY, 2007.

A pele se configura como maior órgão do corpo, compondo a epiderme de maneira superficial/externa e a derme, que compõe o tecido conjuntivo composto por estruturas especializadas (MOORE; DALLEY, 2007). Esses autores afirmam, ainda, que a epiderme é considerada parcialmente impermeável, dessa forma, as substâncias de baixo peso molecular conseguem atravessar com facilidade, como é o caso de diversos tipos de pigmentos ou corantes.

Em termos percentuais, a pele é composta por aproximadamente 70% água e 28% de constituintes proteicos, dos quais elastina, colágeno, melanina, queratina, queratohialina e enzimas. Dos citados, a melanina é o polímero natural que está presente de forma majoritária, tem origem dos melanócitos e é responsável pela tonalidade da pele. Também é possível encontrar sais minerais, como sódio (Na), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn), ferro (Fe), manganês (Mn), fósforo (P), enxofre (S) e iodo (I) (CUNHA, et al., 2004).

A emissão de radiação ultravioleta provenientes dos raios solares são danosos ao tecido epitelial, para isso a melanina exerce importante função de proteger a pele desses raios. Essa proteção se dá devido a um processo de interação dos elétrons deslocalizados da cadeia polimérica da melanina, conforme a **figura 17**. Grupos de elétrons deslocalizados permitem transições eletrônicas entre os orbitais π ligantes e antiligantes, ou seja, a estrutura consegue absorver luz na região do visível e ultravioleta por causa de uma compatibilidade com os comprimentos de onda dessa região (RETONDO; FARIA, 2009).

Figura 17. Representação parcial do espectro eletromagnético com a estrutura da melanina sobreposta na região



Fonte: Adaptado de KRUG, 2010.

A aplicação da tatuagem atua diretamente no tecido conjuntivo de forma que as células do sistema imunológico reconhecem a substância como um corpo estranho levando-o a um processo de fagocitose de modo a ser removido pelo sistema linfático. Porém, a fixação dessa substância estranha permanece no tecido biológico, uma vez que é aplicado com profundidade, sendo influenciada também pelo volume de aplicação da pigmentação. (GIARETTA, 2015). As respostas iniciais quanto à implementação de tatuagens podem variar de acordo com muitos fatores, como a quantidade de tinta depositada na pele, bem como sua profundidade e penetrações. Segundo Engel e colaboradores (2008), o pigmento injetado varia em quantidades de 0,60 a 9,42 mg/cm^2 .

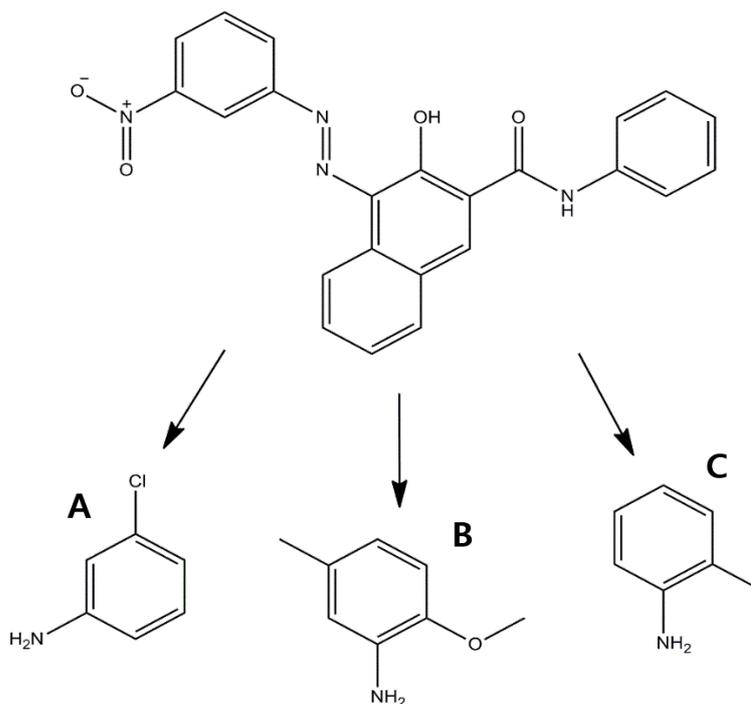
A ruptura de pele e o processo de restauração dérmica se dá em estágios. Inicialmente, após a necrose nas células dérmicas e epidérmicas, forma-se um coágulo para inibir o sangramento. Após, aproximadamente, 2h desse procedimento inicial, ocorre o edema, que é resultado da ação de neutrófilos e macrófagos, em virtude da atuação do sistema imunológico. Essas células fagocitam substâncias estranhas e como a tinta configura um corpo externo, logo há uma tentativa de expulsão. Em 24h após a aplicação, observa-se pigmentos em fagossomas citoplasmáticos que serão eliminados com o passar do tempo (ISLAM et al, 2016). Essa fase de atuação do sistema imunológico é chamada de fase proliferativa e, a partir dela, ocorre o processo de remodelagem e a produção de colágeno vai sendo desenvolvida, a fim de recuperar o formato inicial da pele (FERREIRA; D' ASSUNPÇÃO, 2006).

Os riscos toxicológicos devem ser levados em consideração pelos usuários, uma vez que estão associadas às tintas que são utilizadas e podem causar inflamações provenientes de *Staphylococcus sp.* As substâncias químicas com agrupamentos azo e metais pesados estão ligadas aos aspectos alergênicos (ISLAM et al, 2016; TIMKO et al, 2001). De maneira geral, as tintas podem causar a formação de espécies reativas de oxigênio, que quando são produzidas em excesso causam sérios danos a lipídeos, proteínas e DNA, conferindo alterações celulares (XIA et al, 2014).

Em um estudo feito por Gopee e colaboradores (2005), constatou-se que as tintas amarelas e pretas, em virtude da presença de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos presente nas estruturas (estrutura A da figura 10), podem produzir espécies reativas de oxigênio conforme o estado de agregação das partículas, estimulando o estresse no tecido cutâneo. Sobretudo é muito recorrente na literatura (RAMOS, 2018; ARL, 2018) que a cor vermelha é a mais problemática, pois 32% do pigmento quando injetado é eliminado após sua aplicação por causa da sua baixa solubilidade, podendo gerar fortes alergias e hiperplasia epidérmica

levando à infiltração de linfócitos T. Na **figura 18**, percebe-se que essa toxicidade se dá pela quantidade a grupamentos azo, que sofre clivagem e gera três aminas aromáticas: m-cloroanilina (produto A), p-creasidina (produto B) e o-toluidina (produto C). O perigo configura-se nos produtos B e C, pois são estruturas carcinogênicas.

Figura 18. Clivagem de uma variante do pigmento vermelho.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020). Baseado em Krug (2010).

Em trabalho publicado por Karymov, Vorobiev e Kalashnikova (2018), é possível verificarmos as complicações que podem vir a surgir na aplicação de tatuagens. Esses autores mostram características gerais quanto aos pigmentos da tatuagem, que dependem do espectro de cores e possíveis complicações após o procedimento da tatuagem.

Alergias por pigmentos verdes são raros, mas quando ocorrem é por causa do cromo e, em alguns casos, alumínio ou cobalto, podem causar eczemas locais, gerando coceira ou rachaduras na pele. Os pigmentos azuis são os menos prováveis de causar complicações, quando causam efeitos colaterais, geralmente são apenas reações alérgicas. Karymov, Vorobiev e Kalashnikova (2018) mencionam, ainda, cores alternativas como o marrom e o violeta. O marrom contém óxidos de ferro (Fe_3O_4 e $Fe_2O_3 \times H_2O$) misturados com argila e apresenta raras complicações, porém quando exposto a contínuo aquecimento pode mudar de coloração. Já o violeta contém sulfato de amônio e manganês, pirofosfato e dioxazina, pode

apresentar complicações se em exposição à luz, pois o pigmento é fotorreativo. No caso de apresentar complicações, o pigmento violeta causa inflamação granulomatosa asséptica.

De forma geral, os malefícios quanto à toxicidade das tatuagens podem ser complicações locais, que são imediatas, na área superficial da tatuagem; ou complicações sistêmicas, que se configuram em processos patológicos, sendo desenvolvidas durante a execução e manipulação da tatuagem. Os efeitos colaterais nem sempre são causados pela violação da técnica do procedimento, mas, muitas vezes, por quanto contaminado pode estar a pele do cliente, pois colônias de micro-organismos podem penetrar a tatuagem durante a manipulação dela.

O presente tópico contemplou a temática usada para abordar os estudos de Química no ensino médio. Visto que tatuagens é uma temática muito recorrente nas escolas, foram elucidadas a historiografia, bem como seus constituintes químicos e todos os parâmetros que envolvem a prática de aplicação das tatuagens. Dessa forma, é possível transpor didaticamente muitos tópicos apresentados para tratá-los de forma estruturada na educação básica.

Seguindo nesse raciocínio, buscaram-se meios para trabalhar conteúdos de química de forma mais ativa por parte dos estudantes usando o Ensino por Investigação e como essa abordagem pode contribuir para o processo de ensino e aprendizagem no componente curricular de Química e promover a alfabetização científica durante o processo da sequência didática investigativa. Para isso, será apresentado o percurso metodológico da pesquisa e seus elementos constituintes no capítulo seguinte, bem como a descrição da estrutura de uma SDI sobre a temática Tatuagens.

CAPÍTULO 2 – PERCURSO METODOLÓGICO

O presente trabalho tem como objetivo geral *investigar como uma sequência didática investigativa (SDI) sobre a temática Tatuagens pode contribuir para a promoção da alfabetização científica no ensino de química*. Para tanto, explanou-se neste capítulo a estrutura da sequência didática investigativa e seus elementos com base no Ensino por Investigação.

Os elementos da metodologia como a natureza da pesquisa, o contexto e sujeitos da pesquisa são descritos, assim como os instrumentos da coleta de dados. Após os quadros que sintetizam a estrutura da sequência didática investigativa, delimitou-se o referencial da análise de dados de acordo com os indicadores da Alfabetização Científica, e os espelhos de respostas consideradas satisfatórias para as atividades investigativas.

2.1. NATUREZA DA PESQUISA

A escolha da temática em questão ocorreu junto com os sujeitos da pesquisa, em aulas de Química, nas quais o mestrando atuou como professor. Durante uma discussão sobre a remoção de tatuagens, a problemática foi levantada por alguns estudantes.

Nas discussões, os estudantes mencionaram acerca do número elevado de pessoas tatuadas. E em virtude disso, a quantidade de profissionais especializados que trabalham em estúdios de tatuagem também aumentou. De fato, na cidade de Jaboatão dos Guararapes, local no qual está localizada a escola, é perceptível o aumento da quantidade de espaços disponíveis para oferecer o serviço em questão. Dessa forma, o trabalho com o tema “tatuagens” na escola permite ao professor partir de questionamentos e curiosidades dos estudantes; possibilita a articulação de conteúdos químicos com esta temática, além de poder discutir sobre os cuidados necessários quando se pensa em fazer uma tatuagem.

A fim de responder à questão de pesquisa, e alcançar os objetivos propostos, foi adotada uma pesquisa de caráter qualitativo, de acordo com Paulilo (1999), porque busca a compreensão de fenômenos educacionais, caracterizados por fatores de alta complexidade interna e externa, por meio da análise descritiva e interpretativa dos dados. Nesta abordagem de pesquisa, tem-se o ambiente natural como local de coleta de dados, e a inserção do pesquisador nele. No caso desta pesquisa, o contexto foi a sala de aula de Química da escola (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). Mol (2007) afirma que a abordagem qualitativa de pesquisa leva

em consideração fenômenos relativos à fala, gestos, modos e traços que caracterizam as interações humanas sociais, que se configuram como um reflexo das atividades da pesquisa realizadas nas escolas.

2.2. CONTEXTO E PARTICIPANTES DA PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida em uma Escola de Referência em Ensino Médio – modelo de educação integral da Secretaria de Educação e Esportes do Estado de Pernambuco. Neste caso, a instituição escolhida localiza-se no município de Jaboatão dos Guararapes, região metropolitana do Recife. A escola foi selecionada pela atuação do pesquisador como professor de Química nesta rede, junto com a equipe de professores de Ciências da Natureza, o que possibilitou um melhor acesso ao lócus de pesquisa. Os participantes da pesquisa se constituíram de 12 estudantes do 3º ano do ensino médio.

A escola possui um amplo espaço e fácil acesso, pois se encontra num lugar estratégico no centro da cidade. Apresenta uma infraestrutura boa com salas bem distribuídas. Possui salão de recepção, diretoria, secretaria, coordenação e sala de arquivos. Possui ainda dois pátios, bloco anexo (térreo + primeiro andar), que se concentram as salas de aulas das turmas de 2º e 3º anos. Há um bloco anexo com as salas de aula das turmas de 1º anos. Existe uma sala de professores, sala de elaboração de projetos, uma quadra coberta, dois vestiários (masculino e feminino), cozinha e biblioteca equipada com bibliografia didática, paradidática e digital. Há ainda um auditório, uma sala de vídeo e quatro laboratórios (Matemática e Física, Química e Biologia, Artes e um de Informática), que são comumente usados pelos alunos. Cada setor da escola conta com um funcionário responsável para administração e organização.

Parte dos conteúdos químicos tem sido trabalhada de forma articulada a outras disciplinas, e os professores têm usado diversas estratégias, visando promover êxito na aprendizagem. Geralmente os conteúdos de polaridade e densidade são vistos na 1ª série do Ensino Médio, e revisitados na 3ª série durante os estudos introdutórios de Química Orgânica; já os conteúdos de Química Orgânica, como cadeias carbônicas, são propriamente vistos na 3ª série do Ensino Médio.

2.3. INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Segundo Méheut (2005), sequências didáticas são processos que apresentam relevância para o ensino e pesquisa, pois articulam práticas educacionais, utilizando várias estratégias didáticas. Cada uma das etapas/atividades da sequência para fins de pesquisa pode fornecer dados importantes para o pesquisador considerado nas análises. Para isso, a coleta de dados foi feita, usando os instrumentos de registro, a seguir:

- *Respostas dos estudantes ao problema sobre tatuagens usado como ponto de partida (primeiro momento) e no final da SDI (quinto momento) para analisar possíveis avanços nas respostas dos estudantes com relação ao conhecimento químico escolar e a presença ou não de indiciadores de alfabetização científica;*
- *Videogravações das aulas para avaliar comentários e hipóteses elaboradas pelos estudantes durante o caminho investigativo, ou seja, em atividades realizadas na SDI. Alguns trechos de falas dos estudantes foram transcritos para a análise de dados da SDI.*

2.4. ÉTICA NA PESQUISA

Todos os sujeitos participantes da pesquisa foram convidados e orientados a assinar um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) – Apêndice A, quando maior de 18 anos, ou um Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) – Apêndice B, quando menos de 18 anos, de acordo com a Resolução 510/2016 sobre a ética na pesquisa com seres humanos.

Os termos supracitados serviram como instrumentos esclarecedores, a fim de que os indivíduos não se exponham a certos riscos, como cansaço, aborrecimento ou desconforto durante as intervenções associadas ou em decorrência da pesquisa. Caso isso, viesse a ocorrer eles teriam total liberdade para não continuar participando da pesquisa, em quaisquer de suas etapas (BRASIL, 2016).

2.5. DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA (SDI) SOBRE TATUAGENS

Para a elaboração da sequência didática investigativa sobre a temática “tatuagens” consideramos alguns pressupostos teóricos e metodológicos, apresentados por Carvalho

(2009), que exprimem aspectos do EPI: apresentação do problema; atividades de sistematização; atividades de promoção contextual; e finalização, que acompanha a divulgação dos resultados da resolução do problema.

As informações sobre os momentos de planejamento e elementos da SDI foram descritas nos quadros a seguir, como: atividades e estratégias didáticas, objetivos de aprendizagem, nível da investigação, tempo didático previsto, metodologia, espaço físico, roteiro e organização das atividades e avaliação.

Quadro 13. Primeiro Momento: apresentação do problema e técnicas de aplicação das tatuagens.

PLANEJAMENTO DAS AULAS Nº 1 e 2 Apresentação do problema e técnicas de aplicação das tatuagens	
Conteúdos abordados	A relação da Química com as tatuagens; Impactos no corpo humano decorrentes do uso de tatuagens (PERNAMBUCO, 2021).
Objetivos de Aprendizagem	
<ul style="list-style-type: none"> — Compreender as possíveis relações existentes entre ciência e sociedade e realizar ligações conceituais do tema estudado com seus conhecimentos advindos do cotidiano; — Discutir a aplicação das tatuagens e os possíveis riscos atribuídos a essa ação; — Mobilizar as concepções prévias dos estudantes para discutir acerca do tema e conteúdos; — Fornecer subsídios para que os alunos tenham capacidade de julgar o problema com base em informações científicas e sociais do tema abordado. 	
Habilidade BNCC	<p>(EM13CNT207) Identificar e analisar vulnerabilidades vinculadas aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando as dimensões física, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.</p> <p>(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.</p>
Metodologia	
<p><i>Nível de abertura da investigação: Guiada</i> <i>Tempo Previsto: 100 min.</i></p> <p>Após as apresentações da pesquisa, os estudantes serão convidados a participarem de todas as etapas com o consentimento do professor.</p> <p>Inicialmente, o problema que retrata sobre um caso particular de aplicação de tatuagens relacionada com o tom da pele e também acerca das cores que podem ser usadas nos desenhos das tatuagens, caso bastante discutido entre os jovens. Os estudantes terão como objetivo ler e discutir entre si e em seguida responder as perguntas norteadoras do problema de forma preliminar. As perguntas norteadoras têm como objetivo situar o aluno em relação à disciplina de Química, conduzindo-o para construir o conhecimento proposto pelo professor. Essas perguntas deverão ser revisitadas durante toda a SDI, visto que as estratégias de ensino serão utilizadas para fomentar o processo investigativo.</p> <p>Após a leitura e as respostas transcritas, os estudantes submetidos à primeira estratégia de ensino que um vídeo do YouTube do canal Escola para Tatuadores, onde serão levados a entender técnicas básicas da aplicação de tatuagens, principalmente, no que diz respeito a aplicação dos pigmentos, ou seja, tatuagens</p>	

coloridas.

No primeiro momento, os estudantes deverão entregar as respostas iniciais para o problema apresentado.

Estratégias/Atividades Didáticas

Resolução do Problema proposto:

Problema 1:

Bianca e Marcos são primos, mas com fenótipos diferentes quanto à cor da pele. Ambos são pardos, porém a tonalidade da pele de Marcos é mais escura devido a uma alta quantidade de melanina em sua pele. Bianca, com o consentimento de seus pais, pretende fazer uma tatuagem com a imagem do pôr-do-sol na parte superior direita de suas costas. Esta imagem ela viu na lupa de seu instagram e indicou para Marcos o mesmo perfil para que ele pudesse procurar imagens que lhe interessassem. Com autorização de seus pais, Marcos escolheu uma imagem que possuía detalhes pretos, e em virtude do seu apreço pelas disciplinas de história e filosofia, ele escolheu fazer a imagem abaixo, que representa o pacifismo, característica filosófica que manifesta a luta contra a guerra e a violência. Mesmo com todo entusiasmo, Marcos está em dúvida porque não sabe se a cor da imagem cairá bem em seu tom de pele. Com base em seus conhecimentos de Química e sobre tatuagens, responda as perguntas a seguir:



Fonte: <https://www.infoescola.com/filosofia/pacifismo/>. Acessado em 01 out. 2020.

- a) Marcos precisa se preocupar com a cor do desenho escolhido para aplicação de sua tatuagem, considerando que ele possui uma quantidade maior de melanina em sua pele? Se sim ou não, por quê?*
- b) Ocorrem interações químicas nos pigmentos das tintas usadas na aplicação de tatuagens, que podem apresentar uma preocupação de biossegurança a Bianca, Marcos e qualquer pessoa que deseja fazer tatuagens? Se sim, quais?*
- c) Existem riscos quanto ao profissional escolhido, o local de aplicação e quanto às tintas usadas para a aplicação de tatuagens? Se sim ou não, por quê? Por exemplo, Bianca deve se preocupar com o desenho do pôr-do-sol que é colorido, o qual ela escolheu para fazer sua tatuagem? Se sim ou não, por quê?*
- d) Você conhece os procedimentos técnicos adotados na aplicação de tatuagens? Se sim, faça a descrição destes procedimentos.*

Vídeo 01

Vídeo do Youtube do canal “Escola para Tatuadores”

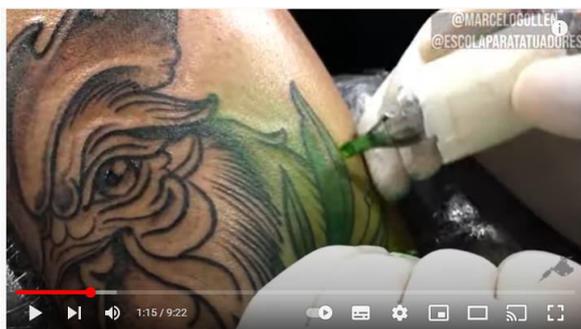
Link: <https://www.youtube.com/watch?v=GJ9UWcNi8MQ>

Título: DICA para FAZER TATUAGEM COLORIDA – Escola para Tatuadores

Tempo: 9min22s

Acesso em: 14 out. 2021

Apresentação: Marcelo Gollen



DICA para FAZER TATUAGEM COLORIDA - Escola para Tatuadores

Espaço Físico: Sala de aula.

Roteiro de Organização das Atividades

Aulas Nº 1 e 2 (50 min. cada. Total = 100 min.)

- 15 min.:** Diálogo preliminar de apresentação da pesquisa e organização da sala;
- 15 min.:** Tempo reservado para leitura da situação-problema pelos estudantes;
- 30 min.** Discussão, em conjunto, acerca das melhores hipóteses e argumentos para a resolução dos problemas, com a resposta registrada em folha de papel;
- 15 min.** Utilização do vídeo sobre as técnicas de tatuagens como primeiro subsídio para a investigação;
- 15 min.** Discussão, em conjunto, do vídeo.
- 10 min.** Sistematização da atividade.

Avaliação

Serão considerados, de acordo com o Ensino por Investigação, o processo inicial de resolução do problema apresentado e quais as possíveis relações com a Química, tendo em vista as perguntas norteadoras propostas na metodologia. Essas respostas serão comparadas posteriormente ao final da SDI a fim de analisarmos a evolução conceitual dos estudantes dos conteúdos trabalhados.

Referências

Cardoso e Scarpa (2018); Gondim e Mendes (2007); Sasseron (2017).

Quadro 14. Segundo Momento: a química das tatuagens e os perigos enfrentados

PLANEJAMENTO DAS AULAS Nº 3 e 4 A química das tatuagens e os perigos enfrentados	
Conteúdos abordados	A relação da Química com as tatuagens; Impactos no corpo humano decorrentes do uso de tatuagens (PERNAMBUCO, 2021). Funções químicas: composição e interação com o organismo e implicações decorrentes do uso de tatuagens (PERNAMBUCO, 2021).
Objetivos de Aprendizagem	
<ul style="list-style-type: none"> — Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas (PERNAMBUCO, 2021); — Perceber como as análises químicas se desenvolveram cientificamente e como o conhecimento científico pode estar presente em nossas decisões e escolhas; — Compreender as relações existentes entre os conteúdos científicos apresentados na escola com o conhecimento e experiência do cotidiano; — Apresentar um crescimento teórico quanto às discussões para a resolução da situação-problema. 	
Habilidade BNCC	(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no

	<p>enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.</p> <p>(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.</p> <p>(EM13CNT305) Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos para promover a equidade e o respeito à diversidade.</p>
Metodologia	
<p>Nível de abertura da investigação: Estruturada Tempo Previsto: 100 min</p> <p>O professor começará a aula apresentando o conteúdo a ser estudado com o auxílio de Datashow e apresentação no PowerPoint e organizará a turma em quatro grupos de 3 pessoas, deixando claro o roteiro da aula e começará com um vídeo do <i>YouTube</i> para discutir como são feitas as tintas de tatuagem e sobre a Química atrelada ao processo. Após análise do vídeo, começaremos uma discussão acerca dos metais e substâncias quem constituem, basicamente, as tatuagens. O vídeo servirá de ferramenta para os estudantes utilizarem na resolução, levantando novas hipóteses para responder ao problema (SASSERON, 2017).</p> <p>Em seguida, cada grupo receberá dois textos motivadores que tratará de peculiaridades sobre as tatuagens. São eles:</p> <p style="padding-left: 40px;"><i>Texto 1: Seria a cor vermelha a mais perigosa?</i> <i>Texto2: O que mudou dos corantes naturais para os corantes sintéticos?</i></p> <p>Após a leitura dos textos, os grupos terão um tempo para discutirem entre os próprios componentes do grupo e depois haverá uma discussão no âmbito geral para levantarmos aspectos trazidos em cada um dos textos, tentando articular com o vídeo proposto. É possível que interações estudante-estudante e professor-estudante possam acontecer de modo que se aproximem das interações entre pesquisadores que ocorrem na comunidade científica.</p> <p>Após o debate dos textos, os grupos serão convidados a realizarem pesquisas suplementares para apresentarem um seminário no quarto momento sobre os principais pigmentos utilizados nas tintas das tatuagens. Serão instruídos a investigarem sobre a estrutura química, bem como as implicações no corpo humano. Cada grupo apresentará segundo a distribuição:</p> <p style="padding-left: 40px;"><i>Grupo 1 (G1): Amarelo</i> <i>Grupo 2 (G2): Azul</i> <i>Grupo 3 (G3): Verde</i> <i>Grupo 4 (G4): Vermelho</i></p> <p>Esse momento visa proporcionar apoio nas etapas do processo de investigação realizado pelos estudantes e observar o grau de envolvimento dos estudantes no desenvolvimento nestas etapas (CARDOSO; SCARPA, 2018).</p>	
Estratégias/Atividades Didáticas	
<p>Vídeo 02:</p> <p style="padding-left: 40px;">Vídeo do <i>Youtube</i> do canal “químicascoisas” <i>Link:</i> https://www.youtube.com/watch?v=wPwIfcHRQcg Título: A Química das Tatuagens <i>Tempo:</i> 2min23s</p>	

Acesso em: 19 fev. 2021
Apresentação: Cláudia Semedo



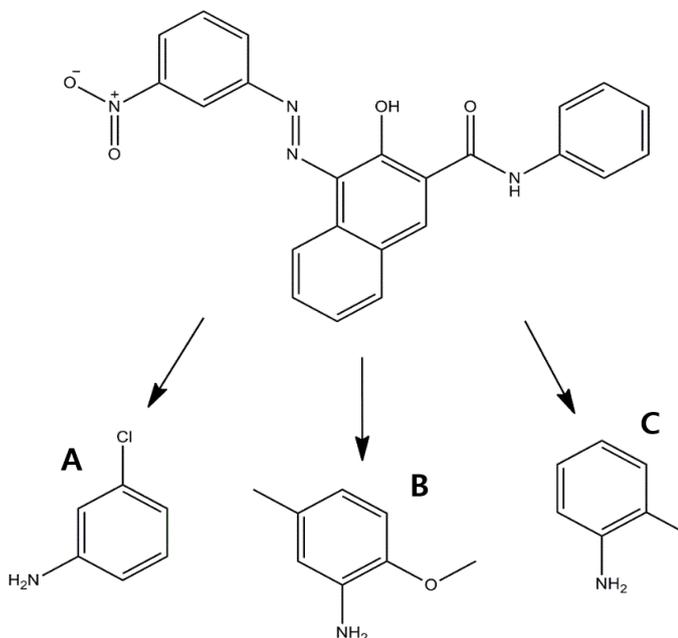
A Química das Tatuagens

Textos Motivadores:

Texto 01

Seria o vermelho a cor mais perigosa?

Estudos mostram que a cor vermelha é a mais problemática, pois 32% do pigmento quando injetado é eliminado após sua aplicação por causa da sua baixa solubilidade, podendo gerar fortes alergias e hiperplasia epidérmica levando a infiltração de linfócitos T. A imagem explana, a nível representacional, a toxicidade que se dá pela quantidade de um agrupamento chamado azo, que sofre clivagem e gera três aminas aromáticas: m-cloroanilina (produto A), p-creasidina (produto B) e o-toluidina (produto C). O perigo configura-se nos produtos B e C, pois são estruturas carcinogênicas.

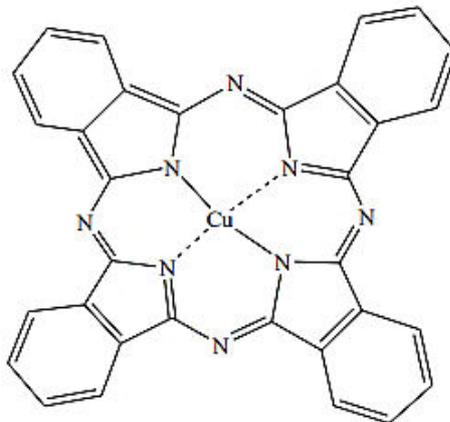


Fonte: RAMOS, B. A. O. *Desenvolvimento de métodos eletroquímicos para análise de agentes tóxicos em tintas de tatuagem*. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Bioquímica). Universidade de Évora. 2018. Acessado em novembro de 2020. Adaptado.

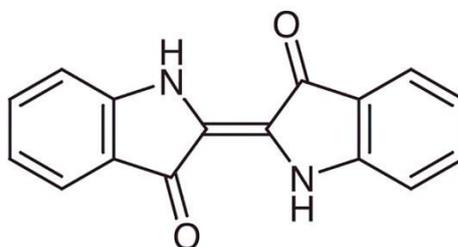
Texto 02

O que mudou dos corantes naturais para os corantes sintéticos? Química? Efeitos?

A figura abaixo faz menção ao corante sintético azul, de fórmula química $C_{32}H_{16}CuN_8$, segundo a coleção de livros publicada pela The Society of Dyers and Colourists, a Colour Index (CI), que padroniza todas as cores por uma identificação específica e própria, facilitando a busca pelos consumidores.



Já a figura abaixo faz menção ao corante natural azul, chamado de índico, que era usado no Egito, para o preparo de múmias de faraós. O corante era extraído das folhas da animalleira, planta da família das leguminosas (*Indigofera tinctoria*). Os egípcios alquimistas acreditavam, inclusive, que misturando o corante com sais metálicos fixavam melhor os corantes nos tecidos.



FONSECA, M. R. M. *Química: química orgânica – textos e atividades complementares*. São Paulo: FTD, 2007.

Espaço Físico: Sala de aula.

Roteiro da Atividade

Aulas N° 3 e 4 (50 min. cada = 100 min.)

- 05 min.:** Organização dos estudantes em quatro grupos de 3 pessoas, cada;
- 05 min.:** Exibição do vídeo descrito nas atividades didáticas;
- 05 min.:** Discussão entre grupos acerca do conteúdo abordado nos vídeos.
- 10 min.:** Discussão no âmbito geral acerca do vídeo apresentado;
- 20 min.:** Distribuição dos textos motivadores 01 e 02 e sua leitura;
- 15 min.** Socialização da compreensão dos aspectos dos dois textos pelos estudantes e como o vídeo e os textos motivadores podem ajudar a resolver a situação-problema norteadora.

Avaliação

Serão considerados, de acordo com o Ensino por Investigação, o processo inicial de resolução do problema apresentado e quais as possíveis relações com os conceitos químicos estudados. Essas respostas serão comparadas, posteriormente ao final da SDI, a fim de analisarmos aproximações com o eixo 2 da alfabetização científica.

Referências

Cardoso e Scarpa (2018); Gondim e Mendes (2007); Sasseron (2017); Ramos (2020); Karymov, Vorobiev e Kalashnikova (2018)

Quadro 15. Terceiro Momento: discussão sobre as estruturas químicas envolvidas nos pigmentos das tintas usadas nas tatuagens a fim de dar apoio à investigação.

PLANEJAMENTO DAS AULAS Nº 5 e 6	
Discussão sobre as estruturas químicas envolvidas nos pigmentos a fim de dar apoio às investigações	
Conteúdos Abordados	Funções químicas: composição e interação com o organismo e implicações decorrentes do uso de tatuagens (PERNAMBUCO, 2021).
Objetivos de Aprendizagem	
<ul style="list-style-type: none"> — Entender e solidificar os conceitos que embasaram toda a sequência de aprendizagem; — Compreender as relações existentes entre os conteúdos científicos apresentados e o cotidiano, bem como a evolução da ciência para com a própria ciência; — Apresentar um crescimento teórico quanto às discussões que envolvem a resolução da situação-problema e solidificar todos os saberes adquiridos partindo das hipóteses consideradas durante a SDI; — Realizar articulações entre os conceitos adquiridos e estudados com o experimento realizado através da observação de fenômenos. 	
Habilidade BNCC	<p>(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.</p> <p>(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza com base em argumentos consistentes, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.</p> <p>(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental.</p>
Metodologia	
<p><i>Nível de abertura da investigação: Estruturada</i> <i>Tempo Previsto: 100 min.</i></p> <p>O professor começará a aula apresentando o conteúdo a ser estudado com o auxílio de Datashow e apresentação no PowerPoint e explanará sobre uma exposição dialogada sobre cadeias carbônicas e como o carbono interage com outros elementos para conferir propriedades químicas e físicas. Essa etapa também pode funcionar como um guia de análises e conclusões das hipóteses levantadas até então. A identificação e interpretação de dados já são esperados nesta etapa (CARDOSO; SCARPA, 2018). A exposição dialogada funcionará como um almanaque de apresentação das principais funções orgânicas e as quais são encontradas nas estruturas químicas dos pigmentos das tatuagens. Assim, será possível investigar acerca das cadeias carbônicas e as interações químicas entre os elementos que compõe a cadeia. A exposição dialogada precederá a experimentação.</p> <p>Todos os critérios de biossegurança atrelados ao novo <i>coronavírus</i> serão cuidadosamente respeitados. O experimento será investigativo, de manuseio dos próprios estudantes, que serão separados em quatro grupos de 3 integrantes (os mesmos do segundo momento) (SOUZA, et al., 2013). O procedimento consistirá em mostrar a interação dos pigmentos com a água e óleo, tendo em vista as diferenças em suas polaridades. O estudante deverá analisar o comportamento da tinta nos solventes e relacioná-los com a pele humana e, de acordo com a quantidade, a possibilidade de se gerar efeitos colaterais.</p>	
Estratégias/Atividades Didáticas	
Exposição Dialogada para debater sobre os aspectos relacionados às cadeias carbônicas e funções orgânicas.	

Atividade Experimental Investigativa

Materiais para Atividade Experimental

*Corantes nas cores azul, amarelo, vermelho e verde;
02 béqueres;
500 mL de água;
200 mL de óleo;
01 bastão de vidro;*

Procedimento Experimental

Transferir para um béquer 200 mL de óleo e para outro béquer 500 mL de água. No béquer com óleo, adicionar 10 gotas de cada um dos corantes. Esperar 3 minutos e analisar o comportamento dos corantes em óleo. Em seguida, misturar com o bastão de vidro. O conteúdo do béquer com óleo deve ser transferido para o béquer com água. Analisar o comportamento dos glóbulos de corantes do óleo para água.

Questões para serem respondidas durante a observação e análise do experimento

- 1. O que foi observado quando os corantes foram adicionados na água? Justifique sua resposta.*
- 2. O que foi observado quando os corantes foram adicionados no óleo? Justifique sua resposta.*
- 3. Houve divergências na observação quando se compara a adição do corante em água e em óleo? Se sim, por quê?*
- 4. O que foi observado quando se misturou a água, o óleo e os corantes? Justifique sua resposta.*
- 5. Quais das observações percebidas nessa atividade experimental podem estar relacionadas com o contato do pigmento com a pele humana?*

Espaço Físico: Sala de aula / Laboratório de Química e Física

Roteiro da Atividade

Aulas Nº 5 e 6 (50 min. cada = 100 min.)

- 05 min.:** Organização da sala para o início da exposição dialogada.;
- 30 min.:** Exposição dialogada conduzida pelo pesquisador utilizando um almanaque das principais funções orgânicas;
- 10 min.:** Condução dos estudantes para o laboratório e separação dos grupos (de preferência os mesmos do segundo momento);
- 30 min.:** Desenvolvimento da experimentação investigativa com atenção aos materiais e procedimento experimental;
- 20 min.:** Tempo destinado para os estudantes responderem as questões da experimentação;
- 05 min.:** Socialização das observações gerais do momento em questão.

Avaliação

Serão considerados, de acordo com o Ensino por Investigação, o processo de andamento na situação-problema apresentada e quais as possíveis relações com a Química, tendo em vista as perguntas norteadoras propostas na metodologia. Essas respostas serão comparadas posteriormente ao final da SDI a fim de analisarmos a evolução conceitual dos estudantes dos conteúdos requeridos.

Referências

Cardoso e Scarpa (2018); Gondim e Mendes (2007); Sasseron (2017); Fonseca (2007). Souza e colaboradores (2013).

Quadro 16. Quarto Momento: resultados das investigações suplementares sobre os pigmentos das tintas de tatuagens

PLANEJAMENTO DAS AULAS Nº 7 e 8 Resultados das investigações suplementares sobre os pigmentos das tintas de tatuagens	
Conteúdos Requeridos	A relação da Química com as tatuagens; Impactos no corpo humano decorrentes do uso de tatuagens (PERNAMBUCO, 2021). Funções químicas: composição e interação com o organismo e implicações decorrentes do uso de tatuagens (PERNAMBUCO, 2021).
Objetivos de Aprendizagem	
<ul style="list-style-type: none"> — Debater os impactos no corpo humano decorrente do uso de tatuagens sem acompanhamento profissional (PERNAMBUCO, 2021); — Discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando o aspecto social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar (PERMABUCO, 2021); — Desenvolver a criticidade por meio do julgamento dos fatos observados pelos estudantes de acordo com suas hipóteses e pontos de vistas; — Possibilitar a interação de forma crítica entre estudante-estudante; — Apresentar um crescimento teórico quanto às discussões que envolvem temas sociais e um aumento da criticidade em resolução de problemas, ao responder novamente a situação-problema apresentada no primeiro momento da SDI. 	
Habilidade BNCC	<p>(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.</p> <p>(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando símbolos, códigos, sistemas de classificação e elaborando textos – de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural.</p>
Metodologia	
<p><i>Nível Metodológico da Investigação: Guiada</i> <i>Tempo previsto: 100 min.</i></p> <p>A sala será organizada e o pesquisador discutirá de maneira sucinta todo o andamento da sequência até o presente momento. Logo em seguida, as apresentações começarão e os grupos terão 12 minutos para realizarem suas apresentações. É possível que entre as apresentações tenhamos breves discussões sobre o pigmento correspondente.</p> <p>Em seguida, todos os estudantes receberão novamente a situação-problema usada no primeiro momento para que possam refletir sobre a problemática e respondê-la de acordo com todos os seus conhecimentos adquiridos nos momentos anteriores da SDI.</p> <p>Dessa forma, haverá um incentivo à comunicação na avaliação e construção de conhecimentos. Proporcionará, também, experiência a futuras investigações, ajudando a identificar as ações do professor e a continuidade do trabalho com conhecimentos construídos durante uma possível atividade investigativa.</p> <p>Cada estudante poderá apresentar pontos positivos e negativos dentro do percurso investigativo.</p>	
Estratégias/Atividades Didáticas	
<p>Seminário</p> <p style="text-align: center;"><i>Segundo Gil (2008, p.171-172), o uso do seminário configura-se como qualquer</i></p>	

apresentação feita pelos estudantes, de modo que o mais importante seja a caracterização das informações feitas através de pesquisas e discussão e não por exposição feita pelos estudantes. Os estudantes serão previamente instruídos sobre como deverão fazer essas apresentações, pois, devem ir além do material fornecido pelo professor e/ou pesquisador, buscando outras bibliografias. Além de desenvolverem uma compreensão central da temática e promovendo o levantamento de hipóteses numa perspectiva crítica.

A apresentação dessa pesquisa suplementar justifica-se, inclusive, como uma característica avaliativa, com uma responsabilidade de encerrar o ciclo da SEI. De forma alinhada com toda SDI, a divulgação dos resultados mostra as noções científicas buscadas e compreendidas pelos estudantes durante os momentos vivenciados. (ZABALA, 1998; CARVALHO, 2009).

Retomada do Problema Inicial

No ensino por investigação, a participação dos alunos ocorre de forma ativa em todo processo. As atividades vão proporcionando aos estudantes a uma reflexão, de modo que ele vá reconstruindo interiormente o que vai sendo aprendido até que os seus esquemas mentais estruturam corretamente o conceito científico. Dessa forma, é possível verificarmos se houve uma evolução nos conceitos científicos, bem como na estruturação das respostas da problemática inicial.

Espaço Físico: Sala de aula.

Roteiro da Atividade

Aulas Nº 7 e 8 (50 min. cada = 100 min.)

- 04 min.:** Organização da sala;
- 12 min.:** Apresentação do grupo 1 (G1);
- 05 min.:** Discussão acerca da apresentação do grupo 1 (G1);
- 12 min.:** Apresentação do grupo 1 (G2);
- 05 min.:** Discussão acerca da apresentação do grupo 1 (G2);
- 12 min.:** Apresentação do grupo 1 (G3);
- 05 min.:** Discussão acerca da apresentação do grupo 1 (G3);
- 12 min.:** Apresentação do grupo 1 (G4);
- 05 min.:** Discussão acerca da apresentação do grupo 1 (G4);
- 12 min.:** Discussão entre grupos acerca do caso apresentado para começar o júri;
- 32 min.:** Tempo destinado para o processamento do Júri Simulado;
- 6 min.:** Processo de reunião para o veredito final e considerações finais.
- 03 min.:** Entrega da ficha com a situação-problema usada inicialmente para nortear a investigação do tema abordado;
- 20 min.:** Tempo destinado aos grupos para apresentar as respostas finais visando responder a situação-problema com o máximo de riqueza de detalhes possível.
- 05 min.:** Encerramento e feedback das atividades da SDI.

Avaliação

Serão considerados, de acordo com o Ensino por Investigação, o processo de andamento na situação-problema apresentada e quais as possíveis relações com a Química, tendo em vista as perguntas norteadoras propostas na metodologia. Essas respostas serão comparadas posteriormente ao final da SDI a fim de analisarmos a evolução conceitual dos estudantes dos conteúdos requeridos.

Referências

Cardoso e Scarpa (2018); Gondim e Mendes (2007); Sasseron (2017); Ramos (2020); Karymov, Vorobiev e Kalashnikova (2018); Flor (2007).

2.6. ANÁLISE DE DADOS DA PESQUISA

Um dos objetivos específicos do presente trabalho está em buscar promover a emergência da alfabetização científica (AC), segundo os três eixos “*entendimento dos termos e conceitos-chaves das ciências*”, “*compreensão dos termos e conceitos-chave das ciências*” e “*entendimento dos impactos das ciências e suas tecnologias*”. Estes eixos guardam relação com os indicadores de AC propostos por Sasseron e Carvalho (2012), os quais podem apontar indícios de alfabetização científica dos estudantes sobre aspectos envolvidos na temática tatuagens.

Os **quadros 17 e 18** relatam as categorias delimitadas, a priori, com base em indicadores da alfabetização científica (AC) para a análise dos dados oriundos das produções dos estudantes, durante a vivência da SDI sobre Tatuagens. Para atender também aos objetivos de pesquisa foram delimitadas outras categorias de análise, com base no referencial teórico adotado, as quais foram usadas para analisar as produções verbais (oral e escrita) dos estudantes nas atividades da SDI (SASSERON; CARVALHO, 2011; LAUGKSCH, 2000), como por exemplo, aspectos e características inerentes ao ensino por investigação e o conhecimento químico específico da química das tatuagens presentes nas ações dos estudantes nas atividades da SDI.

Quadro 17. Categorias de análise de dados relativas aos Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica.

CÓDIGO	INDICADORES UTILIZADOS
<i>C1</i>	<i>Utilização de conceitos científicos para integrar valores e saber tomar decisões responsáveis no dia a dia.</i>
<i>C2</i>	<i>Compreensão de que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias, bem como as ciências e as tecnologias refletem a sociedade.</i>
<i>C3</i>	<i>Reconhecimento dos limites da utilidade das ciências e das tecnologias para o progresso do bem-estar humano.</i>
<i>C4</i>	<i>Apreciação das ciências e das tecnologias pela estimulação intelectual que elas suscitam.</i>
<i>C5</i>	<i>Extração da formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante.</i>
<i>C6</i>	<i>Compreensão que a produção dos saberes científicos depende, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos.</i>
<i>C7</i>	<i>Realização da distinção entre os resultados científicos e a opinião pessoal.</i>
<i>C8</i>	<i>Reconhecimento da origem da ciência e compreender que o saber científico é</i>

	<i>provisório e sujeito a mudanças a depender do acúmulo de resultados.</i>
C9	<i>Conhecimento das fontes válidas de informação científica e tecnológica e recorrência a elas quando diante de situações de tomada de decisões.</i>
C10	<i>Compreensão da maneira como as ciências e as tecnologias foram produzidas ao longo da história.</i>

Fonte: Adaptado. Baseado em Sasseron e Carvalho (2011).

As categorias (indicadores de AC) podem ser articuladas com as respostas propostas a cada questão do problema norteador no início, durante e no final da SDI. O **quadro 18** mostra o espelho de respostas desejado e o toma como referência para os indicadores mencionados no **quadro 17**. Os códigos de indicadores de AC relacionados à resposta a cada questão do problema são apresentados como hipótese e aproximação inicial do que pode surgir nas respostas dos estudantes na retomada ao problema após a vivência da SDI. Ressaltamos que outros indicadores diferentes dos propostos no **quadro 18** podem emergir a partir da análise das respostas dos alunos.

Quadro 18. Espelho de respostas com articulação de possíveis indicadores da Alfabetização Científica.

Questões	Respostas	Possíveis indicadores atribuídos
1a) Marcos precisa se preocupar com a cor do desenho escolhido para aplicação de sua tatuagem, considerando que ele possui uma quantidade maior de melanina em sua pele? Se sim ou não, por quê?	<i>Não. Até porque ele pode desenhar o que desejar em sua pele, desde que lhe faça bem e traga satisfação na hora do resultado. A pele negra só contém uma quantidade maior de melanina, que tem a função de proteger da emissão de radiação ultravioleta provenientes dos raios solares, que são danosos ao tecido epitelial. Apesar disso, a melanina não traz nenhuma preocupação quanto à cor do desenho.</i>	C1, C3, C4, C7 e C9
1b) Ocorrem interações químicas nos pigmentos das tintas usadas na aplicação de tatuagens, que podem apresentar uma preocupação de biossegurança a Bianca, Marcos e qualquer pessoa que deseja fazer tatuagens? Se sim, quais?	<i>Ocorrem sim. Os componentes básicos de tintas contêm o pigmento que pode ser orgânico ou inorgânico. Os orgânicos possuem cores mais vibrantes e são mais biocompatíveis, pois podem ter uma disposição de metais menos evasiva. Os pigmentos orgânicos possuem grupos químicos chamados de cromóforos, que são responsáveis pela coloração por causa das ligações duplas; e possuem grupos auxocromos, que são responsáveis pela intensidade. Analisando a estrutura dos pigmentos azul, verde, amarelo e vermelho, notou-se que a amarela não é problemática; a azul e a verde contém cobre que pode ocorrer problemas gastrointestinais e desidratação; e a vermelha sendo mais perigosa porque interage facilmente com os raios ultravioleta gerando produtos cancerígenos para pele.</i>	C1, C4, C5, C6 e C9
1c) Existem riscos quanto ao profissional escolhido, o local de aplicação e quanto às tintas usadas para a aplicação de	<i>O profissional escolhido deve ser altamente especializado e ciente dos riscos. É importante que seja certificado e entenda um pouco da constituição química das tintas, até mesmo para instruir sobre a quantidade aplicada. Deve</i>	C1, C2, C6, C7, C9 e C10

tatuagens? Se sim ou não, por quê? Por exemplo, Bianca deve se preocupar com o desenho do pôr-do-sol que é colorido, o qual ela escolheu para fazer sua tatuagem? Se sim ou não, por quê?	<i>ser muito fidedigno quanto à higiene e trocar sempre os materiais descartáveis pra evitar contaminações. Bianca deve se preocupar quanto ao tamanho do desenho, já que a tatuagem é colorida e pode conferir riscos pela aplicação do pigmento. Mesmo que o tatuador coloque a quantidade adequada para o desenho, Bianca precisa estar ciente de que quanto mais pigmento, maior o risco de problemas epiteliais ou contaminação.</i>	
1d) Você conhece os procedimentos técnicos adotados na aplicação de tatuagens? Se sim, faça a descrição destes procedimentos.	<i>A aplicação de tatuagem consiste na pigmentação e perfuração da pele, com resultado permanente, ou seja, rompe barreiras naturais e traz riscos biológicos (infecção por descontinuidade da pele), para o cliente, e para o profissional que pode entrar em contato com o sangue do cliente. Portanto, os equipamentos de proteção individual-EPI descartáveis são grandes aliados à saúde, pois podem proteger contra esses riscos e prevenir danos à saúde. São eles: avental, luvas, máscaras e óculos de proteção.</i>	C2, C3, C6, C8, C9 e C10

Fonte: Elaborados pelos autores (2020). Baseado em ARL, 2018; GIARETTA, 2015; FAZENDA, 1995; RETONDO; FARIA, 2009; KARYMOV; VOROBIEV; KALASHNIKOVA, 2018; FERREIRA; D' ASSUNPÇÃO, 2006.

Quanto à atividade experimental no terceiro momento da SDI, elas se relacionam e subsidiam a segunda pergunta do problema norteador: “Ocorrem interações químicas nos pigmentos das tintas usadas na aplicação de tatuagens, que podem apresentar uma preocupação de biossegurança a Bianca, Marcos e qualquer pessoa que deseja fazer tatuagens? Se sim, quais?”. O **quadro 19** mostra o espelho de respostas classificadas como satisfatórias do ponto de vista da Química.

Quadro 19. Espelho de respostas das questões referente à experimentação investigativa.

Questões	Respostas consideradas satisfatórias
1. O que foi observado quando os corantes foram adicionados na água? Justifique sua resposta.	<i>Os pigmentos se misturaram em água e com o passar do tempo foram se espalhando.</i>
2. O que foi observado quando os corantes foram adicionados no óleo? Justifique sua resposta.	<i>Não misturou. Ao gotejar o corante em óleo, foram formadas gotas do pigmento. Mesmo ao tentar misturar com espátula, as gotas continuaram sem misturar.</i>
3. Houve divergências na observação quando se compara a adição do corante em água e em óleo? Se sim, por quê?	<i>Houve sim. Acreditamos que a resposta esteja na polaridade, pois como o corante se misturou bem em água, é possível que os corantes sejam polares e, de fato, a composição das tintas tem solventes a base de água, além do pigmento, resina e aditivo. Como o óleo é apolar, não misturou bem com o corante.</i>
4. O que foi observado quando se misturou a água, o óleo e os corantes? Justifique sua resposta.	<i>Que o óleo ficou na parte superior, provavelmente por ser menos denso e a água na parte de baixo. Ao colocar o óleo com as gotas de pigmento em água, o pigmento passou para água e as gotas se desfizeram, formando um caminho de pigmento na coluna de água.</i>
5. Quais das observações percebidas nessa atividade experimental podem estar relacionadas com o contato do pigmento com a pele humana no	<i>A pele humana é constituída em maior parte de água, nisso percebemos que os pigmentos interagiriam bem com a pele humana. Além disso, boa parte da nossa derme e o sistema sanguíneos são aquosos. Em casos de problemas nas tatuagens, os efeitos colaterais se estenderiam para todo o corpo potencializando a contaminação.</i>

momento de aplicar tatuagens?	
-------------------------------	--

Fonte: Elaborados pelos autores (2020). Baseado em FELTRE, 2002; MOORE; DALLEY, 2007; GIARETTA, 2015; FAZENDA, 1995; RETONDO; FARIA, 2009; KARYMOV; VOROBIEV; KALASHNIKOVA, 2018.

Partindo disso, o capítulo subsequente traz os resultados e discussão da aplicação desta SDI de forma descritiva e interpretativa, com a expectativa de atender o objetivo geral e objetivos específicos da pesquisa.

CAPÍTULO 3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa seção são apresentadas as análises dos dados construídos durante a pesquisa. Primeiramente, são apresentadas as respostas iniciais quanto ao problema (que consta na SDI) desenvolvido. Em seguida, apresentamos o caminho investigativo através das estratégias de ensino utilizadas, como a utilização dos vídeos, dos textos didático-motivadores, da atividade experimental investigativa e do seminário. Após a exposição dos seminários, foi tratada a retomada do problema a fim de avaliar as novas respostas e verificar os possíveis indicadores da alfabetização científica.

3.1. ANÁLISE DAS RESPOSTAS INICIAIS AO PROBLEMA NA SDI

A análise do problema sobre tatuagens refere-se ao seguinte objetivo de pesquisa: *Identificar indícios de alfabetização científica pelos estudantes nas respostas ao problema sobre Tatuagens, durante o desenvolvimento de uma sequência didática investigativa (SDI)*. Para isso, apresenta-se a seguir a análise das concepções iniciais dos estudantes, frente ao problema apresentado, sem nenhuma espécie de consulta. Nesta etapa foi apresentado aos estudantes um problema com questionamentos investigados durante a sequência de atividades.

Buscamos durante a elaboração do problema fazer uma articulação entre um importante tema do cotidiano – tatuagens e sua aplicação, buscando um viés químico e social, a fim de ser possível tratar de questões científicas da área da Química, e do cotidiano dos estudantes. O problema é o ponto de partida da SDI, pois segundo Sasseron e Carvalho (2008), a base para a promoção do EPI se dá pelo próprio fazer científico, com as discussões durante a construção dos conceitos até o processo de compartilhamento das ideias. A SDI deve envolver problemas como pontos norteadores e a realização de atividades práticas e experimentações, sendo estas atreladas a busca de informações, priorizando sempre a autonomia do aluno em todo o processo de ensino e aprendizagem (SASSERON; CARVALHO, 2018).

A análise será apresentada a partir dos questionamentos realizados em torno de cada problema, mobilizando aspectos da fundamentação teórica do EPI e da Alfabetização Científica. Utilizou-se também para avaliar as respostas dos estudantes um espelho elaborado para resolução de cada questão do problema.

Segue o problema 1:

Bianca e Marcos são primos, mas com fenótipos diferentes quanto à cor da pele. Ambos são pardos, porém a tonalidade da pele de Marcos é mais escura devido a uma alta quantidade de melanina em sua pele. Bianca, com o consentimento de seus pais, pretende fazer uma tatuagem com a imagem do pôr-do-sol na parte superior direita de suas costas. Esta imagem ela viu na lupa de seu instagram e indicou para Marcos o mesmo perfil para que ele pudesse procurar imagens que lhe interessassem. Com autorização de seus pais, Marcos escolheu uma imagem que possuía detalhes pretos, e em virtude do seu apreço pelas disciplinas de História e Filosofia, ele escolheu fazer a imagem abaixo, que representa o pacifismo, característica filosófica que manifesta a luta contra a guerra e a violência. Mesmo com todo entusiasmo, Marcos está em dúvida, porque não sabe se a cor da imagem cairá bem em seu tom de pele. Com base em seus conhecimentos de Química e sobre tatuagens, responda as perguntas a seguir:



Fonte: <https://www.infoescola.com/filosofia/pacifismo/>. Acessado em 01 out. 2020.

O problema foi composto por quatro questionamentos, dos quais:

- a) *Marcos precisa se preocupar com a cor do desenho escolhido para aplicação de sua tatuagem, considerando que ele possui uma quantidade maior de melanina em sua pele? Se sim ou não, por quê?*

O primeiro refere-se às questões sociais, envolvendo a coloração da tatuagem sobre a cor da pele;

- b) *Ocorrem interações químicas nos pigmentos das tintas usadas na aplicação de tatuagens, que podem apresentar uma preocupação de biossegurança a Bianca, Marcos e qualquer pessoa que deseja fazer tatuagens? Se sim, quais?*

O segundo refere-se aos pigmentos, propriamente atribuído às questões do conhecimento científica da Química, assim como a biossegurança desses pigmentos na pele;

- c) Existem riscos quanto ao profissional escolhido, o local de aplicação e quanto às tintas usadas para a aplicação de tatuagens? Se sim ou não, por quê? Por exemplo, Bianca deve se preocupar com o desenho do pôr-do-sol que é colorido, o qual ela escolheu para fazer sua tatuagem? Se sim ou não, por quê?*

A terceira dá ênfase a questão da criticidade quanto ao profissional escolhido para o serviço, bem como o local do corpo escolhido, assim podem ser consideradas questões do conhecimento científico e social, de forma concomitante;

- d) Você conhece os procedimentos técnicos adotados na aplicação de tatuagens? Se sim, faça a descrição destes procedimentos.*

Por fim, a quarta dá ênfase nas questões tecnológicas, de modo a abordar os processos técnicos na aplicação das tatuagens.

Foi solicitado aos estudantes individualmente a leitura e resolução dos problemas, sem permitir consulta a nenhum material didático, seja ele físico ou digital, como também a discussão com os demais estudantes. Estipulou-se trinta minutos para a entrega do material respondido. Esta etapa da intervenção permitiu realizar um levantamento das hipóteses sobre os conteúdos científicos relativos à temática em questão, que são as tatuagens, atrelados ao conhecimento químico, possibilitando avaliar o nível cognitivo em que os estudantes se encontravam.

As respostas prévias dos estudantes são apresentadas no **quadro 20**, onde os doze estudantes são apresentados por codinomes de A até L e assim serão mencionados por todos os resultados e discussões.

Quadro 20. Respostas ao problema, com os conhecimentos prévios dos estudantes no primeiro momento da SDI.

Questionamento	Respostas dos estudantes
a) Marcos precisa se preocupar com a cor do desenho escolhido para aplicação de	A. <i>Sim, pois na pele mais escura a coloração e a cicatrização da tatuagem podem influenciar no resultado final da pigmentação.</i>

<p>sua tatuagem, considerando que ele possui uma quantidade maior de melanina em sua pele? Se sim ou não, por quê?</p>	<p>B. <i>Sim, pois na pele mais escura a coloração pode influenciar do resultado da pigmentação.</i></p> <p>C. <i>Sim, é relativo, mas depende da qualidade da tinta.</i></p> <p>D. <i>Sim, para que a tatuagem se destaque sobre o tom de pele.</i></p> <p>E. <i>Sim, até porque a tatuagem precisa se destacar no tom de pele.</i></p> <p>F. <i>Sim, pois a pele contém alta quantidade de melanina, pode não ficar tão aparente a tatuagem quando colocada.</i></p> <p>G. <i>Pela quantidade de melanina presente no corpo de Marcos a mais que Bianca, a tatuagem ficará menos evidente.</i></p> <p>H. <i>Sim, pois pode interferir na aparência da tatuagem.</i></p> <p>I. <i>Não, independentemente da cor de sua pele ou da cor da tatuagem, ela poderá fazer.</i></p> <p>J. <i>Não, deve se preocupar com a qualidade.</i></p> <p>K. <i>Marcos não precisa se preocupar com a cor da tatuagem, pois ela é feita sob a primeira camada da pele, que mesmo com a quantidade de melanina na pele de Marcos, a tatuagem ficará visível.</i></p> <p>L. <i>Não, pois Marcos deve fazer independente da cor da pele. Até porque o corpo é dele. Ele vai saber se vai ficar bom ou não.</i></p>
<p>b) Ocorrem interações químicas nos pigmentos das tintas usadas na aplicação de tatuagens, que podem apresentar uma preocupação de biossegurança a Bianca, Marcos e qualquer pessoa que deseja fazer tatuagens? Se sim, quais?</p>	<p>A. <i>Sim, na reação alérgica.</i></p> <p>B. <i>Sim, a pessoa pode ter reação alérgica.</i></p> <p>C. <i>Sim, porque a pessoa pode ter reação alérgica sem saber que tem.</i></p> <p>D. <i>Sim, porque pode causar infecções e irritação, pelo fato de que a tinta se torna um corpo estranho.</i></p> <p>E. <i>Sim, porque existem irritações.</i></p> <p>F. <i>Sim, pode causar alergias quando em contato com o pigmento.</i></p> <p>G. <i>Sim, o corpo pode rejeitar a tatuagem, podem ocorrer processos alérgicos, irritação e inflamação.</i></p> <p>H. <i>Sim, pois podem ocorrer alergias e outras reações biológicas.</i></p> <p>I. <i>Sim, pois o corpo pode rejeitar a tatuagem e se eles não cuidarem, pode necrosar.</i></p> <p>J. <i>Sim, se o tatuador errar a profundidade da agulha ou rejeição da pele à substância.</i></p> <p>K. <i>Sim, pois em algumas tintas existem certos compostos químicos que em excesso podem trazer problemas a alguns sistemas como sanguíneo e nervoso.</i></p>

<p>c) Existem riscos quanto ao profissional escolhido, o local de aplicação e quanto às tintas usadas para a aplicação de tatuagens? Se sim ou não, por quê? Por exemplo, Bianca deve se preocupar com o desenho do pôr-do-sol que é colorido, o qual ela escolheu para fazer sua tatuagem? Se sim ou não, por quê?</p>	<p><i>L. Sim, por causa da química nas tintas.</i></p> <p><i>A. Sim, o profissional deve manter a higienização dos materiais e com o cliente. A tinta usada precisa ser de uma qualidade. A tinta colorida, especialmente a vermelha é sensível aos raios solares.</i></p> <p><i>B. Sim, pela segurança e higienização dos materiais e ambiente. A tinta precisa ser de boa qualidade, já a colorida mais ainda.</i></p> <p><i>C. Sim, pela segurança e higienização do ambiente de trabalho.</i></p> <p><i>D. Sim, um profissional adequado. Tintas que não trazem riscos para a pele e cuidados com a higiene.</i></p> <p><i>E. Sim, tem que escolher um profissional adequado, que conheça as tintas e tenha um lugar apropriado.</i></p> <p><i>F. Sim, deve ser feita uma análise para ver se a pele está apropriada para o procedimento.</i></p> <p><i>G. Sim, é importante escolher com cuidado o profissional e o local para uma maior segurança com esse processo cirúrgico e prestar também bastante atenção quanto aos pigmentos usados, pois os coloridos costumam ser mais tóxicos.</i></p> <p><i>H. Sim, tem que ser analisado o local com cautela e ver se o profissional é capacitado para isso.</i></p> <p><i>I. Sim, eles têm que escolher um ótimo profissional. Sobre Bianca, ela deve sim se preocupar com a tatuagem colorida, pois alguns pigmentos são mais tóxicos que os outros, como é caso do vermelho, como li na internet.</i></p> <p><i>J. Sim, Bianca deve escolher um bom profissional que segue as instruções da vigilância sanitária e deve ter cuidado com a cor do pigmento.</i></p> <p><i>K. Sim, uma vez que alguns tatuadores não higienizam corretamente o seu material, podendo transmitir doenças infecciosas. Já quanto ao local da tatuagem, as regiões sensíveis não são indicadas.</i></p> <p><i>L. Sim, pois higiene é importante em todos os casos.</i></p>
<p>d) Você conhece os procedimentos técnicos adotados na aplicação de tatuagens? Se sim, faça a descrição destes procedimentos.</p>	<p><i>A. Troca de produtos utilizados e higienização do local. Muitas vezes a mistura da tinta com água para dissolver.</i></p> <p><i>B. Não.</i></p> <p><i>C. Não.</i></p> <p><i>D. A limpeza é um cuidado muito importante para a aplicação da tatuagem.</i></p> <p><i>E. Não.</i></p> <p><i>F. Não.</i></p> <p><i>G. Não conheço, mas deve envolver limpeza e segurança.</i></p> <p><i>H. Não.</i></p>

	<p>I. Não, mas queria.</p> <p>J. Poucos. Esterilização e materiais descartáveis. Procedência da tinta.</p> <p>K. Em estúdios profissionais, o procedimento começa com a depilação.</p> <p>L. Não.</p>
--	---

No primeiro questionamento “*Marcos precisa se preocupar com a cor do desenho escolhido para aplicação de sua tatuagem, considerando que ele possui uma quantidade maior de melanina em sua pele? Se sim ou não, por quê?*”, os estudantes demonstraram suas respostas, que, levando em consideração suas concepções prévias, puderam ser analisadas segundo os indicadores da alfabetização científica, mesmo antes de serem levados à investigação.

Os estudantes B, C, D, E e H demonstram respostas majoritariamente opinativas e sem muito aprofundamento científico, embora haja a presença do indicador C4 (apreciação das ciências e das tecnologias pela estimulação intelectual que elas suscitam), uma vez que há estimulação do pensamento para que exista uma resposta ao questionamento apresentado. Todas as respostas foram afirmativas, indicando que Marcos deveria sim se preocupar com a cor do desenho apresentado, como em “*a tatuagem precisa se destacar no tom de pele*” dos estudantes E e F, e “*é relativo, mas depende da qualidade da tinta*” do estudante C.

Apesar das respostas não afirmativas dos estudantes I, J e L, apenas o estudante L indicou na resposta a autonomia do corpo de Marcos, uma vez que ele mesmo saberá o que ficará melhor para si. É interessante notar que tais respostas *não distinguem os resultados científicos da opinião pessoal* como menciona o indicador C7. Os estudantes simplesmente responderam dando suas próprias opiniões.

O que se nota nos estudantes A, F, G e K são respostas mais embasadas cientificamente, isso fica claro quando retratam sobre “*o processo de cicatrização da tatuagem podem influenciar no resultado final da pigmentação*” (estudante A) e a menção a quantidade de melanina na pele que pode não ficar evidente no resultado final da tatuagem (estudantes F e G).

O estudante K desenvolveu uma resposta mais técnica e demonstrando um conhecimento mais aguçado, pois menciona que as tatuagens ficam sob a primeira camada da pele, não existindo nenhuma relação com a melanina. Tais respostas demonstram que a tomada de decisões que deveria partir de Marcos poderia ser retomada pela busca de

conceitos científicos, como mostra o indicador C1 (utilização de conceitos científicos para integrar valores e saber tomar decisões responsáveis do dia a dia).

As respostas desses últimos estudantes mencionados (A, F, G e K) se aproximam, mesmo neste primeiro momento da SDI do espelho de resposta, uma vez que a aplicação da tatuagem, quanto a sua cor, basta que dê satisfação ao cliente, neste caso Marcos, de modo que a função da melanina é apenas para proteger a pele da radiação ultravioleta (RETONDO; FARIA, 2009; GIARETTA, 2015).

No segundo questionamento *“Ocorrem interações químicas nos pigmentos das tintas usadas na aplicação de tatuagens, que podem apresentar uma preocupação de biossegurança a Bianca, Marcos e qualquer pessoa que deseja fazer tatuagens? Se sim, quais?”*, muitos estudantes fazem menção às reações alérgicas e possíveis infecções, como vemos nos estudantes A, B, C, D, E, F, G e H, demonstrando conhecimento prévio ao ligar a biossegurança com os riscos de infecção que podem ser trazidos pelas tatuagens (GIARETTA, 2015; MOORE; DALLEY, 2007). Essas respostas demonstram, mesmo sem aprofundamento, a presença do indicador C3 (reconhecimento dos limites da utilidade das ciências e das tecnologias para o progresso do bem-estar humano).

Espera-se que essas respostas levem os estudantes a pensarem que a tomada de decisões acerca de qualquer assunto pode ser atendida pela utilização de conceitos científicos (C1), a busca por fontes válidas de informações científicas (C9) e que isso ajude a compreender que a produção de saberes científicos depende de processos de pesquisa, como demonstra o indicador C6 (SASSERON; CARVALHO, 2011).

O estudante I usa o termo *“necrosar”* como um problema mais grave de biossegurança, mas não explica; já o estudante J escreve sobre a *“profundidade da agulha”* e que o organismo pode rejeitar. Esses termos foram diferentes dos estudantes mencionados anteriormente, mas que seguem o mesmo raciocínio relacionado aos perigos que podem causar as tatuagens.

Destaca-se um destaque a resposta do estudante K, segue:

“Sim, pois em algumas tintas existem certos compostos químicos que em excesso podem trazer problemas a alguns sistemas como sanguíneo e nervoso.”

O estudante não traz explicações que ratifiquem suas informações, mas sua resposta imprime uma parcial satisfação, mesmo nesse primeiro momento da SDI, pois ele menciona o problema do excesso dessas tintas no organismo, embora não tenha informado sobre as consequências desse excesso, apenas que os possíveis problemas atinjam os sistemas sanguíneo e nervoso. Há indícios do indicador C9 (conhecimento das fontes válidas de informações científicas [...] e recorrência a elas quando diante de situações de tomada de decisões) e C7 (realização da distinção entre resultados científicos e a opinião pessoal).

Quimicamente, as respostas seriam satisfatórias se, além de mencionar o excesso, os estudantes pudessem exaltar o formato das estruturas químicas, os possíveis grupamentos químicos organometálicos e pelo menos as consequências causadas por um pigmento (ARL, 2018; GIARETTA, 2015; FAZENDA, 1995; RETONDO; FARIA, 2009; KARYMOV; VOROBIEV; KALASHNIKOVA, 2018).

No terceiro questionamento *“Existem riscos quanto ao profissional escolhido, o local de aplicação e quanto às tintas usadas para a aplicação de tatuagens? Se sim ou não, por quê? Por exemplo, Bianca deve se preocupar com o desenho do pôr-do-sol que é colorido, o qual ela escolheu para fazer sua tatuagem? Se sim ou não, por quê?”*, todos os estudantes deram respostas afirmativas, embora poucos tenham justificado bem suas respostas.

Os estudantes A, B, C e K mencionam o processo da higienização como um fator importante para a aplicação das tintas e os estudantes G e I escrevem sobre a toxicidade e como ela causa problemas por causa da quantidade. Há indícios dos indicadores C3 e C6, pois ao mesmo tempo que *“há um reconhecimento dos limites da utilidade das ciências [...] para o progresso do bem-estar humano, também há uma compreensão de que a produção de saberes científicos depende de pesquisas e conceitos teóricos”*. Isso fica evidenciado, com maior clareza, nos seguintes trechos:

“[...] para uma maior segurança com esse processo cirúrgico e também bastante atenção quanto aos pigmentos usados, pois os coloridos são tóxicos” (estudante G);

“[...] sobre Bianca, ela deve sim se preocupar com a tatuagem colorida, pois alguns pigmentos são mais tóxicos que outros, como é o caso do vermelho...” (estudante I);

“[...] podendo transmitir doenças infecciosas. Já quanto ao local da tatuagem, as regiões sensíveis não são indicadas.” (estudante K);

O estudante G está ciente de que é um procedimento cirúrgico e que as tintas coloridas são tóxicas, assim como o estudante I, o que requer pesquisas e conhecimento teórico. O estudante K escreve que o processo pode transmitir doenças infecciosas, de modo que existe um conhecimento prévio que poderá ser aprimorado através do processo investigativo nas futuras estratégias de ensino. Essas três respostas são parcialmente satisfatórias, uma vez que apontam questões toxicológicas e possível infecção.

A priori, esperou-se que os estudantes mencionem a certificação do tatuador, por causa das devidas instruções na profissão; do uso de materiais descartáveis; e da quantidade de tinta aplicada na tatuagem de Bianka, uma vez que tais fatores justificam o local escolhido e as cores utilizadas (KARYMOV; VOROBIEV; KALASHNIKOVA, 2018; GIARETTA, 2015).

Ademais, o indicador C4 também pôde ser contemplado, pois houve a apreciação da ciência para estimulação intelectual; e também houve indícios dos indicadores C1 e C9, pois as tomadas de decisões ocorreram, mas sem recorrência de conceitos científicos (C1) ou fontes válidas de informação científica (C9).

Acredita-se que as respostas apresentadas ao questionamento 3 só precisam ser aprimoradas, de modo que o percurso investigativo promova o levantamento de hipóteses para que não só novos conhecimentos surjam, mas também que os conhecimentos prévios sejam reaproveitados e aperfeiçoados (SASSERON, 2015; AZEVEDO, 2004; PÉREZ, 1993).

No quarto questionamento *“Você conhece os procedimentos técnicos adotados na aplicação de tatuagens? Se sim, faça a descrição destes procedimentos.”* todos os estudantes deram respostas negativas, informando que não conheciam as técnicas. Cinco estudantes apresentam respostas além do “não”, como os estudantes A, D e G, que mencionam a limpeza e segurança como procedimentos, já o estudante J escreve sobre o processo da esterilização e procedência da tinta, enquanto que o estudante K menciona a depilação. Embora sejam respostas curtas, os cinco estudantes tentaram responder, mas, de fato, não se configuram como técnicas básicas na aplicação das tatuagens.

Todas essas considerações são apresentadas pelos estudantes utilizando uma linguagem informal, não se preocupando em usar expressões bem formuladas. Nota-se,

claramente, que existe um conhecimento mais aguçado no estudante A, quando cita a cicatrização na primeira problemática; os raios solares em detrimento da cor vermelha na segunda problemática; e a mistura das tintas com água na resposta para a terceira problemática. O estudante I informa que leu certa vez na *internet* sobre a cor vermelha, o que nos indica uma curiosidade pelo assunto e o estudante K que expõe um apreço pelas questões biológicas.

Essas observações elucidam que a alfabetização científica é um processo contínuo, como aponta Carvalho (2009), em que as atividades aplicadas aos estudantes possam propagar sua cultura e promover conhecimentos e experiências científicas para a reconstrução de novos significados.

Quase nenhuma estudante mostrou conhecimento quanto aos procedimentos técnicos da aplicação de tatuagens. Mesmo os estudantes que tentaram mostrar conhecimentos (A, D, G, J e K), ainda assim não configuram satisfatórios, uma vez que envolvem mais etapas (GIARETTA, 2015; FAZENDA, 1995; RETONDO; FARIA, 2009).

Dessa forma, acredita-se que as respostas apresentadas por esses estudantes contemplam de maneira significativa a carência de informações acerca do assunto em pertinência. Para o avanço e promoção do conhecimento químico, serão analisadas todas as atividades investigativas com o objetivo de retomar o problema para obtenção de respostas mais sólidas quanto aos questionamentos apresentados.

3.2. ANÁLISE DAS ATIVIDADES E DIÁLOGOS DOS ESTUDANTES DESENVOLVIDOS NA SDI

A análise das atividades de exibição de vídeos seguida de debate, da aula expositiva dialogada e da experimentação investigativa sobre o tema tatuagens refere-se ao seguinte objetivo de pesquisa: *Analisar o processo de construção do conhecimento pelos estudantes acerca do tema tatuagens, na perspectiva do conhecimento químico, das atividades e da alfabetização científica, a partir do desenvolvimento de uma sequência didática investigativa (SDI).*

3.2.1. Exibição do Vídeo 1

Ainda no primeiro momento da SDI, os estudantes foram apresentados ao vídeo “Dica para FAZER TATUAGEM COLORIDA – Escola de Tatuadores”, disponível no *YouTube*, através do *Link*: <https://www.youtube.com/watch?v=GJ9UWcNi8MQ> – tempo de *9min23s* – com apresentação de *Marcelo Gollen*, autor do canal. O debate sobre esse vídeo foi a primeira estratégia didática, com finalidade de discutir com os estudantes as principais técnicas na aplicação de tatuagens, e as informações superficiais sobre esta aplicação, especificamente, de tintas coloridas, que ajudaram a elucidar o terceiro e quarto questionamentos do problema.

1c) Existem riscos quanto ao profissional escolhido, o local de aplicação e quanto às tintas usadas para a aplicação de tatuagens? Se sim ou não, por quê? Por exemplo, Bianca deve se preocupar com o desenho do pôr-do-sol que é colorido, o qual ela escolheu para fazer sua tatuagem? Se sim ou não, por quê?

1d) Você conhece os procedimentos técnicos adotados na aplicação de tatuagens? Se sim, faça a descrição destes procedimentos.

Durante o debate sobre o vídeo, os comentários mais importantes dos estudantes foram considerados, objetivando avaliar possíveis relações com os indicadores de alfabetização científica. Observou-se, inicialmente, as discussões feitas pelos estudantes acerca das expressões relacionadas às cores das tatuagens, e o procedimento necessário em cada uma das aplicações. Pode-se observar a seguir nas falas de alguns estudantes:

“O tatuador utiliza instrumentos diferentes para cada cor” (estudante D). Ou até mesmo:

“O tatuador informa que é necessário ter cuidado com a abertura dos poros para não inserir uma cor diferente daquele que a pessoa quer.” (estudante A).

Percebe-se, a partir dessas respostas apresentadas e de outras semelhantes, que muitos estudantes compreendem aspectos importantes sobre o cuidado quanto às técnicas de aplicação de tatuagens com segurança.

“É até uma questão lógica, né!? Se ele não usar instrumentos diferentes uma cor interfere na outra e não pode, porque a tatuagem não sai mais.” (estudante G) – *“Verdade”*, concordam os estudantes I e K.

De fato, como informa o estudante G, o manuseio dos instrumentos das tatuagens requer cuidado, pois, levando em consideração os mais diversos traços e cores, é mais adequado que haja um instrumento para cada tipo de desenho. Conclusões que puderam ser tiradas com a exibição do vídeo 1. Porém, apesar de todo rigor e segurança necessários, o apreço pelas tatuagens também mostra, muitas vezes, certo desapego pelas técnicas de aplicação adequadas:

“O que acontece, professor, é que a vontade de fazer tatuagem é tão grande, que nem damos conta de que existe uma série de cuidados. Eu mesma não me dou conta de que a máscara é importante, fico atenta sempre se o tatuador está de luva” (estudante L).

Os itens de segurança individual são obrigatórios para qualquer intervenção invasiva como a aplicação de tatuagens, a observação feita pela estudante L se faz necessária, uma vez na falta desses itens podem configurar riscos sérios de infecção (FERREIRA; D’ASSUNÇÃO, 2006; GIARETTA, 2015). Além disso, as falas dos estudantes D, A, I, G e L – anteriormente mencionadas – expressam características de indicadores C9 (conhecimento de fontes válidas de informação científica e tecnológica e recorrência a elas quando diante de uma situação de tomada de decisão) e também C3 (reconhecimento dos limites da utilidade das ciências e das tecnologias para o progresso do bem-estar humano), pois os estudantes somaram suas observações prévias com as informações do vídeo para discutirem sobre o procedimento das técnicas das tatuagens.

A partir desta fala do estudante L, iniciou-se uma discussão na sala em torno das responsabilidades que devem ser exercidas por muitos profissionais, principalmente em relação as suas práticas, visto que qualquer pessoa pode ser tatuador/tatuadora, embora não seja adequado. Ao longo das discussões mais questões acerca das técnicas foram levantadas:

“É muito comum a gente não dar importância à higiene e à segurança, podemos até citar o exemplo da pandemia... Existem muitas pessoas que não usam máscaras, fico

imaginando a preocupação delas na hora de fazer uma tatuagem. Não olham nada.” (estudante K);

“De fato, esses processos de corte se faz necessário luvas e óculos também... Vai que pinga sangue no olho. É muito perigoso! Se a pessoa tiver alguma doença [...]” (estudante B);

“Até mesmo no vídeo a gente percebe o uso da luva e equipamentos descartáveis.” (estudante G), com a concordância dos estudantes A e B;

“Não faz sentido a pessoa querer fazer tatuagem e não cuidar pra procurar saber quem é um bom profissional, que higieniza o local, que usa materiais descartáveis, que usa produto de qualidade. É o mínimo que a pessoa pode fazer, depois a tatuagem dá problema e aí? O prejuízo pode ser grande.” (estudante K).

Essas falas, além de mostrar o reconhecimento dos limites da utilidade das ciências e tecnologias (indicador C3), também expõem a interação entre os estudantes que, segundo Newman e colaboradores (2004), quando os estudantes estão engajados em atividades investigativas, eles podem descrever objetos e fenômenos usando evidências, lógica e imaginação para buscar explicar sobre o mundo natural. Essas evidências e lógica são percebidos com os indicadores C9, quando há a busca por fontes válidas para a tomada de decisões; e C6, quando os estudantes vão percebendo que o saber científico sobre tal fenômeno depende do processo de pesquisas.

O pesquisador intervém nas discussões dos estudantes e introduz uma nova problemática: *Utilização de equipamentos de segurança e o caminho não tão burocrático para tornar um profissional tatuador*. Prontamente, os estudantes expõem suas considerações sobre a problemática apresentada. Alguns deles afirmaram que, muitas vezes, esses profissionais são estimulados através de amigos próximos, que já têm pelo menos uma tatuagem, e gostariam de fazer outras, mas com profissionais conhecidos.

Podemos observar um depoimento do estudante L sobre sua própria experiência da aplicação de tatuagens:

“Sempre tive vontade de fazer tatuagem desde pequeno. Eu queria mesmo era fazer, estava com muita expectativa. Confesso que quando procurei um desenho massa – porque fica para sempre, né? Não atentei para um local adequado, e não pesquisei sobre a segurança e higiene. Sei que deveria, mas não pesquisei, e também procurei o local mais barato, porque existem alguns lugares que são bem caros como já vi no instagram”.

O estudante revela ter feito a tatuagem sem nenhuma orientação prévia e demonstra prioridade no preço, certo descuido para os critérios envolvendo as técnicas e falta de segurança e higiene no estúdio. O estudante K até questionou a atitude do colega evidenciando que foi um risco muito grande se submeter à aplicação de tatuagem sem conhecer o profissional e alertou a todos da sala que essas questões envolvendo agulhas são bem perigosas, pois pode gerar infecções (FERREIRA; D’ ASSUNPÇÃO, 2006; GIARETTA, 2015; KARYMOV; VOROBIEV; KALASHNIKOVA, 2018).

Os estudantes descreveram informações importantes abordadas no vídeo. Discutiram que além da atenção para as técnicas adequadas, deve-se ter um cuidado especial com relação aos procedimentos e técnicas de aplicação de tatuagens, desde a esterilização dos materiais até o processo de acabamento. Ainda, ressaltaram que pode ocorrer infecções, sendo necessário intervenções médicas, caso ocorra problemas mais graves em virtude da má manipulação da pele no momento da aplicação. Observa-se no diálogo abaixo a explicação dos estudantes com relação ao exposto no vídeo.

“O mais interessante no vídeo é a questão das tintas coloridas, o tatuador parece enfatizar muito os cuidados e as técnicas aplicadas a essas cores, é como se elas fossem mais problemáticas.” (estudante B)

“É porque elas são mais perigosas que as pretas, que são mais fáceis de manipular, eu acho.” (estudante L)

“Será que é por isso que a gente vê mais tatuagens pretas nas pessoas? Tipo, não que não tenha pessoas com tatuagens coloridas, mas as pretas são mais frequentes, até mesmo pelas frases. Muita gente usa frases, né!?” (estudante E)

“É mesmo! Frases e símbolos, a galera usa muito.” (estudante A)

Nota-se que os estudantes levaram em consideração os maiores cuidados com as tatuagens coloridas, que fica evidente na exibição do vídeo 1, pois elas causam maiores problemas dérmicos por causa das pigmentações (FERREIRA; D' ASSUNPÇÃO, 2006; GIARETTA, 2015; FAZENDA, 1995). Ademais, as falas mostram construções hipotéticas acerca do conteúdo que está sendo analisado, que são *“os impactos no corpo humano decorrentes do uso de tatuagens (PERNAMBUCO, 2021)”*.

Essas hipóteses são esperadas de acordo com a proposta investigativa de Sasseron (2015), sendo possível indício de manipulação de variáveis. Tais variáveis ajudaram a responder a quarta problemática do problema com maior precisão, pois o vídeo 1 mostra as principais técnicas básicas na aplicação das tatuagens, além de dar suporte para a terceira problemática, fazendo com que os estudantes comecem a assumir uma postura de pesquisadores, corroborando com o que se espera de um indivíduo alfabetizado cientificamente, como propõe o indicador C7 – realização da distinção entre resultados científicos e opinião pessoal.

Sobre a cor da pele e possível situação apresentada no problema: *“[...] Ambos são pardos, porém a tonalidade da pele de Marcos é mais escura devido a uma alta quantidade de melanina em sua pele”*, o debate discorreu sobre a autonomia de cada pessoa sobre seu próprio corpo. Os estudantes foram conscientizados que aplicação de tatuagem é orientada para maiores de idade, e em casos de aplicação em faixa etária inferior a 18 anos, deve haver o consentimento dos pais. Apesar disso, a melanina foi destaque de algumas falas dos alunos, a seguir:

“Prof, acho que a melanina tem nada a ver com a aplicação não.” (estudante A)

“Também acho! A pessoa querendo a tatuagem, ela pode fazer o que quiser, independente de negro ou branco.” (estudante F)

“A melanina só pigmenta a pele negra, que funciona como proteção ao sol. Isso é até bom, porque a pele branca nem tem.” (estudante I)

“Se a gente analisar por esse lado da proteção, então tem nada a ver, não. Quem for negro e quiser fazer qualquer tatuagem, só é fazer.” (estudante C)

As falas desses estudantes mostram mais hipóteses adquiridas durante o diálogo em relação ao vídeo. Os estudantes A e F comentam sobre a não relação da melanina com as tatuagens em si e o estudante I complementa dizendo que a melanina apenas funciona para proteger (a pele) do sol. Esses comentários se aproximam do conhecimento da ciência, pois os melanócitos basicamente têm mesmo essa função e não apresentam nenhuma relação com pigmentação exógena (RETONDO; FARIA, 2009; GIARETTA, 2015). O vídeo não traz abordagem sobre o conceito da melanina, de modo que essas são observações prévias dos estudantes.

Baseado nas discussões dos estudantes, verificou-se que os estudantes utilizam seus conhecimentos e vivências pessoais para expressar seu entendimento sobre as técnicas de aplicação da tatuagem, principalmente no que se refere aos equipamentos de proteção, processos de esterilização, higiene e qualidade dos materiais. Nas discussões do vídeo 1, o diálogo dos estudantes e suas falas mostraram engajamento da proposta da temática e envolvimento com as atividades do primeiro momento.

As primeiras hipóteses foram observadas no debate sobre o vídeo 1, e contribuíram para que os alunos adquirissem conhecimentos sobre os procedimentos técnicos básicos, adotados na aplicação de tatuagens. Essas hipóteses se configuram como uma importante etapa na construção do conhecimento científico (ZABALA, 2018; PÉREZ, 1993; AZEVEDO, 2004), além disso, são necessárias para subsidiar a construção do processo de alfabetização científica (SASSERON, 2015; CARVALHO, 2009, 2018).

A análise aponta que os estudantes demonstraram compreender que o conhecimento das técnicas é necessário para que haja uma correta tomada de decisão para a aplicação de tatuagens, que indica a presença dos aspectos C2 (compreensão de que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias, bem como as ciências e as tecnologias refletem a sociedade), C3 (reconhecimento dos limites das ciências e das tecnologias para o progresso do bem-estar humano) e C9 (conhecimento de fontes válidas de informação científica e tecnológica e recorrência a elas quando diante de situação de tomada de decisões) da alfabetização científica, conforme Sasseron e Carvalho (2018).

Apesar de os estudantes não terem identificado todos os processos – com detalhes – envolvendo as técnicas de aplicação das tatuagens, eles citaram algumas delas. No debate sobre o vídeo 1 foram comentadas: a importância dos equipamentos de segurança e higienização; a problemática envolvendo o uso de tintas coloridas e as possíveis diferenças

com o uso da tinta preta; e questões sociais, como o elevado número de aplicação de tatuagens na atualidade, e como a sociedade encara tal prática.

Em síntese, a atividade de debate sobre o vídeo, que tratou acerca da segurança na aplicação, e química das tintas das tatuagens, possibilitou trocas de informações e interações (estudantes e pesquisador, estudantes-estudantes, estudante-conhecimento) sobre aspectos sociais e tecnológicos, como também despertar a atenção sobre os perigos da aplicação inadequada de tatuagens. Tais interações são esperadas segundo Sedano e Carvalho (2012), além de desenvolver a autonomia dos estudantes, que é um aspecto frequente nas atividades investigativas que promovem a alfabetização científica (SASSERON, 2015).

3.2.2. Exibição do Vídeo 2

No segundo momento da SDI, inicialmente, os estudantes assistiram ao segundo vídeo “A Química das Tatuagens”, disponível no *YouTube*, através do *Link: <https://www.youtube.com/watch?v=wPwIfcHRQcg>* – tempo de *2min23s* –, com apresentação de *Cláudia Semedo*. Esse vídeo foi utilizado como recurso didático, cuja finalidade foi discutir com os estudantes a constituição química dos pigmentos, usados nas tintas da tatuagem, destacando o metal correspondente em cada uma das principais cores das tatuagens, que ajudaram a elucidar o segundo e terceiro questionamentos do problema.

1b) Ocorrem interações químicas nos pigmentos das tintas usadas na aplicação de tatuagens, que podem apresentar uma preocupação de biossegurança a Bianca, Marcos e qualquer pessoa que deseja fazer tatuagens? Se sim, quais?

1c) Existem riscos quanto ao profissional escolhido, o local de aplicação e quanto às tintas usadas para a aplicação de tatuagens? Se sim ou não, por quê? Por exemplo, Bianca deve se preocupar com o desenho do pôr-do-sol que é colorido, o qual ela escolheu para fazer sua tatuagem? Se sim ou não, por quê?

Neste início, esperou-se que os estudantes estivessem mais atentos e com um olhar mais crítico para todas as atividades que iriam acontecer. Acredita-se que o primeiro momento engajou os estudantes, suficientemente, para que eles despertem interesse para os

assuntos em questão. Mais uma vez, as cores das tatuagens despertaram discussões dos estudantes, como vemos em algumas falas a seguir:

“Não sabia que tinha metais nas tintas de tatuagens.” (estudante B)

“Metais? Sério? Que resenha!” (estudante E)

“E ingerem metais na gente? Quer dizer, em quem faz tatuagem? Como assim?”
(estudante L)

“Todas as cores tem metais? Metais de metal? Tipo ferro?” (Estudante I)

As indagações dos estudantes são pertinentes, entretanto, não trazem uma ideia mais elaborada sobre a conceituação de metais com base no conhecimento químico, como mostram mais algumas falas abaixo, complementando as anteriores:

“Eu pensei que só tinha metal em materiais duros, tipo sólidos, como o ferro.”
(estudante A)

“A tabela periódica tá cheia de metal e a gente nem liga que eles podem estar em vários lugares, o problema é quando ingere isso no corpo. Deve ter algum tipo de efeito ruim, né, prof.!?” (estudante G)

Os estudantes parecem espantados com o fato de alguns pigmentos terem metais em sua estrutura, além de demonstrarem preocupação com as informações do vídeo 2. Esse sinal de preocupação mostra o desenvolvimento do espírito questionador como prevê Magnusson, Palincsar e Templin (2004). Isso aponta para o indicador C4, pois há a apreciação das ciências e tecnologias através da estimulação intelectual, além de aproximarem o conteúdo químico para os diálogos em questão ao tratarem de estruturas organometálicas para os pigmentos orgânicos e metais muitas vezes pesados para os pigmentos inorgânicos (GIARETTA, 2015; FAZENDA, 1995).

Houve, ainda, muitos questionamentos quanto à cor preta e branca, que notamos nas seguintes falas:

“Como assim a preta tem carbono? O mesmo carbono do carvão?” (estudante K)

“Engraçado como são as coisas, o carvão do churrasco é usado nas cores pretas. Mas professor, é o mesmo carvão que usamos para queimar? Como pode isso?” (estudante A, com indagação dos estudantes B, C e G)

É interessante notar como os estudantes atribuem a compreensão dos elementos químicos às questões macroscópicas muito específicas, como se os elementos químicos não pudessem pertencer à estrutura química de uma grande quantidade de moléculas e substâncias, mas se restringissem apenas a alguns materiais específicos. Muitos estudantes acham que o carbono só pode ser encontrado no carvão, como se este não metal não pudesse estar presente em outros materiais químicos (ATKINS; SHRIVER, 2008; FELTRE, 2002; FAZENDA, 199). As indagações sobre as cores pretas e brancas das tatuagens continuam:

“A moça do vídeo mostra as substâncias encontradas nas cores brancas, esse Ti, Zn e Pb são titânio, zinco e chumbo. Acabei de ver aqui na tabela periódica e até agora não entendi. Chumbo? Sério, prof.!?” (estudante K)

“TITÂNIO E CHUMBO?” (estudante J)

“Mas chumbo num é um metal pesado?” (estudante D)

“Então toda vez que uma pessoa aplica uma tatuagem branca sobre a pele, ela está colocando chumbo na sua pele? Mas se for assim, as pessoas não morrem, essa quantidade deve ser baixa”. (estudante A)

“Ainda tô passada que a preta tem carbono, imagine o chumbo na branca!” (estudante L)

As falas dos estudantes demonstram raciocínio hipotético-dedutivo quando questionam sobre o metal pesado nas tintas, o que leva ao estudante K buscar na tabela periódica as siglas que aparecem no vídeo 2. Essa ação de manusear supostas variáveis, como

a identificação da sigla e a busca na tabela periódica, é prevista por Welligthon (2000) no processo de investigação como uma abordagem didática e também por Carvalho (2011) quando ocorre a ação manipulativa para a ação intelectual. Além disso, de concatenar com o indicador C6 da alfabetização científica, uma vez que há a compreensão de que os saberes científicos dependem, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Como os estudantes abordaram muito sobre o carbono contido nos pigmentos pretos e o chumbo no pigmento branco, foi perguntado (professor e autor) o que eles sabiam sobre o titânio; se tinham alguma ideia de que metal era esse ou se já ouviram falar. O estudante I comentou se era o mesmo usado em painéis solares. Segue:

“Com essa onda de painéis solares, vi uma vez na internet que usam placas de titânio para converter a energia do sol. Aí a gente vê como a química é uma onda, o elemento do painel tá lá na tinta branca e a gente tem nem ideia. Fico me perguntando se isso age de uma forma específica no corpo.”

A união do conhecimento prévio sobre o titânio, advindo de pesquisas – antes mesmo desta intervenção didática – mostra um certo raciocínio comparativo do estudante quando ele faz conexões do titânio no pigmento e no painel solar. Mesmo que ele não soubesse que o titânio está contido em pigmentos brancos, o vídeo 2 mostrou isso e, naturalmente, ele faz esta associação. Essas observações ajudam a responder a segunda problemática do problema norteador, pois os estudantes começaram a entender sobre as possíveis interações químicas (ARL, 2018; FAZENDA, 1995; GIARETTA, 2015; FELTRE, 2002). Essa observação aponta para o indicador C7, pois os estudantes vão entendendo que há uma diferença entre resultado científico e opinião pessoal (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Semelhantemente à cor branca, foi perguntado se eles tinham conhecimento de alguma substância que foi mostrada para as cores azuis, pois além das cores pretas e brancas, o vídeo “Química das Tatuagens” exemplifica também a cor azul, deixando clara a presença de sais de cobre e óxidos de cobalto. Alguns estudantes debateram acerca do cobre, em termos comparativos, mas em relação ao cobalto não houve muita repercussão.

“Esse cobre eu já ouvi falar nos fios. Precisamos pesquisar pra ver o que tem mais, né!?” (estudante C)

“É! Deve ser o cobre brilhoso dos fios, o vermelho metálico. Já esse cobalto eu não conheço.” (estudante A)

“Eu tô começando a ficar preocupada, pois eu tô vendo que essas tintas são todas tóxicas. Olha o tanto de coisa nessas cores. Do nada tem material de fio e painel solar.” (estudante L)

Mais uma vez, há certa preocupação dos estudantes pelo que está sendo analisado. Do ponto de vista químico, a distribuição dos elementos químicos na natureza e nos materiais acontece de forma ampla (ATKINS; SHRIVER, 2008; FELTRE, 2020) e tais aspectos puderam ser percebidos por características simples atribuídas ao cobre, como seu brilho e cor.

Além disso, o estudante C comenta sobre a necessidade de pesquisar sobre as características dos metais pertinentes às tintas. Isso mostra forte presença do indicador C6, pois a produção de saberes científicos depende, ao mesmo tempo, de processos de pesquisa e de conceitos teóricos (SASSERON; CARVALHO, 2011).

É possível perceber uma preocupação dos estudantes quanto à química das tatuagens. Certamente os estudantes não sabiam da procedência das tintas, nem das substâncias que compunham os pigmentos. Os estudantes B, C, I e K retrucaram o fato de existirem outros metais nas cores azul, preta e branco (aquelas abordadas como exemplo no vídeo) ou se existem metais específicos para cores diferentes, perguntando, inclusive, se escudaríamos todas as cores. Foram informados que se daria ênfase durante a SDI em quatro cores, mas que todos poderiam pesquisar especificamente sobre cada cor para uma possível análise dos riscos e até mesmo para atender a curiosidade sobre o conhecimento químico.

É muito comum esses questionamentos sempre quando o assunto é tatuagem. Foi solicitado que eles fizessem mais pesquisas a respeito da temática tatuagens para ampliar o conhecimento. De fato, o vídeo contribuiu para que os alunos fossem submetidos, de forma introdutória, ao conhecimento químico de alguns pigmentos das tatuagens.

Novas hipóteses puderam ser levantadas, pois as observações feitas em relação aos possíveis metais contidos nas tatuagens levaram os estudantes a perceber que a prática em si confere alguns perigos se não houver os devidos cuidados. Isso pode contribuir para a alfabetização científica, pois existem indícios dos indicadores C1 (utilização de conceitos

científicos para integrar valores e saber tomar decisões no dia a dia) e C5 (extração da formação científica para uma visão de mundo mais rica e interessante).

A utilização do vídeo 2 contemplou os objetivos da estratégia didática, pois o conhecimento químico foi adquirido e levou os estudantes a refletirem, de forma introdutória – ainda há outras estratégias de ensino – nos elementos químicos que podem ser encontrados nas tintas de tatuagem. Assim, a estratégia de ensino contribui para embasar a segunda problemática.

Como afirma Azevedo (2004), os estudantes foram levados a pensar, refletir, debater e tentar justificar suas ideias e seus conhecimentos construídos em situações novas. Perez (1993) também propõe que a participação ordeiramente e ativamente nos debates, constitui uma finalidade do ensino por investigação, além da motivação dos estudantes na procura do caminho para encontrar uma ou mais soluções para o problema (CARLSON; HUMPHREY; REINHARDT, 2003; PEREZ, 1993; CARVALHO, 2018).

3.2.3. Apresentação, leitura e debate sobre os Textos Motivadores

Ainda no segundo momento da SDI, os estudantes foram divididos em quatro grupos com três alunos cada (sendo o mesmo grupo de trabalho na atividade experimental – mais a frente), denominados pelos codinomes: G1 (estudantes A, B e C); G2 (D, E e F); G3 (G, H e I); e G4 (J, K e L). Aos grupos, foram apresentados dois textos motivadores: “1 – *Seria a cor vermelha a mais perigosa?*” e “2 – *O que mudou dos corantes naturais para os corantes sintéticos? Química? Efeitos?*”, que se configuraram como um recurso didático, que foi usado na atividade de leitura e debate pelos estudantes, acerca dos perigos envolvendo a aplicação de tatuagens, em virtude de possíveis reações espontâneas que podem ocorrer com algumas estruturas químicas. Além disso, gerar no estudante a curiosidade científica associada as estruturas químicas de corantes usados nas tatuagens antes da aula expositiva dialogada.

Os textos motivadores 1 e 3 foram utilizados como recurso didático, cuja finalidade foi discutir com os estudantes a constituição química dos pigmentos, usados nas tintas da tatuagem, que ajudaram a elucidar o segundo questionamento do problema.

1b) Ocorrem interações químicas nos pigmentos das tintas usadas na aplicação de tatuagens, que podem apresentar uma preocupação de biossegurança a Bianca, Marcos e qualquer pessoa que deseja fazer tatuagens? Se sim, quais?

Durante o debate dos textos, os comentários mais pertinentes dos estudantes foram considerados para avaliar possíveis avanços no processo da alfabetização científica. Inicialmente, os estudantes foram orientados pelo professor pesquisador nos debates entre os grupos, buscando dar ênfase às palavras que não ficaram claras nos textos, com relação às questões do conhecimento químico sobre tatuagens.

Inicialmente, as discussões concentraram-se no texto motivador 01, com a tentativa de entender a baixa solubilidade da cor vermelha. Segue algumas falas dos alunos/grupos:

“Como assim, baixa solubilidade?” (estudante G/grupo 2)

“A cor vermelha não pega bem na pele por causa que ela não mistura bem. Por isso as tatuagens vermelhas perdem o brilho com o tempo, a cor vai se desgastando.” (estudante L/grupo 4)

“Mas a gente precisa ver que o texto diz que são 32% só, o resto fica lá e é a maior parte. É como se a estrutura do vermelho uma parte fosse boa e outra ruim. Tô falando na questão de misturar.” (estudante A/grupo 1)

“Acredito que a estrutura do vermelho é rompida em três pedaços, aí depois da quebra a parte ruim gera o câncer e a outra não.” (estudante B/grupo 1)

A observação do estudante G levanta dúvida sobre a solubilidade do pigmento e o estudante L comenta que a solubilidade está relacionada com o fato de misturar bem ou não em outra substância, de modo como acontece com o pigmento vermelho (RAMOS, 2020; FELTRE, 2002). O estudante A retoma o texto motivador 1 e explana para os colegas um dado importante do texto: o fato de apenas 32% do pigmento não solubilizar bem na pele – e o estudante B complementa informando sobre o rompimento da estrutura do pigmento e seus produtos cancerígenos.

De fato, existem regiões de possível reações químicas para gerar produtos cancerígenos no pigmento vermelho (RAMOS, 2020), mas a não solubilização completa da estrutura indica que ela não reage bem com a pele, fazendo com que haja tais regiões sejam mais facilmente descamadas e isso é apontado pelo estudante L, de modo que o estudante A

levanta a hipótese de que uma parte da estrutura é boa e outra é ruim, acredita-se que essa observação se refira a parte da tatuagem que permanece na pele e outra parte que não permanece, respectivamente.

Os comentários dos estudantes L, A e B – anteriores – indicam processo da alfabetização científica no que se refere ao indicador C6, pois há a compreensão de que a produção dos saberes científicos dependem de processos de pesquisas e conceitos teóricos, além do indicador C1, pois há a utilização de conceitos científicos para saber tomar decisões no dia a dia.

O estudante K/grupo 4 explicou com maior clareza o que o texto poderia estar informando sobre a baixa solubilidade do pigmento vermelho, inclusive, complementando os problemas causados na pele.

“Acredito que quando o texto fala de baixa solubilidade, tem a ver com se é solúvel ou não. Tipo, a tinta não interage bem com os tecidos da pele, como água e óleo não misturam bem. Aí dessa forma, essa parte que não solubiliza bem, fica na pele e ela deve entender como algo estranho, aí é quando entram as inflamações e os problemas da pele.”

O estudante K aperfeiçoa as discussões e usa o exemplo da água com o óleo para esclarecer acerca do pigmento vermelho na pele. Entendeu-se o exemplo como uma tentativa de entendimento e é considerável para a construção do conhecimento, pois o raciocínio indica que o conhecimento químico está sendo discutido, embora a água e óleo não se solubilizam de forma alguma, diferentemente do pigmento vermelho que há uma porcentagem de solubilização (ATKINS; SHRIVER, 2008; FELTRE, 2020).

Depois da fala do estudante K, mais comentários sobre a solubilidade foram sendo levantadas, dessa vez em comparação com os outros pigmentos, como pode ser visto abaixo:

“O texto só fala do vermelho. E as outras cores? São menos perigosas?” (estudante J/grupo 4)

“Talvez as outras cores solubilizem melhor que o vermelho. Sem falar que a estrutura do vermelho é grande, talvez isso influencie.” (estudante F/grupo 2)

“O que seria esse agrupamento azo? Não lembro de termos estudado esse grupo funcional. É algum específico?” (estudante B/grupo 1)

O termo clivagem foi considerado pelos estudantes. Segundo Muller (1994), a clivagem é a divisão de ligações químicas, de modo que o rompimento da molécula gera dois ou mais fragmentos, o que acontece exatamente com o pigmento vermelho quando exposto a raios ultravioletas (RAMOS, 2020). Segundo a leitura do texto e análise do esquema representacional da clivagem, para alguns ficou claro o significado desta palavra, embora muitos não soubessem ainda definir bem, conforme comentários a seguir:

“Essa clivagem deve ser a quebra da estrutura.” (estudante C/grupo 1)

“Pelo texto, a clivagem é a mesma coisa que quebra, até pela imagem, parece que a estrutura foi quebrada em três outras.” (estudante I/grupo 3)

“A clivagem sempre ocorre nesses lugares específicos da estrutura? Porque se fosse quebrada em locais diferentes, não geraria essas substâncias cancerígenas, né?!” (estudante A/grupo 1) – *“Com certeza!”*, respondeu o estudante K/grupo 4.

“Acho que ela só quebra nesses locais porque espontaneamente é assim que acontece, é mais confortável para a cor vermelha.” (estudante F/grupo 2)

O texto motivador 1 não traz o conceito de clivagem, mas os estudantes tiveram conclusões coerentes de acordo com a imagem apresentada e puderam compreender os perigos do pigmento vermelho através do conhecimento químico. As ligações químicas podem ser formadas para gerar novas substâncias, mas também podem ser desfeitas em condições específicas (ATKINS; SHRIVER, 2008; FELTRE, 2002).

As falas dos estudantes demonstram o processo da alfabetização científica, de modo que as observações feitas apontam para o indicador C9, pois o texto motivador 1, devidamente referenciado, se configura como uma fonte válida de informações científicas e isso dá embasamento para a tomada de decisões. Isso fica mais evidenciado, quando tais respostas ou expressões são usadas para situar um bom argumento, objetivando responder a

segunda problemática do problema. Além disso, o indicador C3 se faz presente, uma vez que os limites das ciências são reconhecidos para o progresso do bem-estar humano.

De fato, houve muitas indagações quanto ao pigmento vermelho, principalmente porque os estudantes se remeteram as outras cores, com perguntas do tipo: “E as outras cores?” e “As outras cores são grandes também?”. Mesmo que tais questionamentos não respondam, propriamente, às questões teóricas do conhecimento da Química, mostram uma evidência da curiosidade dos estudantes com relação aos pigmentos usados nas tatuagens. No EPI, a curiosidade pode levar os estudantes, conforme destaca Carvalho (2018), a pensar, falar e ler, considerando a estrutura do conhecimento abordado.

Esses aspectos também corroboram com Carlson, Humphrey e Reinhardt, 2003 apud Carvalho (2018), quando explicitam a importância de explorar e descobrir, que indicam a passagem da ação manipulativa para ação intelectual, processo de extrema importância no EPI.

O segundo texto motivador buscou como finalidade debater com os estudantes sobre as estruturas químicas dos pigmentos, mas desta vez comparando os pigmentos que eram usados antigamente com o que são usados atualmente. Esperamos que esse texto traga contribuições para a presença do indicador C10 (compreensão da maneira como as ciências e tecnologias foram produzidas ao longo da história).

Nesse momento, muitas dúvidas foram levantadas pelos estudantes porque eles buscaram comparar a estrutura das substâncias químicas dos pigmentos azuis (texto motivador 2) com as do pigmento vermelho. Segue falas dos estudantes:

“Lembro do professor falar do anel benzeno e ele aparece na cor vermelha (pigmento) e na cor azul.” (estudante B/grupo 2)

“O anel benzeno é aquele com seis carbonos e três duplas ligações, né!? Tô lembrada.” (estudante L/grupo 4)

“Será que essa estrutura, o benzeno, tem alguma coisa a ver com a tinta? Tipo... será que todas têm ela?” (Estudante I/grupo 3)

“Eu tava vendo que quando a cor vermelha sofre a quebra, as substâncias formadas todas têm o anel benzeno.” (estudante K/grupo 4)

Percebe-se nestas falas a elaboração de hipóteses pelos estudantes sobre o anel aromático (benzeno), buscando analisar possíveis conexões com a clivagem apresentada no pigmento vermelho. Além disso, a estudante L faz uma conexão com um conhecimento prévio sobre a estrutura do anel aromático e o estudante K observa que todas as substâncias geradas após a clivagem do pigmento vermelho contêm o anel aromático, como também o próprio pigmento azul, indicados no texto motivador 2 (RAMOS, 2020; FONSECA, 2007).

O estudante B lembra aos outros estudantes dos metais que foram abordados no vídeo 02 (início desse segundo momento) e afirma que a cor azul tem cobre (Cu) e muitos nitrogênios, (N) assim como na estrutura química do pigmento vermelho, havendo, de fato, aproximação com o conhecimento químico, pois as hipóteses dos estudantes apontam para as características do anel benzeno, como se fosse crucial para as estruturas não podendo faltar.

Tais observações é o que esperou-se do estudante submetido ao EPI, pois há presença do espírito questionador, manipulando variáveis através de pesquisas, como aponta o indicador C6 da alfabetização científica (compreensão que a produção dos saberes científicos depende, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos) (SASSERON, CARVALHO; 2008). A comparação entre os pigmentos abordados em textos diferentes configura-se como uma boa reflexão, podendo propiciar uma melhor compreensão dos estudantes sobre as estruturas Químicas envolvidas nos diferentes pigmentos usados nas tatuagens.

Em seguida, os estudantes começam a achar que os nitrogênios presentes na estrutura química dos pigmentos podem se relacionar com os processos de fixação da cor na pele, e até concluem que as duplas ligações na estrutura não configuram perigo, já que a cor azul não faz clivagem como a vermelha. Pelo menos não naquelas circunstâncias. Notam-se essas observações nas seguintes falas:

“A gente precisa ver que as duas têm nitrogênio, então não acho que o nitrogênio seja perigoso.” (estudante A/grupo 1)

“A azul tem até mais nitrogênio que a vermelha.” (estudante I/grupo 3) – com concordância dos estudantes A (grupo 1), G (grupo 3) e J (grupo 4)

“Acho que a azul é mais compacta que a vermelha, vejam a vermelha, ela é mais linear, fina, acho que a vermelha é mais fraca.” (estudante B/grupo 1)

“Bem, esse pigmento vermelho não tem nenhum um metal pesado, já azul tem. Esse cobre é perigoso, né!? Num é o metal do fio, que a gente comentou antes?” (estudante L/grupo 4)

“Essas duplas ligações das duas... elas são bem comuns na maioria das coisas que eu já vi e mais uma vez vejo um monte das duas cores. Acho que é só da estrutura mesmo, não acho que são perigosas por causa disso...” (estudante K/grupo 4)

“Também não. Acho que só mantêm a ligação química mesmo.” (estudante F/grupo 2)

As falas anteriores denotam características de proximidade ao conhecimento químico, além das muitas suposições feitas pelos estudantes ainda em processo de pesquisas. A observação de que os nitrogênios não configuram um fator decisivo para os perigos da cor vermelha, bem como a quantidade de ligações duplas, são boas reflexões sobre conhecimento químico atribuído, pois os estudantes começam a entender que tais fatores – presença de elementos químicos e características de ligações – podem ou não influenciar no modo como o pigmento poderá interferir na tatuagem.

Logo, é possível perceber a presença dos indicadores C4 (apreciação das ciências [...] pela estimulação intelectual que elas suscitam) e, principalmente, C8 ([...] compreensão de que o saber científico é provisório, e sujeito a mudanças a depender do acúmulo de resultado). Embora haja muitas estratégias de ensino ainda pela frente, os estudantes começam a perceber as particularidades da Química no universo das tatuagens e isso dá uma visão de mundo mais rica e interessante, como aponta o indicar C5 (SASSERON; CARVALHO, 2008).

Depois, foi perguntado (pelo professor) o que acharam do pigmento sintético também mostrado no texto motivador 2. Pediu-se que os estudantes analisassem novamente a estrutura dos dois pigmentos azuis (natural e sintético), a fim de que os estudantes buscassem compreender qual seria a melhor alternativa para uso e o que isso poderia impactar na comercialização da tinta com esses pigmentos. De forma quase unânime, os estudantes questionaram o fato de o pigmento natural não ser comercializado, já que este não contém o metal pesado da estrutura sintética. Perguntou-se se eles tinham alguma ideia do porquê isso acontecer. Alguns estudantes tentaram explicar:

“Acredito que pela quantidade de árvore que seria necessário para produzir muita tinta, né!?” (estudante D/grupo 2) – *“Provavelmente”*, concordou o estudante A (grupo 1).

“Talvez seja isso mesmo. Como a natural é retirada de uma planta, talvez fosse necessária muita planta. Já a sintética não, pode ser feita em maior quantidade em laboratórios.” (estudante C/grupo 1)

“Agora vê que a natural, o texto diz que os próprios povos (egípcios) misturavam com sais metálicos para fixar melhor a cor.” (estudante K/grupo 4)

“Então é isso, minha gente, esses metais são para deixar a cor permanente, tipo fixador mesmo.” (estudante A, grupo 1) – *“Aahhh...”*, concordaram quase todos os estudantes.

As falas mostram observações muito importantes, pois o uso de pigmentos sintéticos é mais comum, tendo em vista que a planta *Indigofera tinctoria* produz o pigmento azul, mas muito pouco comparado à quantidade que pode ser sintetizada e, posteriormente, comercializada (FONSECA, 2007; FAZENDA, 1995). As falas dos estudantes D e C apontam para o conhecimento químico atribuído a questões socioeconômicas e quando complementadas com as falas dos estudantes K e A, apontam para o indicador C10 da alfabetização científica, pois mostram a maneira como as ciências e tecnologias foram produzidas ao longo da história (SASSERON; CARVALHO, 2008). Isso fica ainda mais evidente quando compreendem que apesar do pigmento azul natural não conter metal, ainda assim os egípcios utilizavam sais com metais para fixar as cores (MORETTI, 2012; ARAÚJO, 2005; GIARETTA, 2015).

Neste momento, foi perguntado se eles conseguiram encontrar alguma relação entre os tipos de pigmentos e a comercialização das tintas. Se estavam ligadas de alguma forma, já que a sintética tem o metal cobre (Cu) e a natural não. Segue alguns comentários dos estudantes:

“Se a gente imaginar que a comercialização requer lucro, é mais fácil para as empresas venderem a sintética, já que pode ser feita em maior quantidade.” (estudante F/grupo 2)

“Agora vê mesmo, vendem as tintas com esses metais pesados. Acho errado!”
(estudante L/grupo 4)

“Minha gente, então sempre vai ter metal, porque tem que fixar a cor, né!? Talvez o mais importante seja dosar na quantidade” (estudante B/grupo 1) – *“Verdade!”*, afirmam quase todos os estudantes.

“Esses vendedores sabem do metal pesado nessa tinta azul?” (estudante D/grupo 2)

O comentário do estudante F ratifica o que foi falado anteriormente acerca do rendimento de produção da sintética, e o estudante B explana que, independentemente da origem do pigmento, ambas terão metais. Fica subentendido com o fragmento “Talvez seja mais importante dosar na quantidade” que o metal não seria um problema se usado na quantidade certa. Embora essa conclusão seja de extrema importância, o estudante D ainda pergunta, numa posição de reflexão, se os vendedores sabem que existe metal pesado na tinta azul (pigmento azul), como se esse conhecimento fosse, de alguma forma, importante para as empresas que comercializam.

Mais uma vez houve manipulação de variáveis no que diz respeito aos metais que compõe as estruturas. Os estudantes sabem que os metais pesados são perigosos, mas refletem sobre a possibilidade de não oferecerem certo perigo, traçando um raciocínio de que tudo isso depende da quantidade. As observações feitas pelos estudantes exprimem estimulação intelectual para resolver as questões do problema, sendo possível perceber que há, em todo momento, questionamentos e reflexão do que está sendo investigado (SASSERON; CARVALHO, 2008; MAGNUSSON; PALINCSAR; TEMPLIN, 2004).

Ao final do debate, foi solicitado aos estudantes que procurem pesquisar mais sobre as estruturas químicas dos pigmentos, pois as mesmas análises poderiam ser feitas com outras cores, como a amarela e verde. Foi proposta a apresentação de um seminário para expor os conhecimentos adquiridos na atividade de leitura e discussão dos textos, assim como os conhecimentos suplementares adquiridos na pesquisa solicitada.

Os seminários foram realizados com os mesmos grupos da leitura dos textos motivadores. A proposta foi que os estudantes pesquisassem acerca de uma cor específica, tratando de questões pertinentes ao conhecimento químico, especificamente, a estrutura

química e solubilidade, mas com a liberdade de apresentarem e discutirem sobre os aspectos biológicos e sociais. A distribuição dos grupos manteve os seguintes codinomes: G1, G2, G3 e G4, com as seguintes atribuições:

G1: Amarelo; G2: Azul; G3: Verde; G4: Vermelho

Os resultados do debate mostraram que o conhecimento químico foi contemplado pelos alunos. É importante lembrar que tal estratégia oferece subsídio para que o problema seja respondido com um melhor embasamento químico. A alfabetização científica aconteceu de forma consecutiva, de modo que os possíveis indicadores (já mencionados após os fragmentos dos diálogos e discussões) pudessem ser percebidos e analisados junto ao conhecimento químico.

3.2.4. Aula Expositiva Dialogada

No terceiro momento da SDI, os estudantes participaram de uma aula expositiva dialogada, com a finalidade de abordar os grupos orgânicos encontrados nas estruturas dos pigmentos. Isso contribui para que eles possam reconhecer grupamentos e comparar as estruturas, como por exemplo, a presença de duplas ligações, mencionados pelos estudantes no segundo momento; a presença de metais, que podem variar dependendo das cores dos pigmentos; e qualquer outra peculiaridade, que podem informar se um pigmento é ou não mais danoso que outro. A aula expositiva dialogada ajudou a elucidar o segundo e o terceiro questionamentos do problema.

1b) Ocorrem interações químicas nos pigmentos das tintas usadas na aplicação de tatuagens, que podem apresentar uma preocupação de biossegurança a Bianca, Marcos e qualquer pessoa que deseja fazer tatuagens? Se sim, quais?

1c) Existem riscos quanto ao profissional escolhido, o local de aplicação e quanto às tintas usadas para a aplicação de tatuagens? Se sim ou não, por quê? Por exemplo, Bianca deve se preocupar com o desenho do pôr-do-sol que é colorido, o qual ela escolheu para fazer sua tatuagem? Se sim ou não, por quê?

Foram tratados tópicos da química, como a retomada da tabela periódica, apenas para identificação dos metais e não metais, assim como aqueles que são representativos ou de transição. Foi explicado pelo pesquisador que nas tatuagens podem haver pigmentos de origem orgânica e inorgânica e, basicamente, diferem-se por questões visuais. Além disso, são formadas por solventes à base de água, resina para manter resistência e durabilidade, e aditivo para estabilizar as tintas dos raios ultravioletas (FAZENDA, 1995; GIARETTA, 2015). Como menciona Laux e colaboradores (2015), os pigmentos inorgânicos são adicionados às tintas como nanopartículas, formados por óxidos metálicos (através de ligações iônicas) para criarem os efeitos da coloração, enquanto que os orgânicos são combinados com metais para conferir à tinta o brilho e tom das cores.

Especificamente, foi tratado acerca dos pigmentos orgânicos, começando pelas características do átomo de carbono, como sua tetravalência e sua propriedade em formar cadeias carbônicas, como mencionam os Postulados de *Kekulé*

Apresentaram-se as cadeias carbônicas, quanto a sua estrutura, podendo ser: abertas (alifáticas), fechadas ou mistas; normais ou ramificadas; saturadas ou insaturadas; e homogêneas ou heterogêneas. Além disso, foram discutidas as principais funções orgânicas, dentre elas, os hidrocarbonetos, as oxigenadas e nitrogenadas (FELTRE, 2002; SOLOMONS, 2013).

Quando foi abordado sobre possíveis heteroátomos nas cadeias carbônicas, foi perguntando como se completariam as ligações com o carbono para estabilizá-lo. A priori, a preocupação consistia em fazer com que os estudantes identificassem a quantidade de ligações que o oxigênio e o nitrogênio poderiam fazer, pois são os elementos que determinam as funções oxigenadas e nitrogenadas. Felizmente, alguns estudantes responderam, e à medida que a discussão foi ocorrendo, outros também foram respondendo, como percebe-se nas falas abaixo:

“Geralmente quando não tem nada a gente completa com H.” (estudante B)

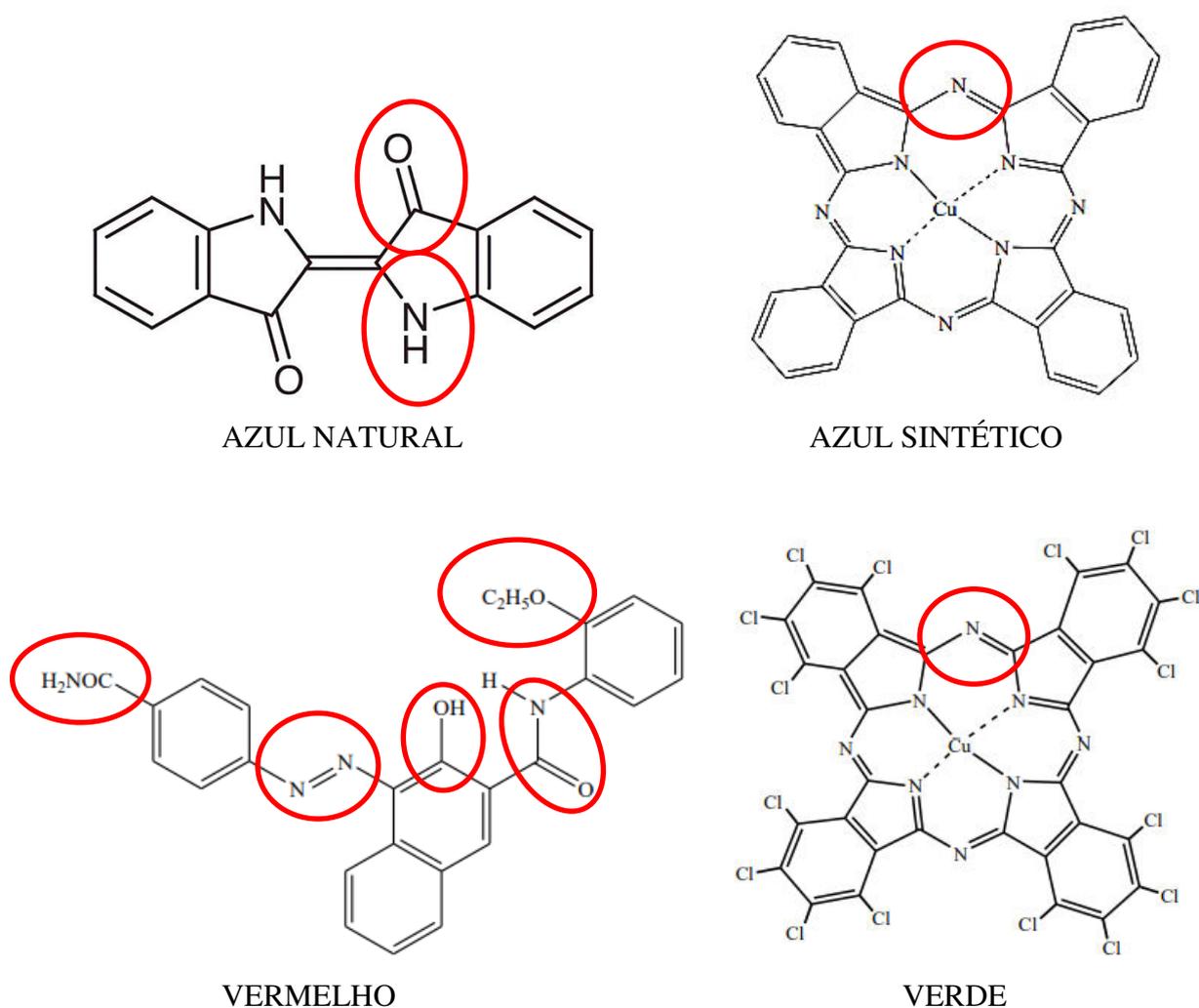
“É, mas as vezes tem o heteroátomo lá, aí a gente precisa se ligar nas ligações que cada elemento faz.” (estudante A)

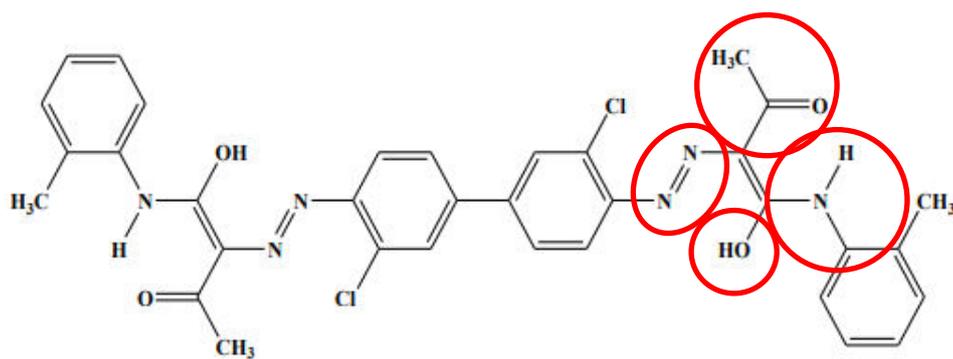
“Eu vejo muito O e N nos pigmentos e eu acho que o oxigênio faz duas ligações.” (estudante G)

“TRÊS! O nitrogênio faz três. Aí depois só é ver quantos faltam pra fechar com o H, né, professor!?” (estudante L)

Em seguida, houve um diálogo sobre os hidrocarbonetos, as funções oxigenadas do tipo: álcool, aldeído, cetona, éter e ácido carboxílicos – e as funções nitrogenadas: amina, amida e nitrila, com o objetivo de identificar apenas tais funções. Foram usadas como exemplo as próprias estruturas dos pigmentos, no caso da azul-natural, azul-sintética e vermelha, já apresentadas no segundo momento, além dos pigmentos verde e amarelo, conforme a **figura 19**.

Figura 19. Imagens das estruturas químicas dos pigmentos utilizados na aula expositiva dialogada.





AMARELO

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Os estudantes apontaram, nestas estruturas, os grupos funcionais estudados neste momento. Além disso, fizeram perguntas acerca da quantidade de duplas ligações e outras observações, como nas falas abaixo:

“Por que essas estruturas têm tantas insaturações?” (estudante I)

“Acho que essas duplas ligações têm alguma coisa a ver com a fixação da tatuagem na pele.” (estudante A) – *“Acho que não, o que fixam são os metais, a gente viu na aula passada”*, refutou o estudante K.

“Oh, professor, o que significam esse tanto de dupla ligação e esses metais, porque a gente vê o cobre na cor azul e verde? Elas são tão parecidas, acho que o que muda é por causa desse Cl no verde, que é cloro, né!?” (estudante C)

“Com certeza essas duplas ligações têm algum significado, não é possível, até naquela azul natural da aula passada tem duplas ligações.” (estudante B)

As observações feitas por esses estudantes mostram, além do envolvimento com o que está sendo pesquisado, a tentativa de buscar evidências sobre as insaturações químicas, os grupamentos orgânicos e os metais que são encontrados em algumas estruturas. O estudante A levanta a hipótese de que as duplas ligações são responsáveis pela fixação, mas logo é corrigido pelo estudante K que retoma o conhecimento químico da aula anterior (segundo

momento) quando liga a fixação aos metais nas estruturas e não as estruturas. O estudante C reflete sobre a proximidade visual nas estruturas do pigmento verde e azul e levanta a hipótese de que isso pode acontecer pelas cores serem parecidas, e o estudante B tenta entender o porquê das muitas insaturações nas estruturas.

Essas análises feitas pelos próprios estudantes revelam a característica do indivíduo submetido a atividades investigativas. Além disso, os comentários emergem para os indicadores C8, pois o saber científico é provisório e requer mudanças a depender do acúmulo de resultados, neste caso pelas informações recebidas em todas as atividades até o momento; e C4, por causa da estimulação intelectual proveniente da manipulação de variáveis (SASSERON; CARVALHO, 2008; SASSERON, 2015).

Os estudantes demonstraram compreender o conhecimento químico acerca dos grupos funcionais orgânicos de forma correta, por exemplo, como a presença de aminas nos pigmentos azuis, e a cetona do pigmento natural, além do metal; a presença de cloro na estrutura do pigmento verde; a presença de éter, amida e álcool no pigmento vermelho; e a presença de amina, cetona e álcool no pigmento amarelo.

Ao final da aula expositiva foram abordadas duas características químicas dos pigmentos orgânicos. Uma delas foram os grupos cromóforos, que são regiões da estrutura em que a ressonância ocorre, gerando uma coloração correspondente, por isso a alta quantidade de duplas ligações (FAZENDA, 1995), como:

o azo ($-N = N -$);

o azometino ($-CH = N -$);

a carbonila ($\backslash C = O$);

o nitroso ($-N = O$);

e o etenodilideno ($\backslash C = C /$).

A outra foram os grupos auxocromos, que alteram as propriedades específicas da cor (intensidade, por exemplo), como é o caso do cloro ($-Cl$) e outros halogênios (FAZENDA, 1995; SARON; FELISBERTI, 2006; GIARETTA, 2015). Algumas falas pertinentes dos estudantes surgiram após a apresentação desses grupamentos, sendo possível perceber relações conceituais nas dimensões macroscópica e com relação ao conhecimento químico, por exemplo:

“Ahhh! Agora está explicada a quantidade enorme de duplas ligações... As duplas são responsáveis pela coloração. Nunca que eu ia pensar nisso.” (estudante B)

“Aí o que provavelmente difere é o metal usado no meio da cadeira carbônica ou a quantidade de insaturações, oxigênios e nitrogênios.” (estudante I)

“Se a gente vê, não é entre carbonos que há duplas ligações, grupamentos azo e nitroso são duplas ligações entre elementos que não têm necessariamente carbono. Talvez essa quantidade de possibilidades possibilite a coloração diferente.” (estudante C)

“Tem cloro, que é auxocromo, só na verde, e como indica a intensidade, é possível que cores semelhantes tenham cadeias parecidas, mudando poucos elementos.” (estudante F)

“E outra! O anel benzeno tem insaturações, né!? Vai ver por isso aparece em quase todas também.” (estudante L)

Percebe-se nas falas dos estudantes, que até a linguagem química ficou mais aprimorada. E que eles demonstraram ter compreendido a química básica envolvida nas estruturas dos pigmentos, sabendo identificar as principais funções orgânicas, assim como as insaturações, e o significado destas numa visão macroscópica, ou seja, como elas podem ser percebidas visualizando a cor correspondente ao pigmento.

Diante disso, o contexto aponta para o indicador C5, pois há uma visão de mundo mais rica e interessante em virtude da formação científica, onde os estudantes passam a compreender que cada parte das estruturas se tratam de informações específicas e compreendem isso de forma engajada e participativa.

As falas também apontam para os indicadores C1 (utilização de conceitos científicos para integrar valores e saber tomar decisões responsáveis no dia a dia) e C9 (conhecimento das fontes válidas de informações científica [...] diante de situações problemas), pois a contribuição das atividades (vídeos, textos motivadores e aula expositiva dialogada) estão diretamente relacionadas aos segundos e terceiros questionamentos do problema, em que é necessária a tomada de decisão com consciência e embasamento químico (SASSERON; CARVALHO, 2008; SASSERON, 2015), visto nas conclusões dos estudantes nas

considerações finais da aula expositiva dialogada inter-relacionando com as atividades de pesquisa anteriores.

A estratégia da aula expositiva dialogada serviu para subsidiar os estudantes nas questões teóricas e conceituais relativas ao conhecimento químico, que poderão ser usadas para responder ao segundo questionamento do problema. Os comentários e diálogos analisados aproximam os estudantes do espelho de resposta proposto para o problema, além de promover a reflexão e o debate dos pigmentos na visão química, mas também dentro do contexto das tatuagens (AZEVEDO, 2004; PÉREZ, 1993).

3.2.5. Experimentação Investigativa

Ainda no terceiro momento da SDI, os estudantes foram divididos em quatro grupos (o mesmo grupo no segundo momento – leitura dos textos motivadores), separados pelos mesmos codinomes anteriores: G1 (estudantes A, B e C); G2 (D, E e F); G3 (G, H e I); e G4 (J, K e L). A organização dos estudantes na composição dos grupos foi a mesma do segundo momento. Após a separação, todos foram levados ao laboratório de Química e Física da escola.

A experimentação investigativa teve a finalidade de discutir com os estudantes as possíveis interações das tintas com solventes diferentes. A água apresenta polaridade divergente do óleo e nosso corpo e pele é composto majoritariamente por água (MOORE; FALLEY, 2007; CUNHA, 2004). Dessa forma, o comportamento dos corantes em cada um dos solventes pode possibilitar ao estudante uma reflexão comparativa de como os pigmentos das tintas podem se comportar em nosso corpo, mas precisamente na pele. Sendo assim, a experimentação investigativa pôde ajudar a resolver o primeiro e segundo questionamentos:

a) Marcos precisa se preocupar com a cor do desenho escolhido para aplicação de sua tatuagem, considerando que ele possui uma quantidade maior de melanina em sua pele? Se sim ou não, por quê?

b) Ocorrem interações químicas nos pigmentos das tintas usadas na aplicação de tatuagens, que podem apresentar uma preocupação de biossegurança a Bianca, Marcos e qualquer pessoa que deseja fazer tatuagens? Se sim, quais?

Todos os itens usados para a atividade experimental investigativa porvir foram organizados previamente, antes da aula expositiva dialogada. Segundo Souza e colaboradores (2013), a finalidade da experimentação investigativa consiste numa atividade onde o erro é mais aceito contribuindo melhor para o aprendizado. Os alunos assumem gradativamente a responsabilidade por sua aprendizagem, além de tal aprendizagem ser baseada em um processo de busca de conhecimento e construção de novos entendimentos.

Nesta estratégia didática, as respostas dos estudantes foram avaliadas após a experimentação, objetivando a verificação de avanços no processo de ensino-aprendizagem, sempre buscando uma lógica hipotético-dedutiva (SASSERON, 2015; CARLSON; HUMPHREY; REINHARDT, 2003) para as questões do conhecimento químico que estão sendo consideradas.

Chegando no laboratório de química e física, os estudantes foram organizados em suas bancadas com a disposição dos itens para a experimentação. Os materiais foram:

- a) corantes nas cores azul, amarelo, vermelho e verde;
- b) 02 béqueres;
- c) 500 mL de água;
- d) 200 mL de óleo;
- e) e 01 bastão de vidro.

O procedimento experimental foi:

Transferir para um béquer 200 mL de óleo e para outro béquer 500 mL de água. No béquer com óleo, adicionar 10 gotas de cada um dos corantes. Esperar 3 minutos e analisar o comportamento dos corantes em óleo. Em seguida, misturar com o bastão de vidro. O conteúdo do béquer com óleo deve ser transferido para o béquer com água. Analisar o comportamento dos glóbulos de corantes do óleo para água.

Acredita-se que a proposta de uma experimentação investigativa favorece a efetivação do ensino por investigação, pois os estudantes são submetidos a processos manuais feitos de forma mais autônoma. Pérez (1993), inclusive, menciona a importância da realização de trabalhos em laboratório com a devida ordem e segurança, além da observação e execução dos trabalhos em grupo, configurando-se como finalidades do ensino por investigação.

Orientados da atenção para o procedimento experimental, os estudantes foram autorizados a começar o experimento e anotar tudo que estava sendo observado – do início até a sua finalização.

Os estudantes se mostraram ainda engajados com a temática e realizaram toda experimentação conforme as orientações. Após a conclusão, foram submetidos a um questionário com perguntas acerca da atividade experimental investigativa. Buscamos analisar as respostas de cada grupo, verificando suas semelhanças com o espelho de respostas proposto para a análise de dados.

As respostas dos grupos estão elucidadas no **quadro 21**.

Quadro 21. Respostas das questões relacionadas à experimentação investigativa.

Pergunta	Espelho de Resposta	Respostas dos grupos
1. O que foi observado quando os corantes foram adicionados na água? Justifique sua resposta.	Os pigmentos se misturaram em água e com o passar do tempo foram se espalhando.	<p>G1. <i>As tintas foram se juntando com a água e a medida que o tempo foi passando elas foram descendo.</i></p> <p>G2. <i>As tintas foram se misturando com a água. À medida que tempo foi se passando as tintas foram se misturando mais.</i></p> <p>G3. <i>Os pigmentos se misturaram bem com água, não automaticamente. Não parou, continuou descendo pelo recipiente.</i></p> <p>G4. <i>Os pigmentos se misturaram perfeitamente com a água. Não foi na mesma hora. Depois de um tempo se espalhou mais, como a tinta estivesse se adaptando.</i></p>
2. O que foi observado quando os corantes foram adicionados no óleo? Justifique sua resposta.	Não misturou. Ao gotejar o corante em óleo, foram formadas gotas do pigmento. Mesmo ao tentar misturar com espátula, as gotas continuaram sem misturar.	<p>G1. <i>Ficou diferente da água. Achamos que não misturou, pelo contrário. Ficou uns pontinhos, como se as tintas não tivessem afinidade com o óleo.</i></p> <p>G2. <i>Com certeza não foi a mesma coisa que a água. Ficou como se não tivesse se misturado. Na água ela se espalhou melhor, já no óleo ficou umas bolinhas meio que flutuando.</i></p> <p>G3. <i>Diferentemente da água, aqui formaram-se pequenas bolhinhas, como se não misturasse bem. Achamos que as tintas não ficam confortáveis em óleo, já na água sim.</i></p> <p>G4. <i>Achamos que não misturou bem como na água. Na água ficou espalhada, já no óleo ficou formando umas bolinhas. Por isso, achamos que não misturou.</i></p>
3. Houve divergências na observação quando se compara a adição do corante em água e em óleo?	Houve sim. Acreditamos que a resposta esteja na polaridade, pois como o corante se misturou bem em água, é possível que os corantes sejam polares e, de	<p>G1. <i>Sim, como mencionamos na questão 2. Em água misturou e em óleo não misturou bem.</i></p> <p>G2. <i>Sim. As tintas misturam bem em água e em óleo não. É como se na química da tinta alguma coisa se liga bem com a água e com o óleo não. A gente não sabe.</i></p>

<p>Se sim, por quê?</p>	<p>fato, a composição das tintas tem solventes a base de água, além do pigmento, resina e aditivo. Como o óleo é apolar, não misturou bem com o corante.</p>	<p><i>G3. As tintas têm afinidades químicas com a água e com o óleo não. Provavelmente tem a ver com as substâncias que compõem as tintas. Acharmos que isso tudo envolve polaridade.</i></p> <p><i>G4. Os pigmentos de todas as cores funcionam bem em água, já no óleo não misturou como falamos anteriormente. Não sabemos informar o porquê, achamos que tem alguma coisa a ver com a ligação química ou polaridade. Não sabemos.</i></p>
<p>4. O que foi observado quando se misturou a água, o óleo e os corantes? Justifique sua resposta.</p>	<p>Que o óleo ficou na parte superior, provavelmente por ser menos denso e a água na parte de baixo. Ao colocar o óleo com as gotas de pigmento em água, o pigmento passou para água e as gotas se desfizeram, formando um caminho de pigmento na coluna de água.</p>	<p><i>G1. Com certeza isso tem a ver com a densidade. A professora de física já falou e o de química também. O óleo é menos denso, aí fica em cima. Pelo motivo das tintas se juntar com a água, misturando os dois, as bolinhas que estavam no óleo desceram para a água, porque essa é mais densa e fica em baixo. Aconteceu a mesma coisa que aconteceu com a água sozinha.</i></p> <p><i>G2. O óleo fica em cima porque é menos denso que a água. Aí quando viramos na água, os pigmentos passaram para a água, como falamos nas questões anteriores. Depois aconteceu a mesma coisa como se tivesse só água.</i></p> <p><i>G3. Isso acontece por causa da densidade. Como a água é mais densa (pesada) fica na parte de baixo e o óleo fica em cima por ser menos denso. Quando viramos o óleo com as bolinhas de pigmento, elas desceram para a água confirmando a afinidade com a água e não com o óleo.</i></p> <p><i>G4. Acharmos que é por causa da densidade. Água e óleo não misturam bem, aí na separação a mais densa fica embaixo, que é a água e o óleo fica em cima. Quando viramos o óleo com as bolinhas de tinta que não se misturou, como falamos, aí elas desceram para se juntar com a água.</i></p>
<p>5. Quais das observações percebidas nessa atividade experimental podem estar relacionadas com o contato do pigmento com a pele humana?</p>	<p>A pele humana é constituída em maior parte de água, nisso percebemos que os pigmentos interagiriam bem com a pele humana. Além disso, boa parte da nossa derme e o sistema sanguíneos são aquosos. Em casos de problemas nas tatuagens, os efeitos colaterais se estenderiam para todo o corpo potencializando a contaminação.</p>	<p><i>G1. A gente acha é porque o corpo é na maior parte água, por isso a pele aceita bem as tintas, mas no caso de ser muita tinta, o corpo pode rejeitar e intoxicar por causa dos metais.</i></p> <p><i>G2. O corpo é feito de água, aí mostra porque as tatuagens ficam fixas. O experimento mostrou isso, pois os pigmentos tiveram relação com água.</i></p> <p><i>G3. Deve ser porque o corpo é feito em grande parte de água. Como os pigmentos tem afinidade com água, como vimos no experimento, a tatuagem consegue ficar o tempo inteiro na pele. Isso talvez tenha alguma coisa a ver com os problemas de saúde, porque toda a química dos pigmentos pode se estender pra o corpo todo.</i></p> <p><i>G4. Como a pele está no corpo e o corpo é feito de água em sua maioria, percebemos que as tintas ficam fixas por causa disso. O experimento simula o contato das tintas com a pele humana, tanto é que no óleo elas nem misturaram. Nesse caso, muita tinta na pele e com a</i></p>

		<i>quantidade de metais que ela tem, pode ser levada para todo o corpo.</i>
--	--	---

As respostas da primeira pergunta estavam dentro do esperado. Todos os grupos informaram que os pigmentos se misturaram bem com a água e foram se espalhando. Já na segunda pergunta, obtiveram-se respostas satisfatórias, mas algumas observações quanto a essas respostas são pertinentes: o G1 descreve o comportamento dos pigmentos em óleo como pontinhos; o G3 descreve como bolhinhas; e o G4 como bolinhas. Embora o termo correto seja gotículas ou glóbulos, não invalida a correta observação quanto ao fenômeno. O G2 não nomeia o comportamento, mas descreve corretamente o ocorrido na experimentação. Por enquanto, as respostas convergem para o espelho de resposta.

Na terceira pergunta, era esperado que os grupos citassem a polaridade como fenômeno a ser observado. Apesar das respostas estimarem o correto raciocínio do fenômeno, apenas o G3 menciona polaridade como possível situação do que havia acontecido no experimento. O G1 replica as respostas da questão 1 e 2, sem muito sucesso. Já o G2 não menciona a polaridade, mas, apesar disso, prevê que o fenômeno acontece por meio de ligação. Acredita-se que quando mencionam “liga bem com a água”, mostram correta conclusão do fenômeno, mas não relacionam com a polaridade. O G4 no final da resposta informa não saber o que está acontecendo, mas cogita a possibilidade, mesmo com dúvida, de que a polaridade tem a ver com o que foi observado.

Na quarta pergunta, diferentemente da terceira, todas as respostas apontaram para a densidade (fenômeno que estava sendo observado). O G1 informa que a professora de Física havia tratado da densidade e também o de Química, sendo possível que eles lembrassem pelo contato recente com o conteúdo. Em conversa posterior com a professora de Física, ela informou que havia trabalhado recentemente hidrostática, especificando as questões relacionadas à densidade, pressão e princípio de Arquimedes. É possível que o conhecimento físico-químico tenha ajudado a responder efetivamente à questão 4 proposta.

Por fim, a quinta pergunta tratou da experimentação investigativa relacionada a temática que está sendo estudada. Esperava-se, de fato, que os estudantes relacionassem a água com o corpo humano, tendo em vista que a pele é composta por 70% água (MOORE; FALLEY, 2007; CUNHA, 2004) e visto a boa interação dos pigmentos com ela, entendessem a fixação das tintas na pele pela afinidade química. Além disso, estendessem o raciocínio para os casos de toxicidade e contaminação, já que não apenas a pele é majoritariamente formada por água, mas todo o corpo.

Todos os grupos relacionaram corretamente a fixação dos corantes com a pele ou corpo e justificam pela observação feita no experimento, que houve afinidade dos pigmentos com a água. Infelizmente, o G2 não utilizou o experimento para relacionar com as questões de contaminação ou possíveis efeitos colaterais na aplicação das tatuagens. Os G1, G3 e G4 estendem suas respostas para além da fixação, indicando que os problemas de saúde estão relacionados também a isso, pois as substâncias podem discurrir para todo corpo.

Percebeu-se que a atividade experimental investigativa contemplou de forma direcionada os estudantes aos questionamentos do problema, pois os próprios estudantes tiraram suas conclusões baseadas na manipulação dos instrumentos e materiais do laboratório e fizeram as corretas correlações com o espelho de respostas baseados no conhecimento químico.

Dessa forma, a atividade aponta para a presença do indicador C6, pois houve a compreensão dos conceitos, assim como suas conclusões, baseados na produção de saberes científicos e processos de pesquisa, neste caso experimental. Além disso, também há indícios da alfabetização científica através do indicador C8, uma vez que para compreender tais conhecimentos é necessário entender que o saber é provisório e depende do acúmulo de resultados (SASSERON; CARVALHO, 2008). Esses aspectos ratificam as propostas investigativas, onde o aluno é participante ativo no processo do ensino-aprendizagem (SASSERON, 2015; SOUZA, 2013).

De certa forma, a atividade experimental promoveu atitudes investigativas, pois os estudantes estiveram sujeitos o tempo inteiro a uma tarefa de compreensão dos fenômenos e desenvolvendo capacidades, como menciona Carlson, Humphrey e Reinhardt (2003). As observações quanto aos tópicos relacionados, como densidade e polaridade, não se restringiram a ouvir e copiar as propostas do professor, mas foram explanadas de forma prática durante o percurso investigativo (SASSERON, 2015; CARVALHO, 2018).

Ao final do momento, os estudantes foram lembrados do seminário que fariam em relação aos pigmentos. Muitos afirmaram estar fazendo pesquisas suplementares, sempre em consonância com as atividades que estavam acontecendo nos momentos vivenciados na SDI. Inclusive, relatam o fato que, no presente momento, já responderiam as perguntas iniciais de forma diferente.

3.3. ANÁLISE DOS SEMINÁRIOS E DA RETOMADA DO PROBLEMA SOBRE TATUAGENS

A análise dos seminários apresentados pelos alunos e da retomada do problema sobre tatuagens refere-se ao seguinte objetivo de pesquisa: Identificar indícios de alfabetização científica dos estudantes nas respostas, diálogos e produções dos estudantes nas atividades da sequência didática investigativa (SDI) sobre Tatuagens.

3.3.1. Apresentação dos Seminários

No quarto momento da SDI, inicialmente, os estudantes apresentaram os seminários nos grupos propostos e com os temas direcionados anteriormente. Essas apresentações configuram o fechamento da SDI, como mencionam muitos autores sobre a importância do recolhimento de evidências para comunicar.

Segundo Magnusson, Palincsar e Templin (2004), os sujeitos devem se preparar para comunicar em grupos de trabalho para explicar suas explicações sobre a temática. Para Carvalho (2004), uma das etapas fundamentais da investigação é a construção de explicações, assim os estudantes podem interagir entre si e com o professor, além de promover a troca de ideias por meio das interações sociais, desenvolvendo, também, a autonomia (CARVALHO, 2004; SEDANO; CARVALHO, 2017). Dessa forma, alinhada com toda SDI, a divulgação dos resultados mostra as noções científicas buscadas e compreendidas pelos estudantes durante os momentos vivenciados. (ZABALA, 1998; CARVALHO, 2009).

A proposta apresentada aos estudantes foi fazer com que a investigação ocorresse de forma suplementar, para além das estratégias vivenciadas na SDI. Todos os grupos apresentaram sobre uma cor específica, expondo questões pertinentes ao conhecimento químico, mas com a liberdade de apresentarem e discutirem acerca dos segmentos biológicos e sociais.

A separação dos grupos teve os codinomes: G1, G2, G3 e G4, como mencionados anteriormente. O G1 trouxe informações pertinentes sobre o pigmento amarelo; o G2 sobre o pigmento azul; o G3 sobre o pigmento verde; e o G4 sobre o pigmento vermelho. O combinado foi que cada apresentação durasse, em média, 12 minutos com mais 5 minutos para possíveis discussões.

G1 – Apresentação do pigmento azul

Os estudantes iniciaram suas falas abordando sobre as tatuagens e como os jovens hoje em dia buscam fazê-la por inúmeros motivos, desde os mais simples, como um desenho, ou até por motivos mais emocionais, como o nome de um ente querido. Seguem alguns pontos:

“É importante debatermos sobre o uso das tatuagens, pois ainda existe muita discriminação, como se a pessoa fosse uma pessoa ruim ou não tivesse caráter.” (estudante B)

“Precisamos normalizar o uso!” (estudante A)

Em seguida, mostraram os pigmentos azuis, tanto o natural como o sintético, usado atualmente pelas empresas para comercializar a tinta. Os estudantes falaram a respeito da estrutura química orgânica, apontando para todas as insaturações e grupamentos cromóforos e auxocromos. O grupo, de maneira geral, informou sobre as conseqüências visuais que determinam a cor referente ao pigmento. Explica que, apesar das duas estruturas tratarem basicamente da mesma cor, a sintética é maior e com maiores possibilidades de ressonância, como mostra nas falas abaixo:

“A gente pesquisou que as estruturas contêm muitos insaturações para promover ressonância, que é uma maior liberdade dos elétrons passearem pela estrutura, como o anel benzeno, sem que essa estrutura mude. Agora vejam, as insaturações tem a ver com a cor, já os auxocromos tem a ver com a intensidade, né, professor!? Por isso não temos o cloro no azul, pois ele é muito parecido com o verde e o cloro é auxocromos.” (estudante B)

Abordaram sobre os possíveis grupamentos encontrados nas estruturas como aminas e a carbonila. O grupo também fez referência ao cobre encontrado no pigmento sintético e outros metais nos pigmentos de características inorgânicas, como o ferro no ferrocianeto férrico e cobalto em alguns sais. Segue algumas falas:

“Notamos uma recorrência de cobre nas cores azul e o cobalto. É claro que como a gente viu que os pigmentos interagem bem com água, dependendo da quantidade pode ir para o corpo todo pelo sistema sanguíneo. É perigoso, porque esses metais podem fazer mal como a gente viu na casa de (nome da estudante).” (estudante A)

“É, professor! O cobalto mesmo pode gerar sintomas de cardiomiopatia, que é uma inflamação que acontece no coração. Ele fica... Tipo, inchado. Aí pode prejudicar.”
(estudante B)

“No caso do cobre, pode alterar o funcionamento de algumas vitaminas, fora dores nos músculos e até atraso mental, muito cansaço e a gente viu que interfere até na depressão. Misericórdia, professor!” (estudante C)

Os estudantes trouxeram os efeitos do excesso desses metais no organismo, além de explanarem sobre os pigmentos inorgânicos e como a má aplicação das tatuagens podem ocasionar em sérios problemas colaterais. Terminando a apresentação, um comentário foi feito pelo G4:

“Então os efeitos colaterais da cor azul são bem parecidos com os efeitos do verde... As estruturas são bem parecidas.” (estudante K)

Um estudante do G3 responde, num tom extrovertido: *“Vamos ver já já! Vamos acalmar os nervos.”* (estudante I)

G2 – Apresentação do pigmento amarelo

Os estudantes deste grupo começam sua apresentação corrigindo o G1. Segue:

“Só uma ressalva! É bom a gente separar pigmento de tinta, porque o pigmento é o que determina a cor, já a tinta envolve outras coisas, como o solvente e a resina.”(estudante E)

Em seguida aproveitaram para abordar, assim como o G1, sobre o aumento de casos de adolescentes e jovens que procuram tatuagens e relatam alguns casos de pessoas que fazem escondido.

“A procura é muito grande! Conhecemos pessoas que fizeram escondido dos pais e até hoje eles não sabem. A gente acha que é porque a tatuagem é muito pequena e fica escondida. Enfim.” (estudante D)

Os estudantes mostraram a estrutura química orgânica do pigmento amarelo, mas, diferentemente do G1, o grupo imprimiu uma folha pontuando algumas partes da estrutura para que a condução da apresentação fosse melhor norteadada e deu para cada pessoa em sala de aula. Dessa forma, mostraram os grupamentos amina e cetona e explicaram o que significava a dupla ligação entre os nitrogênios na estrutura.

“Assim como o grupo anterior mencionou, as insaturações determinam mais ou menos a cor. Acreditamos que a cor amarela é proveniente da região 2 (já marcada nas impressões) como vocês veem na folha. Essa região tem um grupo cromóforo, o azometino. Tem também os grupos que a gente já estudou no colégio, como a cetona e as aminas. Tudo isso influi para a coloração amarela.” (estudante E)

Além das explicações, o grupo amarelo também trouxe informações sobre os metais usados nos pigmentos inorgânicos e, assim como o G1, abordou possíveis efeitos provenientes de metais encontrados na comercialização das tintas.

“A gente não sabia, acho que vocês também, mas tem tinta amarela que tem chumbo. O mesmo usado pra conter radiação. A gente tava lembrando que chumbo bloqueia radiação.” (estudante F)

“Isso mesmo, prof. O pigmento amarelo pode ter cromato de chumbo e o chumbo é muito perigoso porque é pesado. É um elemento químico pesado.” (estudante D)

Não trouxemos a estrutura química do pigmento amarelo que tem chumbo, mas era bem menor que a que vimos aqui com o professor Danylo, a mesma que vocês receberam.” (estudante F)

[...]

“Dando continuidade... Os efeitos do chumbo no corpo vão desde dores de cabeça, passando por fraqueza e problemas sérios no trato digestivo.” (estudante E)

“A gente viu também que um bom sinal de chumbo no corpo é um gosto meio metálico na boca.” (estudante F)

Comentário do estudante B/G1: *“tipo gosto de ferrugem?” – “Mais ou menos”, informou o estudante E/G2.*

A apresentação do G2 continuou informando que a estrutura orgânica amarela também tinha grupos auxocromos, como é o caso do cloro na parte central da estrutura, apontados pela região 4.

“Esse cloro é responsável pela cor viva do amarelo nas tatuagens que nós vemos. Como a gente tá estudando desde antes, o auxocromos são responsáveis pela intensidade das cores nas tatuagens.” (estudante D)

Ao término da apresentação, nenhum comentário foi exposto. O G3 foi rapidamente se levando para começar as apresentações.

G3 – Apresentação do pigmento verde

As particularidades referentes ao grupo verde foram que, além deles imprimirem uma folha com a estrutura do pigmento verde e azul para dar as pessoas na sala, o grupo entregou também uma tabela com lacunas para que todos pudessem preencher à medida que a apresentação fosse acontecendo.

A tabela foi composta pelas seguintes categorias de análise: grupos funcionais oxigenados, grupos funcionais nitrogenados, grupamento cromóforos, grupamento auxocromos, pigmentos inorgânicos e metais encontrados e riscos. O G3 mostrou uma apresentação mais elaborada e considerável preocupação de aprendizado não só para a temática que estavam estudando, mas para com todos os outros grupos.

A tabela foi replicada abaixo, pois achamos interessante a divulgação dos resultados do grupo em questão.

VERDE	Informações	Anotações
	Grupos funcionais oxigenados	<i>(local destinado para os estudantes fazerem suas anotações)</i>
	Grupos funcionais nitrogenados	<i>(local destinado para os estudantes fazerem suas anotações)</i>
	Grupamento cromóforos	<i>(local destinado para os estudantes fazerem suas anotações)</i>
	Grupamento auxocromos	<i>(local destinado para os estudantes fazerem suas anotações)</i>
	Pigmentos inorgânicos e metais encontrados	<i>(local destinado para os estudantes fazerem suas anotações)</i>
	Riscos	<i>(local destinado para os estudantes fazerem suas anotações)</i>

Após entregar as duas folhas – uma com as estruturas verde e azul; e a outra com a tabela – começaram a apresentação expondo as divergências entre os pigmentos orgânicos azul e verde. Segue:

“Se notarmos, as estruturas verdes e azuis são bem parecidas e isso faz sentido, pois as cores são bem próximas, algumas tonalidades até não sabemos se é verde ou azul.” (estudante I)

“Como mencionou o grupo de (nome de um estudante do G1), a estrutura possui grupo nitrogenado amina e diferente do pigmento amarelo, nem a verde e nem a azul tem oxigênio, aí, por conta disso, não tem grupos funcionais oxigenados.” (estudante G)

“Em relação aos grupamentos, no caso dos cromóforos, temos a presença de etenodilideno, que, inclusive, mostram as insaturações, que determinam a intensidade. Não! Intensidade não! A coloração mesmo.” (estudante I)

“Sobre o metal, no próprio pigmento do tipo orgânico, temos a presença de cobre e como o primeiro grupo bem falou, é extremamente perigoso.” (estudante H)

De igual, como fizeram o G1 e G2, o G3 trouxe informações acerca dos pigmentos inorgânicas para expor possíveis metais que podem constituir os mais variados tipos de tintas de tatuagens. Segue:

“Nas verdes, também podemos encontrar cromo (Cr), na forma de... ai meu Deus! Esqueci.” – “Trióxido de cromo II hidratada, que é bem instável. A gente até leu que vira um tipo de ácido. Mas enfim, o que importa é que tem cromo, e o cromo pode fazer mal como qualquer outro metal.” (estudante G)

Na última fala anterior, apesar da instabilidade do trióxido de cromo II, que de fato, em virtude da sua instabilidade química, configura-se como um anidro, que em meio aquoso, transforma-se em ácido cromoso. Apesar disso, o estudante mencionou bem o cromo, sendo a parte que julgou pertinente para sua apresentação. As atribuições quanto ao a cromo, continuam:

“Sabíamos que o primeiro grupoalaria sobre o cobre, que causa fadiga, altera o funcionamento das vitaminas A e C, que a gente pesquisou e foi perguntar a professora de Biologia. Mas no caso do cromo, pode ter muitos efeitos colaterais, como cansaço e perda de apetite, uma predisposição a ter hematomas, reações na pele e no sistema urinário. É, realmente, bem perigoso.” (estudante I)

“Quando a gente tava debatendo, prof., até ficamos pensando se era isso tudo mesmo, mas como a gente visitou mais de uma fonte, todas informavam a mesma coisa.” (estudante G)

“Mas é como estamos debatendo desde a primeira aula do senhor, ‘tudo é uma questão de consciência, se quiser colocar pigmento verde na tatuagem, só é colocar com cuidado e sem muito exagero’.” (estudante H)

“Não precisa fazer um desenho do tamanho das costas, né minha gente!?” (estudante G)

Ao final da apresentação, o grupo sugeriu que os estudantes guardassem os papéis preenchidos porque voltaria às questões do problema proposto no início do primeiro momento, a tabela poderia, talvez, ajudá-los a responder alguma coisa. Terminando a apresentação do G3, o G4 se levantou para começar a apresentação.

G4 – Apresentação do pigmento vermelho

O grupo em questão começou sua apresentação semelhante ao G1 e G2, informando sobre o tabu que existe da sociedade com as pessoas que têm tatuagens, assim como o aumento na procura por tatuadores. Também abordam sobre o que chamam de “vício” que as pessoas tatuadas têm em fazer mais de uma.

“Se a gente notar, quase ninguém tem apenas uma tatuagem. O pessoal quando faz uma, depois quer fazer muitas outras.” (estudante J)

O grupo traz informações sobre a composição das tintas, que além dos pigmentos, também tem o solvente, a resina e o aditivo. Explicam para que serve cada um desses componentes. Podemos notar nas falas abaixo:

“As tatuagens são formadas por quatro componentes básicos, que são os solventes, a resina, o aditivo e os pigmentos que é a cor. Os solventes servem para misturarem todos os componentes e a resina tem propriedade de conservador, no sentido de durar mesmo, para ela render mais.” (estudante K)

“Os aditivos protegem as tintas, tipo, dos raios solares, tem a ver com as resinas, como se elas trabalhassem juntas.” (estudante J)

“Os pigmentos a gente já sabe, né!? Que são as cores das tintas e a gente vai apresentar a cor vermelha, que é a mais perigosa.” (estudante L)

Em seguida, o grupo pede que os estudantes peguem o texto motivador 2, usado no segundo momento da SDI, para fazer algumas explicações acerca da estrutura. Neste momento, pensou-se que o grupo não havia feito as pesquisas, até que o próprio grupo informa que para falar sobre os efeitos e os perigos da cor vermelha, é necessário que falem um pouco sobre as estruturas. Segue:

“Vamos falar sobre a parte da estrutura da cor vermelha para depois a gente debater sobre os perigos, como todos os grupos anteriores fizeram. A gente pesquisou direitinho, só não fizemos uma hiper produção como os outros grupos.” (estudante L)

Quando todos pegaram os textos motivadores (dos doze alunos, nove estavam com o texto), o grupo começou abordando sobre os grupos funcionais e grupamentos que são encontrados na estrutura. Segue:

“A gente pegou o pigmento mais complicado, mas tudo bem, tudo pelo conhecimento...” (estudante L)

“Existem regiões na estrutura que mostram grupos oxigenados e nitrogenados. Os oxigenados temos o éter e a gente acha que tem o fenol, porque tem um álcool ligado ao anel benzeno. É isso mesmo, professor!?” (estudante J)

“A gente vê também que tem amida, por causa da dupla O ligado a um carbono com nitrogênio. Estamos muito inteligentes, minha gente.” (estudante K)

“E o cromóforo é o azo, que inclusive ocorre uma clivagem em cima...” (estudante J)

Os estudantes explanaram acerca das duplas ligações, como os grupos anteriores e ressaltaram outros metais em pigmentos vermelhos, informando a todos que mesmo que a estrutura orgânica não seja utilizada, outros componentes também oferecem perigos. Pode-se analisar, nas falas abaixo:

“As insaturações mostram que existem grupos cromóforos e isso tem a ver com a cor, como todos nós já sabemos, até com as aulas do professor Danylo, um deles é o azo, que é a dupla ligação entre dois N.” (estudante K)

“Aí a gente viu se tem outras estruturas da cor vermelha, e achamos um que não é orgânico, que o HgS... o... sulfeto de mercúrio, né isso, professor!? Mercúrio, minha gente... Pasmem!” (estudante J)

“Nisso, prof, a gente pesquisou sobre o mercúrio e é realmente bem perigoso no corpo.” (estudante L)

“Bem... De todos citados, achamos que é o pior, porque pode interferir diretamente no sistema nervoso central, além de gerar problemas nos rins, fígado, no sistema imune e até no reprodutor. Em casos de grávidas mesmo, pode causar má formação nos bebês, eles podem nascer com alguma situação específica.” (estudante K)

“Agora veja: se o orgânico é cancerígeno, a opção seria trocar para a não orgânica, mas aí a não orgânica geralmente tem o mercúrio, ou seja, a cor vermelha não é muito adequada não.” (estudante J)

“É até engraçado com essas tatuagens de flor, tão meigas e tão perigosas... É até irônico.” (estudante L)

De fato, os quatro grupos replicaram informações já mencionadas em situações anteriores e trouxeram informações novas para complementar suas apresentações. Percebemos que uma ênfase foi dada nos efeitos colaterais, pois a polaridade dos pigmentos tem afinidade com água e os metais dispostos podem dispor-se para outras partes do corpo humano.

As apresentações atenderam às expectativas, pois as finalidades da divulgação dos resultados puderam ser percebidas. Segundo Pérez (1993), elaborar documentos escritos sobre resultados obtidos, usando de forma correta a linguagem própria aproximando-se da científica, constitui uma finalidade de atividades investigativas. A esta altura, a tomada de consciência, que descreve Carvalho (2018) já se mostra presente, uma vez que os estudantes já constroem concepções científicas sobre os conteúdos vivenciados quando aplicados à temática proposta, neste caso, as tatuagens.

Quando o G4 encerrou a apresentação, todos os grupos foram informados que retornaríamos à situação-problema com o intuito de que as respostas atribuídas pudessem ser justificadas com escritas mais pertinentes e convincentes, com o uso do conhecimento químico e outros que os estudantes julgassem necessário.

3.3.2. Retomada do Problema Inicial

A análise da retomada do problema 1 refere-se ao objetivo de pesquisa: Identificar indícios de alfabetização científica dos estudantes nas respostas, diálogos e produções dos estudantes nas atividades da sequência didática investigativa (SDI) sobre Tatuagens. Neste momento, os estudantes resolveram novamente o problema, de modo individual. Suas respostas foram analisadas a partir da descrição e significado dos indicadores da alfabetização científica, conforme Sasseron e Carvalho (2011).

Problema 1

Bianca e Marcos são primos, mas com fenótipos diferentes quanto à cor da pele. Ambos são pardos, porém a tonalidade da pele de Marcos é mais escura devido a uma alta quantidade de melanina em sua pele. Bianca, com o consentimento de seus pais, pretende fazer uma tatuagem com a imagem do pôr-do-sol na parte superior direita de suas costas. Esta imagem ela viu na lupa de seu instagram e indicou para Marcos o mesmo perfil para que ele pudesse procurar imagens que lhe interessassem. Com autorização de seus pais, Marcos escolheu uma imagem que possuía detalhes pretos, e em virtude do seu apreço pelas disciplinas de História e Filosofia, ele escolheu fazer a imagem abaixo, que representa o pacifismo, característica filosófica que manifesta a luta contra a guerra e a violência. Mesmo com todo entusiasmo, Marcos está em dúvida, porque não sabe se a cor da imagem cairá bem em seu tom de pele. Com base em seus conhecimentos de Química e sobre tatuagens, responda as perguntas a seguir:



Fonte: <https://www.infoescola.com/filosofia/pacifismo/>. Acessado em 01 out. 2020.

1a) Marcos precisa se preocupar com a cor do desenho escolhido para aplicação de sua tatuagem, considerando que ele possui uma quantidade maior de melanina em sua pele? Se sim ou não, por quê?

1b) Ocorrem interações químicas nos pigmentos das tintas usadas na aplicação de tatuagens, que podem apresentar uma preocupação de biossegurança a Bianca, Marcos e qualquer pessoa que deseja fazer tatuagens? Se sim, quais?

1c) Existem riscos quanto ao profissional escolhido, o local de aplicação e quanto às tintas usadas para a aplicação de tatuagens? Se sim ou não, por quê? Por exemplo, Bianca deve se preocupar com o desenho do pôr-do-sol que é colorido, o qual ela escolheu para fazer sua tatuagem? Se sim ou não, por quê?

1d) Você conhece os procedimentos técnicos adotados na aplicação de tatuagens? Se sim, faça a descrição destes procedimentos.

As respostas dos estudantes participantes às questões norteadoras do problema encontram-se no **quadro 22**.

Quadro 22. Respostas ao problema inicial no último momento da SDI.

Questionamento	Respostas dos estudantes
<p>a) Marcos precisa se preocupar com a cor do desenho escolhido para aplicação de sua tatuagem, considerando que ele possui uma quantidade maior de melanina em sua pele? Se sim ou não, por quê?</p>	<p>A. Não! A cor não tem nada a ver com a cor da tatuagem. Marcos pode fazer a tatuagem que quiser, a melanina não influencia e nem tem nenhuma reação com as tatuagens.</p> <p>B. Claro que sim. A cor da pele não tem nada a ver com a tatuagem em si, o problema mesmo é a cor da tatuagem. A melanina é um a estrutura que protege a pele dos raios solares, apesar de que não interfere diretamente na aplicação de tatuagens na pele de qualquer cor.</p> <p>C. Sim. A aplicação da tatuagem ainda é meio relativa, dependendo apenas de Marcos, pois ele decidirá o que é melhor para sua pele. A melanina só vai proteger dos raios do sol, não tem nenhuma relação com as tintas da tatuagem quando aplicada.</p> <p>D. Agora eu acho que não. Depois que tudo que analisamos, a verdade é que qualquer pessoa deve fazer o desenho que quiser, independente da cor da pele. Marcos tem uma pele com muita melanina e isso só diz respeito à proteção contra os raios solares, a tinta mesmo não interfere em nada na tattoo.</p> <p>E. Hoje acredito que não. Mudei de opinião porque com certeza a pessoa faz a tatuagem que quiser, já que a melanina em sua pele nada interfere em nenhuma cor de qualquer desenho. Se Marcos é negro, isso não quer dizer que ele deve se limitar ao desenho da tattoo.</p> <p>F. Não! Pois a alta quantidade de melanina não interfere na aplicação da tatuagem, muito pelo contrário, Marcos pode fazer a tatuagem que bem entender, inclusive de qualquer cor.</p> <p>G. Mesmo que a tatuagem fique menos evidente, não haverá relação química em questão da quantidade de melanina. Marcos pode fazer a tatuagem que ele bem</p>

	<p><i>quiser, desde que ele se sinta confortável com a sua escolha e tome muito cuidado na hora de aplicar.</i></p> <p><i>H. Não. Marcos não precisa se preocupar com a sua tatuagem, porque sua cor de pele não influencia na tatuagem em si.</i></p> <p><i>I. Não! Se Marcos é negro ou não, ele poderá fazer o desenho que bem quiser, desde que sinta prazer na sua escolha. A melanina em seu corpo não provoca nenhuma reação com as tintas de tatuagem, pelo contrário, protege ele dos raios solares e apenas isso.</i></p> <p><i>J. Com certeza não. A única preocupação é com a qualidade da tinta e seu bem-estar. Marcos pode ficar tranquilo, pois a grande quantidade de melanina em seu corpo funciona para lhe proteger.</i></p> <p><i>K. Marcos não precisa se preocupar com a cor da tatuagem, pois ela é feita sob a primeira camada da pele, a melanina não interfere nisso. A substância da melanina fica alojada na pele para proteger Marcos dos raios solares, ele fazendo a tatuagem é possível que a melanina até ajude a protegê-la.</i></p> <p><i>L. Não. O corpo é de Marcos e ele tem total autonomia sobre sua escolha. Se ele é negro, vai poder escolher um desenho que se destaque e lhe faça bem, ninguém precisa interferir nisso.</i></p>
<p>b) Ocorrem interações químicas nos pigmentos das tintas usadas na aplicação de tatuagens, que podem apresentar uma preocupação de biossegurança a Bianca, Marcos e qualquer pessoa que deseja fazer tatuagens? Se sim, quais?</p>	<p><i>A. Sim! Pelo que as tintas têm, na questão da química mesmo, as cores podem possuir metais e esses metais podem prejudicar o organismo. Estudamos as cores azul, verde, amarelo e vermelho e dessas o vermelho é a mais perigosa, porque pode reagir com os raios do sol e formar substâncias que causam câncer de pele. Mas todas são perigosas se não tiver cuidado, podendo infeccionar.</i></p> <p><i>B. Sim! Os pigmentos são substâncias químicas perigosas se não forem usados na tatuagem com consciência. Esses pigmentos são as tintas e têm estrutura química do tipo inorgânica e orgânicas. As orgânicas têm grupos que ficam ligações com duplas ligações, que são as cores, e também com grupos que determinam a intensidade, tipo se a cor vai ficar viva ou não. A cor vermelha é a mais perigosa, pois o metal encontrado causa maior dano no corpo e é cancerígeno.</i></p> <p><i>C. Sim, as reações alérgicas podem ocorrer por vários motivos. Primeiro que as substâncias químicas têm metais que são ligados a grupamentos orgânicos, aí o problema maior são esses metais: azul e verde são parecidos e podem ter cobre, a amarela pode ter cromo e a vermelha é cancerígena e pode ter mercúrio. Todos esses metais são perigosos, fora que se tatuagem for muito grande, as chances de infecção e contaminação desses metais são bem altas.</i></p> <p><i>D. Sim, pois mesmo que eles gostem muito de tatuagem, existem algumas informações que todos devem saber. As infecções podem acontecer se não tiver tudo higienizado e o corpo pode sofrer alguma consequência por causa dos metais nas cores. Vimos que a mais perigosa é a vermelha, pois é cancerígena, mas as outras cores também são porque é um corpo estranho no organismo. Meu grupo falou da</i></p>

cor verde e ela tem cobre e o cobre pode causar problemas de falta de apetite e até interferir na urina.

E. Com certeza! As irritações que podem ocorrer são justamente por causa das interações que a gente não vê. Existem grupos que são responsáveis pela cor, que são os cromóforos, nisso a estrutura tem muitas insaturações e algumas contêm metais, esses metais podem causar problemas de saúde. Estudamos azul, verde, amarelo e vermelho e a vermelha é muito ruim, porque causa câncer de pele e algumas ainda tem mercúrio. Isso tudo interfere e faz a gente repensar sobre as tatuagens.

F. Sim, as tatuagens são formadas por solventes, resinas, aditivos e os pigmentos, que são substâncias que em contato com a pele podem causar sérios problemas. As tintas têm esses pigmentos e cada cor é específica, com grupos cromóforos e auxocromos, que indicam características específicas da cor. O vermelho é muito perigoso, todos devem ter cuidado com essa cor, pois podem causar câncer, as outras são menos ruins.

G. Com certeza! Pois as tatuagens componentes que precisam de atenção. Além dos aditivos, resina, solvente, tem o pigmento que são estruturas que determinam a coloração, algumas são orgânicas e não. As orgânicas são estruturas maiores e com muitas insaturações que promovem a cor, de fato, em conjunto com grupos funcionais. Os metais são responsáveis pelos maiores danos, como é o caso do pigmento vermelho, que é cancerígeno e, é de longe, o pigmento mais perigoso. O azul, verde e amarelo contêm metais que trazem efeitos tóxicos para o corpo, por isso esses riscos devem ser considerados.

H. Sim. As tatuagens são formadas de pigmentos e esses apresentam uma estrutura bem complexa com muitas ligações duplas entre elementos de carbono, oxigênio e nitrogênio e juntos formam grupamentos cromofonos, além dos metais em alguns pigmentos, que causam problemas de pele, como coceira e até câncer. É muito perigoso fazer tatuagem sem consentimento porque as cores causam problemas, dos mais simples até os mais sérios, como o câncer.

I. Sim. Existem muitos riscos. As tatuagens têm substâncias que podem não fazer bem para o corpo, elas possuem solventes, resinas, aditivos e as cores são os pigmentos, que são estruturas que podem ter metais e grupamentos cromóforos. Esses grupamentos em conjunto têm bastante ligação dupla que dão as informações das cores, o problema é quando vêm com algum metal. De todas as cores, precisamos ter cuidado com a vermelha, pois é muito perigosa, se for mal

	<p><i>aplicada, pode gerar sérios problemas na pele e no corpo, as outras são mais tranquilas, não quer dizer que não são tóxicas, mas os efeitos por contaminação são menores.</i></p> <p><i>J. Sim, muitas coisas devem gerar preocupação. As tatuagens têm quatro tipos de substâncias e uma delas é o pigmento, que dá a cor da tinta. Aí o pigmento tem grupos funcionais ligados por muitas ligações carbônicas, sendo simples e duplas, nisso formam-se os cromóforos, bem comum nos pigmentos. Algumas tintas têm metais como mercúrio, cromo e até chumbo e todos esses átomos no corpo prejudicam, por isso que o corte tem que colocar na pele a quantidade adequada de tinta. A vermelha é disparadamente a mais perigosa porque câncer é uma doença sem cura ainda.</i></p> <p><i>K. Como mencionei anteriormente, sim. As tintas contêm solventes, aditivos, resinas e pigmentos dos mais variados, tanto orgânicos como inorgânico. Ao estudar esses pigmentos, notei que as orgânicas possuem grupos funcionais e regiões de cromóforos e auxócromos, que conferem a cor da tatuagem e sua intensidade. Assim como algumas orgânicas (azul e verde), os inorgânicos podem ter metais e cada metal pode ser tóxico, nesse caso, uma má aplicação pode contaminar o local e o metal se depositado para o corpo todo, além de estruturas mais agressivas como a vermelha, que reage com os raios solares e geram substâncias cancerígenas. Por isso a pessoa precisa ser bem informada.</i></p> <p><i>L. Sim, a química por trás das tatuagens pode dar problemas em qualquer paciente. As tintas tem componentes químicos e esses componentes podem prejudicar. As cores mesmo podem ter metais, que ficam no meio da estrutura química e em contato com a pele pode gerar várias situações, como fadiga, perda de memória, e até câncer de pele como é o caso da vermelha. Isso tudo é importante, pois na hora de fazer a tatuagem a pessoa precisa ter muito cuidado.</i></p>
<p>c) Existem riscos quanto ao profissional escolhido, o local de aplicação e quanto às tintas usadas para a aplicação de tatuagens? Se sim ou não, por quê? Por exemplo,</p>	<p><i>A. Com certeza! O profissional precisa entender um pouco de Química. Hoje em dia, eu acho que isso seja importante. Se o profissional seguir direitinho as regras de segurança, higiene e etc. não acontecerá nada com ninguém.</i></p> <p><i>B. Sim! O tatuador e a pessoa que vai fazer a tatuagem precisam estar atentos ao procedimento. Se os equipamentos forem higienizados, principalmente nessa pandemia, não há o que temer. Em relação ao tamanho do desenho, ela só precisa ficar atenta se for muito grande, porque aumentam os riscos.</i></p> <p><i>C. Sim. Primeiro o tatuador deve conhecer sim um pouco de Química, pelo menos o que envolve as tatuagens para conscientizar a todos dos riscos, caso aconteça.</i></p>

<p>Bianca deve se preocupar com o desenho do pôr-do-sol que é colorido, o qual ela escolheu para fazer sua tatuagem? Se sim ou não, por quê?</p>	<p><i>Acredito que os cursos para tatuadores deveriam abordar isso. O local precisa ser seguro e confortável para Bianca fazer a tatuagem que ela quiser, mas com consciência para o tamanho, pois se for muito grande pode haver problemas na pele e algum efeito do metal.</i></p> <p><i>D. Sim. Um profissional adequado que tenha conhecimentos básicos da química das tatuagens é importante, até para dizer às pessoas sobre os riscos e mostrar credibilidade. Os utensílios usados devem ser novos e estar higienizados com álcool em gel, até por conta dessa pandemia. Bianca precisa ficar atenta ao tamanho, porque se for grande demais, ela pode correr riscos de infecção e os metais podem passar para o corpo e gerar problemas.</i></p> <p><i>E. Sim, hoje em dia acredito que o profissional precisa realmente ser bem capacitado, pois não pode ser qualquer um. Acredito que o tatuador deve ter conhecimentos de Química, pelo menos o básico, como a as estruturas e o que envolve, o que é o solvente, a resina e os pigmentos... o azul, o amarelo, o verde e o vermelho, muitos podem ter mais tóxicos, fora a contaminação que pode ocorrer dependendo do tamanho da tatuagem.</i></p> <p><i>F. Sim, o profissional deve entender um pouco de Química, pois ele precisa orientar corretamente o seu cliente da aplicação das tatuagens. Ele não precisa ser nerd em Química, mas conhecer os componentes básicos, como os pigmentos e os metais que envolvem essas cores. Já Bianca, que é a cliente do problema, precisa tomar cuidado com a cor vermelha para não contaminar o local.</i></p> <p><i>G. Sim, é importante escolher um profissional com muita cautela, que entenda um pouco da química por trás da tatuagem, instruindo a pessoa dos riscos. Ele poderia organizar manuais informativos e colocar na parede para que todos tivessem acesso às informações de forma mais complexa. Bianca precisa tomar cuidado com a cor vermelha e a quantidade que vai ser aplicada para não correr nenhum risco e depois gerar pequenas lesões.</i></p> <p><i>H. Sim, o profissional deve ser escolhido com muito cuidado, ele precisa ser muito bom no que faz e entender um pouco da química por trás da tatuagem. Se ele sabe dessas informações, vai poder informar aos clientes sobre a teoria das tatuagens e seus riscos para se tornar um profissional consciente de seus atos, como informar a Bianca sobre os riscos.</i></p> <p><i>I. Sim, o profissional precisa ser bem qualificado e responsável, acredito que poderia saber um pouco da constituição química de tudo que envolve tatuagem e</i></p>
--	--

	<p><i>até entender um pouco sobre infecções, bactérias e etc. até para aconselhar seu cliente. Já Bianka precisa, sim, tomar cuidado, se a tatuagem for grande aumenta os riscos de contaminação e efeitos adversos no corpo, ainda mais se for vermelha.</i></p> <p><i>J. Sim, Bianka deve escolher um bom profissional, que siga todas as orientações corretas de segurança, até pelo momento que estamos vivenciando e mais, que seja qualificado, que entenda um pouco quimicamente das substâncias que usa, até para explicar direitinho os riscos às pessoas que lhe escolhem para fazer.</i></p> <p><i>K. Sim, o profissional poderia saber de todas as informações mencionadas na questão anterior, pois poderia instruir as pessoas dos possíveis riscos, por isso é necessário que cursos abordem isso, como também processos de infecção e contaminação, porque faz parte, querendo ou não, do seu trabalho. Não precisa que ele saiba muito sobre Química ou Biologia, mas o básico é importante. Já Bianka precisa ser informada também disso, para que evite fazer tatuagens grandes, principalmente se for colorida, pois todo cuidado é pouco nesses processos.</i></p> <p><i>L. O profissional não pode sair por aí fazendo tatuagem, é preciso um curso de qualidade, um preparo, sabe? Talvez o conhecimento de Química ajude na hora de exercer sua profissão. A tatuagem de Bianka não pode ser muito grande, porque pode contaminar o local e se for colorido aumenta a chance de inflamar.</i></p>
<p>d) Você conhece os procedimentos técnicos adotados na aplicação de tatuagens? Se sim, faça a descrição destes procedimentos.</p>	<p><i>A. Envolve a higienização dos materiais, troca de materiais descartáveis, processo de tratamento da pele antes de aplicar a tatuagem e a aplicação da tinta com muito cuidado para ocorrer nenhum problema.</i></p> <p><i>B. Acredito que ocorre perfuração da pele com qualquer que seja a cor da aplicação. Como tem perfuração, é bom que o tatuador esteja com os itens adequados, como luvas, óculos, dentre outros.</i></p> <p><i>C. Basicamente deve acontecer a higiene e o tatuador deve estar com todos os equipamentos adequados. O processo é meio cirúrgico, então não pode aproveitar nada de uma pessoa para outra. Então, máscaras (já estamos), luvas e óculos sempre!</i></p> <p><i>D. Deve começar com a limpeza correta, usando sempre utensílios novos, já que envolve o sangue da pessoa. Os equipamentos corretos, como luva, máscara e tudo que for possível para evitar qualquer contaminação.</i></p>

	<p>E. <i>Envolve a higiene e uma sequência de etapas no processo de corte na pele para a cor ir penetrando. Também tem o básico para qualquer situação: equipamentos adequados de segurança para prevenir infecções e doenças.</i></p> <p>F. <i>As técnicas mais importantes é a higiene, o processo de esterilização correto dos materiais, além dos itens básicos, como luvas, óculos e principalmente a máscara.</i></p> <p>G. <i>Como mencionei anteriormente: limpeza e segurança. A técnica passa basicamente por isso. Limpeza dos equipamentos usados, itens de segurança adequados, porque quando o processo envolve cortes e o sangue fica exposto, pode causar infecção.</i></p> <p>H. <i>Limpeza dos materiais, álcool em gel para evitar contaminação de germes e coronavírus, uso de luvas e máscara. Tudo isso envolve o que ele precisa fazer, da chegada da pessoa até o desenho na pele.</i></p> <p>I. <i>Pelo que entendi, envolve as etapas básicas da higienização, como limpeza e esterilização de todos os materiais que podem ser aproveitados e o uso de materiais descartáveis (luvas, óculos e etc), pois o procedimento envolve o corte da pele e, como sangra, precisa ter cuidado para não infeccionar.</i></p> <p>J. <i>Sim. Começa pela limpeza do ambiente que é usado, descontaminação com álcool e trocando tudo que for descartável, organização dos materiais: tintas, algodão, agulhas. Sempre de máscara e luvas, aconselhável as pretas que são mais grossas.</i></p> <p>K. <i>Basicamente limpeza, estar atento à troca de materiais e uso de álcool 70% para eliminar todas as bactérias e vírus e o correto uso de luvas, óculos e máscara. Fora isso, o processo envolve a escolha da área que vai ser tatuada, o desenho e o corte por etapas.</i></p> <p>L. <i>Sim. Higiene com muito álcool em gel, materiais de qualidade para fazer o desenho e a coloração. Lembrando que a máscara deve ser colocada, e luvas, para evitar qualquer contaminação.</i></p>
--	--

No primeiro questionamento, “*Marcos precisa se preocupar com a cor do desenho escolhido para aplicação de sua tatuagem, considerando que ele possui uma quantidade maior de melanina em sua pele? Se sim ou não, por quê?*”, houve a predominância do aspecto C9 (conhecimento das fontes válidas de informação científica e tecnológica e

recorrência a elas quando diante de situações de tomada de decisões) e C1 (utilização de conceitos científicos para integrar valores e saber tomar decisões responsáveis no dia a dia) nas respostas dos estudantes ao questionamento: “*Se Marcos deveria ou não fazer a tatuagem por causa da cor de sua pele.*” Isso porque os estudantes responderam que a decisão em fazer ou não uma tatuagem vai além da cor de pele de Marcos, uma vez ele tem autonomia para fazer o desenho que desejar. Todos os estudantes responderam basicamente que Marcos não deve se preocupar.

Ainda em relação ao primeiro questionamento do problema, as respostas negativas foram seguidas da explicação de que a melanina não interfere na aplicação das tatuagens, independente da sua cor da pele. Tal aspecto aponta para o indicador C7 da alfabetização científica (realização da distinção entre os resultados científicos e a opinião pessoal), uma vez que os estudantes A, B, C, D, F, G, I, J e K justificaram suas respostas. Além disso, o estudante K trouxe uma resposta que vai além, quando explica que “*a substância da melanina fica na primeira camada da pele*”. De fato, os melanócitos localizam-se na epiderme (RETONDO; FARIA, 2009).

Outro ponto relacionado à primeira questão envolve a diferença entre conhecimento e opinião, e a evolução do conhecimento químico, durante a vivência das atividades da SDI, pois os estudantes D e E mostraram mudanças nas suas respostas, quando afirmaram que as tatuagens não interferem na cor de pele de Marcos, quando informam “*Agora acho que não [...]*” e “*Hoje acredito que não [...]*”, respectivamente. Essas mudanças nas respostas são evidências que indicam que, o processo de alfabetização científica, em especial, a presença dos indicadores C6 (compreensão que a produção e saberes científicos dependem, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos) e C7, ao longo das estratégias de ensino.

No segundo questionamento, “*Ocorrem interações químicas nos pigmentos das tintas usadas na aplicação de tatuagens, que podem apresentar uma preocupação de biossegurança a Bianca, Marcos e a qualquer pessoa que deseja fazer tatuagens? Se sim, quais?*”, o conhecimento químico foi mais presente mediante ao espelho de respostas proposto. Grande parte dos aspectos esperados foram contemplados, como a observação de que os pigmentos orgânicos são mais vibrantes e biocompatíveis e as insaturações com os grupamentos orgânicos apenas apontam para a coloração e intensidade da cor, respectivamente. Quanto aos pigmentos, nota-se um problema de composição no vermelho, que pode gerar efeitos colaterais mais danosos (ARL, 2018; GIARETTA, 2015; FAZENDA, 1995).

Diante disso, as respostas que se justificaram com tais observações demonstraram aproximação do conhecimento químico, sendo possível se evidenciar o processo da alfabetização científica quando a tomada de decisões acontece por meio do embasamento nos referidos conceitos científicos, preservando a estimulação intelectual e reconhecendo a utilidade das ciências e tecnologias para o progresso do bem estar humano (indicadores C1, C4 e C3, respectivamente). Todas as respostas que mencionaram os problemas causados pelo excesso da pigmentação exógena mostram que é necessário certa preocupação, uma vez que mesmo com todos os avanços científicos, ainda assim, se precisa de cautela em seus usos, por exemplo, na aplicação das tatuagens. (ARL, 2018; GIARETTA, 2015; KARYMOV; VOROBIEV; KALASHNIKOVA, 2018).

Os estudantes E, B, F, H, I, J e K mencionam as insaturações das estruturas orgânicas, que ocorrem em virtude dos grupamentos cromóforos, justificando a coloração de cada pigmento. Apenas os estudantes E, F, H, I (mesmo com erro ortográfico), J e K complementaram suas respostas citando o grupamento cromóforo. Já a citação do grupamento auxocromo só foi feita pelos estudantes F e K. Todos os estudantes citaram que as tintas usadas nas tatuagens possuem problemas, com forte ênfase para a cor vermelha, exceto o estudante B, que, apesar de escrever sobre esta cor, não mencionou outras cores, e o estudante H que não citou nenhuma cor. Acredita-se que essa ênfase na cor vermelha foi em decorrência dos maiores riscos oferecidos por este pigmento, com base na sua estrutura orgânica que pode gerar produtos carcinogênicos, ou pela estrutura inorgânica, que pode conter mercúrio (RAMOS, 2018; KARYMOV; VOROBIEV; KALASHNIKOVA, 2018).

Além das respostas indicarem a presença dos indicadores C1 (utilização de conceitos científicos para integrar valores e saber tomar decisões responsáveis no dia a dia) e C9 (conhecimento das fontes válidas de informação científica e tecnológica e recorrência a elas quando diante de situações de tomada de decisões), os estudantes vislumbraram das estratégias de ensino durante as investigações para a resolução do segundo questionamento do problema. É importante memorar que o texto motivador 2 “O que mudou dos corantes naturais para os corantes sintéticos? Química? Efeitos?” também ajudou a responder a problemática, uma vez que levou os estudantes raciocinarem sobre o uso de pigmentos sintéticos, uma vez que os naturais tem baixo rendimento e, de qualquer forma, é necessário sais metálicos para servir de fixador (RAMOS, 2018). Isso aponta para os indicadores C8 e C10, pois os estudantes percebem que o saber científico é provisório e depende do acúmulo de resultados, bem como a ciência é produzida ao longo da história.

Quanto às citações dos possíveis problemas causados pelos pigmentos das tatuagens, houve muitas nomenclaturas nessas justificativas. Os estudantes A, C e E escrevem sobre possíveis infecções que podem ser acometidas na pele; enquanto que os estudantes I e K usam o termo “contaminação”; os estudantes G e I mencionam tais problemas como “riscos” que podem ser causados em virtude de efeitos colaterais; os estudantes I e K demonstram compreender que as tintas são tóxicas; e os estudantes D e F destacaram possíveis problemas sem especificações.

Apesar das divergências nas descrições quanto aos problemas das tatuagens, considera-se que tais respostas são satisfatórias porque se aproximam do sentido atrelado aos perigos, como mostra o espelho de respostas. Os componentes das tintas (solvente, resina, aditivo e pigmento) das tatuagens foram mencionados apenas pelos estudantes F, G, I e K, complementando suas respostas com relação às estruturas químicas dos pigmentos. Dessa forma, houve avanço na apropriação do conhecimento científico pelos estudantes a respeito da segunda questão inerente ao problema sobre tatuagens, apontando para a presença dos indicadores C6 e C9, pois os saberes científicos oriundos dos processos de pesquisas e conceitos teóricos de fontes confiáveis (fontes válidas) são recorridas para a tomada de decisões.

Os aspectos considerados para os primeiros e segundos questionamentos apontam para a análise e interpretação coerente dos resultados por parte dos estudantes, que ao retomarem o problema norteador, puderam refletir e amadurecer seus pontos de vista acerca das tatuagens. As respostas indicam, via linguagem própria, a construção de saberes cientificamente aceitos, como propõe Carvalho (2009). Além disso, as respostas são resultado da elaboração de hipóteses e busca constante de informações, como propõe uma investigação científica no contexto escolar (OSNORBE; WITTROCK, 1983; CARVALHO, 2009).

No terceiro questionamento, *“Existem riscos quanto ao profissional escolhido, o local de aplicação e quanto às tintas usadas para a aplicação de tatuagens? Se sim ou não, por quê? Por exemplo, Bianca deve se preocupar com o desenho do pôr-do-sol que é colorido, o qual ela escolheu para fazer sua tatuagem? Se sim ou não, por quê?”*, quase todos os estudantes (A, C, D, E, F, G, H, I, J e L) destacaram que o tatuador precisa conhecer sobre os componentes químicos e segurança com relação à aplicação de tatuagens.

O estudante K mencionou que o profissional precisa ter conhecimento básico da Química e de Biologia. O estudante G indicou que tais profissionais colocam quadros nas paredes do estúdio, divulgando o conhecimento sobre os pigmentos e suas substâncias

químicas usadas nas tatuagens. Com base nestas respostas percebe-se a importância da criticidade dos sujeitos quanto ao profissional escolhido para aplicação de tatuagens em locais apropriados. Esses aspectos remetem a apropriação do conhecimento científico/químico articulado a questões sociais, e remetem à emergência aos indicadores de C2 (compreensão de que a sociedade exerce controle sobre as ciências e tecnologias, bem como seu reflexo na sociedade), C3 (reconhecimento dos limites da utilidade das ciências e tecnologia para o progresso do bem estar humano) e C5 (extração da formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante).

Os estudantes B, C, D, G, K e L citaram que Bianca (personagem do problema) deve atentar para o tamanho da tatuagem, a fim de evitar riscos de infecções ou possíveis contaminações. Quando os estudantes trazem à tona o fator da toxicidade, eles se referem aos metais que podem estar presentes nos pigmentos das tintas; quando citam a contaminação se apropriam da justificativa de que quanto maior o tamanho da tatuagem, mais espaço da pele está sujeito a processos de infecção. Esses aspectos se relacionam com os indicadores C3, C4 e C7, uma vez que parece ocorrer nas respostas destes estudantes a transição da informação para o conhecimento, a estimulação intelectual e as limitações da ciência para a promoção do bem estar dos indivíduos. Apenas os estudantes K e L complementam que, além do tamanho, deve haver um olhar crítico para as tatuagens coloridas.

Com relação ao último questionamento, *“Você conhece os procedimentos técnicos adotados na aplicação de tatuagens? Se sim, faça a descrição destes procedimentos.”*, os estudantes A, C, D, E, F, G, J, K e L enfatizam que as técnicas de aplicação de tatuagens devem envolver a limpeza; o estudante J mencionou, além disso, o fator descontaminação. Os estudantes F, G e J mencionam que a limpeza envolve a ação da esterilização, sendo um importante fator para evitar riscos de contaminação. O estudante J foi o único que mencionou a importância da organização dos materiais usados para a aplicação de tatuagens. É importante notar que tais respostas, quando articuladas com as respostas do segundo e terceiros questionamentos, apontam para a emergência do indicador C2 da alfabetização científica, pois mostra a importância da sociedade se apropriar do conhecimento sobre ciência e tecnologia, como ajuda a tornar o cidadão apto para tomar decisões de maneira adequada.

A menção acerca dos equipamentos de proteção individual foi abordada pelos estudantes B, C, D, E, F, G e L, onde eles destacaram a importância de tais itens, trazendo exemplos de luvas, óculos e máscaras, principalmente, nestes tempos de pandemia do COVID-19, que estamos vivendo. Por fim, pode se observar peculiaridades em algumas

respostas: o estudante A foi o único que mencionou a importância dos materiais descartáveis; o estudante B mencionou que as técnicas envolvem a perfuração da pele; e os estudantes E, G e K informam que as técnicas envolvem uma série de etapas, que vai desde a limpeza até o processo de coloração da tatuagem.

As respostas dos estudantes à quarta questão do problema abordam o desejo de aplicação de tatuagem, e como esta ação requer a apropriação de conhecimentos químicos. Isso pode promover o bem estar do ser humano, pois quando o conhecimento é usado na tomada de decisões, é possível respeitar as limitações da que a ciência impõe para qualquer fenômeno – neste caso, a aplicação de tatuagens –, e o cuidado com o próprio corpo. Tais considerações apontam para a emergência do indicador da alfabetização científica, C3, no sentido de que os limites impostos em qualquer ação atribuída às ciência e tecnologia precisam ser respeitados, pois o reconhecimento destes pode promover o bem estar do ser humano.

Pode-se perceber que as novas respostas durante a retomada do problema sugerem que os estudantes foram alfabetizados cientificamente sobre aspectos químicos-técnicos-sociais ligados à temática “tatuagens”, abordada por meio da SDI. Dessa forma, explana na prática os aspectos de atividades investigativas de natureza “aberta”, uma vez que existem muitos caminhos para se chegar à solução, além de estabelecer no estudante um perfil mais ativo (WELLINGTON, 2000). Além disso, os estudantes foram levados a pensar, refletir, debater e justificar suas ideias em detrimento de novos conhecimentos, que foram promovidos ao longo das atividades investigativas (CAMPOS; NIGRO, 1999; AZEVENDO, 2004; SCHWARTZ; CRAWFORD, 2006 apud WARTHA; LEMOS, 2016).

Em síntese, acredita-se que as atividades da SDI contribuíram para construção de conhecimentos químicos contextualizados, técnicas e cuidados sobre a aplicação de tatuagens, como também para a formação de estudantes reflexivos e mais conscientes diante da tomada de decisão diante de situações que requerem a mobilização de conhecimentos científicos.

CONSIDERAÇÕES

Em linhas, gerais, a sequência didática sobre tatuagens baseada no ensino por investigação mostrou-se eficiente para o processo de ensino e aprendizagem do conhecimento químico, em especial, sobre as funções orgânicas. Além de proporcionar aos estudantes autonomia e protagonismo diante de sua própria aprendizagem.

Foi observado que os estudantes se apropriaram de conhecimentos e valores que perpassam os conceitos científicos aprendidos, que podem acompanhá-los por toda a vida. Mesmo os estudantes que não têm interesse em aplicar tatuagens, podem divulgar o conhecimento químico pertinente e importante para as pessoas que tenham interesse nelas. As soluções iniciais propostas ao problema indicam que os estudantes realizaram o levantamento de hipóteses, e vivenciaram características e etapas inerentes ao EPI.

As atividades propostas na SDI proporcionaram um ambiente onde foi possível aos estudantes, ações de pensar, falar, ler e escrever sobre a química das tatuagens (CARVALHO, 2018). Os estudantes puderam, desde a apresentação do problema até a sua retomada, ter a oportunidade de interagir com fontes de informações – vídeos, textos motivadores, aula expositiva dialogada, experimentação investigativa, e pesquisas complementares para aprofundarem seus conhecimentos científicos escolares sobre a temática tatuagens, visando contribuir para a tomada de decisões sobre aspectos relativos a esta temática.

Alguns estudantes apresentaram explicações mais embasadas no conhecimento químico durante a realização das atividades da SDI, podendo ampliar seus conhecimentos prévios. De um modo geral, os objetivos de pesquisa foram alcançados, uma vez que o ensino por investigação possibilitou a emergência de alguns indicadores de alfabetização científica dos estudantes acerca da temática “tatuagens”. Isso pôde ser observado ao longo da análise das atividades da SDI, desde o primeiro momento com a resolução inicial do problema norteador e o vídeo 1 até o momento final com a apresentação dos seminários e a retomada do problema.

Foi possível perceber que a SDI se constituiu como uma boa estratégia de ensino e aprendizagem, contemplando o delineamento de aspectos do ensino por investigação: introdução e resolução do problema envolvendo as “tatuagens”, seguida de atividades sistemáticas de caráter investigativo, guiadas pelo professor com ênfase no contexto das tatuagens aplicada a fatos do dia a dia; e a finalização com a retomada do problema ao final do ciclo da SDI.

Se tratando do primeiro objetivo específico, *“Identificar indícios de indicadores da alfabetização científica pelos estudantes nas respostas ao problema sobre Tatuagens, durante o desenvolvimento de uma sequência didática investigativa (SDI)”*, alguns indicadores de alfabetização científica previstos para a sequência emergiram durante a análise das atividades e produções desenvolvidas pelos estudantes, e nas suas respostas iniciais ao problema até a sua retomada.

Por conseguinte, pode-se inferir que a SDI sobre tatuagens contribuiu para tornar os estudantes alfabetizados cientificamente do ponto de vista de aspectos do conhecimento químico-social, relacionado a esta temática. Acredita-se que o engajamento dos estudantes quanto à temática escolhida, os recursos e estratégias didáticas utilizadas, bem como a condução da SDI pelo professor podem ter contribuído para este resultado.

Quanto ao segundo objetivo específico *“Analisar o processo de construção do conhecimento químico pelos estudantes acerca do tema ‘tatuagens’, durante suas produções escritas e diálogos”*, podemos concluir que, de um modo geral, o conhecimento químico foi internalizado de forma gradativa pelos estudantes no contexto das atividades da SDI, que discutiram sobre a química envolvida na temática de tatuagens, indicando que situações do dia a dia podem envolver questões científicas. Tais evidências foram percebidas na análise das produções escritas e dos diálogos dos estudantes durante as atividades.

Em relação ao terceiro objetivo específico, *“Analisar como o conteúdo químico e os indicadores da alfabetização científica se articulam frente às atividades investigativas durante a sequência didática”*, foi possível verificar que houve confluência entre a internalização do conhecimento químico envolvido na tatuagens pelos estudantes com a emergência de alguns indicadores de alfabetização científica relacionados com seus eixos estruturantes, que foram previstos no processo de elaboração das atividades da SDI. Ressalta-se que nesse trabalho, compreendemos que a alfabetização científica enquanto um processo contínuo ao longo da vida de um sujeito, e como produto final, a qual pode ser evidenciada por meio dos indicadores inerentes aos seus eixos estruturantes relacionada com o processo de aprendizagem conceitual e contextual.

A abordagem da temática sobre tatuagens ajudou os estudantes a compreenderem os impactos no corpo humano, bem suas interações e sua composição química no ensino médio. Também auxiliou a promover um debate sobre o cuidado necessários quando se pensa em aplicar tatuagens no corpo, as quais as juventudes estão expostas, buscando promover a conscientização sobre este tema.

Algumas limitações percebidas no desenvolvimento da pesquisa foram a necessidade de aprofundar a análise das atividades da SDI, buscando um caráter mais analítico para interpretação dos dados. E ao fato de a análise das apresentações dos seminários não privilegiar um foco mais direcionado aos indicadores de alfabetização científica.

O público participante desta pesquisa poderia ter sido maior, mas em virtude da Pandemia causada pelo COVID-19 a escola estava recebendo poucos estudantes, por medida de segurança a saúde, enquanto outros continuaram em suas casas assistindo as aulas remotas.

Por fim, espera-se que este trabalho contribua de forma significativa para o ensino de Ciências, em especial, de Química por apresentar elementos concretos de uma abordagem investigativa na prática docente na escola. Em virtude da reflexão realizada durante e após a pesquisa, acredita-se que a sequência didática investigativa com o uso de outras estratégias e recursos didáticos pode ser uma alternativa para adaptá-la a outros níveis de ensino, outras realidades escolares, e até mesmo articuladas com outros componentes curriculares.

REFERÊNCIAS

ABD-EL-KHALICK, F.; BOUJAOUDE, S. An exploratory study of the knowledge base for science teaching. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 34, p. 673-699, 1997.

AKAHOSHI, L. H.; SOUZA, F. L.; MARCONDES, M. E. R. Enfoque CTSA em materiais instrucionais produzido por professores de química. **R. Bras. Ens. Ci. Tecnol.**, Ponta Grossa, v. 11, n. 3, p. 124-154, 2018.

ALFABETIZAÇÃO. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2021. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/alfabetizacao/>>. Acesso em: 28/04/2021.

ALRO, H.; SKOVSMOSE, O. **Diálogo e Aprendizagem em Educação Matemática**. São Paulo: Autêntica, 2010.

ARAÚJO, L. **Tatuagem, piercing e outras mensagens do corpo**. São Paulo: Cosac Naify, 2015.

ARL, M. **Tintas de tatuagem: identificação dos componentes e respostas toxicológicas**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina. 2018.

ATKINS, P. W.; SHRIVER, D. F. **Química Inorgânica – Quarta Edição**. São Paulo: Bookman Companhia Ed, 2008.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico-Tecnológica Para Quê? **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 1, 2001.

AZEVEDO, M. C. P. S. **Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula**. Ensino de ciências: Unindo a pesquisa e a prática / Ana Maria Pessoa de carvalho, (org.). São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

BAPTISTA, M. L. M. **Concepção e implementação de atividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico**. Tese de Doutorado - Universidade de Lisboa, 2010.

BARBOSA JUNIOR, J. R. **Analisando como o ensino de química está articulado à educação ambiental sob a perspectiva da Base Nacional Comum Curricular - BNCC**. 71 f. Monografia (Graduação em Química) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.

BARROW, L. H. A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards. **Journal of Science Teacher Educacion**, v. 17, n. 3, Springer, p. 265-278, 2006.

BATINGA, V. T. S. **A abordagem de resolução de problemas por professores de química do ensino médio: um estudo sobre o conteúdo de estequiometria**. 278 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

BELL, R. L.; SMETANA, L.; BINNS, I. The Science Teacher. **National Science Teachers Association**, p. 30-33, 2005.

BRAIBANTE, M. E. F. PAZINATO, M. S. O Ensino de Química através de temáticas: contribuições do LAEQUI para a área. **Ciência e Natura**. Santa Maria, v. 36, p. 819-826, 2014.

BRANCO, A. B de G.; BRANCO, E. P.; IWASSE, L. F. A.; NAGASHIMA, L. A.. Alfabetização e letramento científico na BNCC e os desafios para uma educação científica e tecnológica, **Revista Valore**, Volta Redonda, v. 3, n. esp., p. 702-713, 2018.

BRASIL, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Percepção pública da C&T no Brasil – 2019**. Resumo executivo. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2019. Disponível em < <https://www.cgee.org.br/web/percepcao/faca-sua-analise> >. Acesso em: 21. Abr. 2001.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular: educação é a base**. Brasília, DF, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Referência Técnica para o Funcionamento dos Serviços de Tatuagem e Piercing**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/7259210047457ee38aacde3fbc4c6735/Tatagem+m+e+Piercing.pdf>>. Acessado em: 28 ago. 2019.

BRITO, L. O.; FIREMAN, E. C. ensino de ciências por investigação: uma proposta didática “para além” de conteúdos conceituais. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 15, p. 462-479, 2018.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CACHAPUZ, A.F; PRAIA, J.F; JORGE, M. P. **Perspectivas de ensino das Ciências**. Porto: Eduardo & Nogueira, 2000. p. 75.

CAJAS, F. Alfabetización Científica y Tecnológica: La Transposición Didáctica Del Conocimiento Tecnológico. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 2, p. 243-254, 2001.

CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **Didática de ciências: o ensino-aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 1999.

CAÑAL, P. El análisis didáctico de la dinámica del aula: tareas, actividades y estrategias de enseñanza. In: PERALES, F. J. y CAÑAL, P. **Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias**. Alcoy: Marfil, p. 209-238, 2000.

CAÑAL, P.; PORLAN, R. Investigando la realidad próxima: un modelo didáctico alternativo. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, v. 05, n. 2, p. 89-96, 1987.

CARDOSO, M. J. C.; SCARPA, D. L. Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI): Uma Ferramenta de Análise de Propostas de Ensino Investigativas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 1025–1059, 2018.

CARLSON, L.; HUMPHREY, G.; REINHARDT, K. **Weaving science inquiry and continuous assessment**. Thousand Oaks, CA: Corwin Press, 2003. 152p.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula** / Anna Maria Pessoa de Carvalho, (Org.). Ed. 1. São Paulo: Cengage Learning, 2019. 152p.

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas. In: LONGHINI, M.D. **O uno e o diverso na educação**. Uberlândia: EdUFU, 2011.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (org). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2009. Cap. 1, p. 1-20.

CARVALHO, A. M. P.; TINOCO, S.C. O Ensino de Ciências como 'enculturação'. In: CATANI, D.B.; VICENTINI, P.P. (Orgs.). **Formação e Autoformação: Saberes e Práticas nas Experiências dos Professores**. São Paulo: Escrituras, 2006.

CARVALHO, C. J. A. **O Ensino e a Aprendizagem das Ciências Naturais através da Aprendizagem Baseada na Resolução de Problemas: um estudo com alunos 57 de 9º ano, centrado no tema Sistema Digestivo**. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, 2009.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: _____. (org.). **Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula**. Cengage Learning, 2013.

CAVALCANTE, B. P.; TEIXEIRA, A. M. S.; MARCELO, L. R. O desastre de mariana como abordagem investigativa e CTSA no ensino de química. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 9, n. 2, p. 173-185, 2019.

CAZELLI, S. **Alfabetização científica e os museus interativos de ciência**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 1992.

CHACUR, R. et al, 2014. Remoção de tatuagem com laser Q-switched NdYAG em população brasileira. **Rev. Bras. Cir. Plást**, v. 29, n. 3, p. 404-409, 2014.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica – Questões e Desafios para a Educação**. Ijuí: Editora da Unijuí, 2000.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: Ed. Ijuí, 2011.

CLEOPHAS, M. G. Ensino por investigação: concepções dos alunos de licenciatura em Ciências da Natureza acerca da importância de atividades investigativas em espaços não formais. **Revista Linhas**, Florianópolis, v. 17, n. 34, p. 266-298, 2016.

COSSETIN, V. L. F. Uma leitura ambivalente sobre a adoção de uma base curricular nacional: para fazer justiça à reflexividade da filosofia da educação. **Educar em Revista**, Curitiba, n. 66, p. 295-311, 2017.

CRUZ, M. E B. **Sequência Didática Baseada na Resolução de Problemas para o Ensino de Conteúdos de Química Orgânica: Uma análise a partir da teoria da atividade de Leontiev**. 2016. 153 f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.

CUNHA, A. P.; SILVA, A. P.; ROQUE, O. R.; CUNHA, E. **Plantas e produtos vegetais em cosméticos e dermatologia**. Serviços de Educação e Bolsas. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, 2004

DEBOER, G. E. Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools. In FLICK, L. D.; LEDERMAN, N. G. (Ed.) **Scientific Inquiry and Nature of Science**, Netherland, NED, Springer, p. 17-35, 2006.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 1990

DEWEY, John. **Democracia e educação: introdução à filosofia da educação**. Ed. 3. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1959.

DI MAURO, M. F., FURMAN, M.; BRAVO, B. Las habilidades científicas en la escuela primaria: un estudio del nivel de desempeño en niños de 4. año. **Revista Eletrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 10, n. 2, p. 1-10, 2015.

DUARTE, S. CALHEIROS, L. Micropigmentação em evolução. **Revista Profissão Beleza**. Ano XII, n. 69, p. 46-47, 2011.

ENGEL, E.; SANTARELLI, F.; VASOLD, R.; MAISCH, T.; ULRICH, H.; PRANTL, B. K.; LANDTHALER, M.; BÄUMLER, W. Modern tattoos cause high concentrations of hazardous pigments in skin. **Contact Dermatitis**, v. 58, n. 4, p. 228–233, 2008.

ENGEL, E.; SANTARELLI, F.; VASOLD, R.; MAISCH, T.; GOPEE, N. P.; HOWARD, P. C.; LANDTHALER, M.; BÄUMLER, W. Tattooing of skin results in transportation and lightinduced decomposition of tattoo pigments--a first quantification in vivo using a mouse model. **Experimental dermatology**, v. 19, n. 1, p. 54– 60, 2010.

EPSTEIN, I. **O signo**. Ed. 3. São Paulo: Ática, 1985. 80 f.

FELTRE, R. **Química: Química Geral (Vol. 1)**. Ed. 5. São Paulo: Moderna, 2000. 563p.

FELTRE, R. **Química: Química Orgânica (Vol 3)**. Ed. 5. São Paulo: Moderna, 2000. 542p.

FERREIRA, C. M.; D'ASSUMPCÃO, E. A. Cicatrizes hipertróficas e queloides. **Revista Sociedade Brasileira Cirurgia Plástica**. São Paulo, v. 21, n. 1, p. 40-48, 2006.

FÉRREZ, C. El reto de plantear preguntas científicas investigables. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, n. 14, v. 2, p. 410-426, 2017.

FINO, C. Vygotsky e a zona de desenvolvimento proximal (ZDP): Três implicações pedagógicas. In **Revista Portuguesa de Educação**, v. 14, n. 1, p. 273-291. CEEP: Universidade do Minho, 2001.

FIRME, R. F. Abordagem ciência-tecnologia-sociedade no ensino de ciências: de qual tecnologia estamos falando desde esta perspectiva dm nossa prática docente? **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 15, n. 1, p. 65-82, 2020.

FLOR, CRISTHIANE C. Possibilidades de um caso simulado CTS na discussão da poluição ambiental. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. esp, 2007.

FONSECA, M. R. M. **Química: química orgânica – textos e atividades complementares**. São Paulo: FTD, 2007.

FREIRE, P. **A importância do ato de ler – em três artigos que se completam**. São Paulo: Cortez, 2005.

GAGLIARDI, R. Como utilizar la historia de las ciencias em la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 3, p. 291-296, 1988.

GARCEZ, E. S. C. **O lúdico em Ensino de Química: um estudo do estado da arte**. 2014. 142 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

GIARETTA, E. **Dermopigmentação - Arte e Responsabilidade**. Ed. 3. São Paulo: Rio de Janeiro: Livre Expressão, 2015.

GIL, Antônio Carlos. **Didática do ensino superior**. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL PERÉZ, D. contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de um modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.

GOLDMAN, Lucien. **Dialética e cultura**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979. 197p.

GONDIM, M. S. C.; MENDES, M. Concepções alternativas na formação inicial de professores de química: pressuposto para uma reflexão sobre o processo ensino / aprendizagem (reapresentação). In: **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**. Florianópolis, 2007.

GOPEE, N. V. et al. Response of mouse skin to tattooing: Use of SKH-1 mice as a surrogate model for human tattooing. **Toxicology and Applied Pharmacology**, v. 209, n. 2, p. 145–158, 2005.

HODSON, D. Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand diferente learning methods. **International Journal of Science Education**, v. 36, n. 15, p. 2534-2553, 2014.

HURD, P.D. Scientific Literacy: New Minds for a Changing World. **Science Education**, v. 82, n. 3, 407-416, 1998.

ISLAM, P. S.; CHANG, C.; SELMI, C.; GENERALI, E.; HUNTLEY, A.; TEUBER, S. S.; GERHWIN, M. E. Medical Complications of Tattoos: A Comprehensive Review. **Clinical Reviews in Allergy & Immunology**, v. 50, n. 2, p. 273–286, 2016.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 12 Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, Grupo Gen, 2013.

KARYMOV, O. N.; VOROBIEV, A. A.; KALASHNIKOVA, S. A. Classification of tattoo complications. **Russian Journal of Clinical Dermatology and Venereology**, v. 17, n. 6, p. 98-107, 2018.

KATAOCA, F.; FESTA, N. **Tattoo Book Gallery: expressão arte e atitude na pele**. São Paulo: Discovery publicações, 2013.

KIST, C. 1º Censo de tatuagem do Brasil. **Revista Super Interessante**. Ed. 330. 2014.

KLEIMAN, A.B. Modelos de Letramento e as Práticas de Alfabetização na Escola. In: KLEIMAN, A.B. (org.) **Os Significados do Letramento – Uma nova perspectiva sobre a prática social da escrita**. Campinas: Mercado das Letras, 1995.

Krasilchik, M. e Marandino, M. **Ensino de Ciências e Cidadania**. São Paulo: Moderna, 2004.

KRUG, F. J.; **Métodos de preparo de amostras: fundamentos sobre preparo de amostras orgânicas e inorgânicas para análise elementar**. Ed. 1. Piracicaba: Ed. USP, 2010. 340p.

LAUGKSCH, R.C. Scientific Literacy: A Conceptual Overview. **Science Education**, v. 84, n. 1, p. 71-94, 2000.

LAUX, P. et al. A medical-toxicological view of tattooing. **Lancet (London, England)**. 2015.

LEBLOND, Jean-Marc Lévy. Cultura científica: impossível e necessária. In: VOGT, Carlos. (Org.). **Cultura científica: desafios**. São Paulo: USP; Fapesp, 2006. p. 29- 43

LEITE, Bruno Silva. **Tecnologias no ensino de química: teoria e prática na formação docente**. 1. Ed. Curitiba: Appris, 2015, 365p.

LEMKE, J.L. Investigar para el Futuro de la Educación Científica: Nuevas Formas de Aprender, Nuevas Formas de Vivir. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 24, n. 1, p. 5-12, 2006.

LITTIG, J.; COSTA, K. M.; LORENZONI, L. L. A comunicação e aprendizagem em um cenário de investigação: uma análise a partir de um ambiente de aprendizagem. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 312-340, 2020.

LONGINO, H. E. **The fate of knowledge**. Princeton: Princeton University Press, 2002.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MAGNUSSON, S. J.; PALINCSAR, A. S.; TEMPLIN, P. M. Community, culture, and conversation in inquiry-based science instruction. **Scientific Inquiry And The Nature Of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education**, p. 131-155, 2004.

MARCONDES, M. E. R. As ciências da natureza nas 1ª e 2ª versões da base nacional comum curricular. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 269-284, dez. 2018.

MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: BORESMA, K. et al (eds.) **Research and Quality of Science Education**. Holanda: Spring, p. 195-207, 2005.

MÉHEUT, M; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, 26:5, p.515-535. 2004.

MENBIELA, P. Sobre La Deseable Realción entre Comprensión Pública de La Ciência y Alfabetozación Científica. **Tecné, Episteme y Didaxis**, n. 22, p. 107-111, 2007.

MILL, J. S. **Sistema de Lógica Dedutiva e Indutiva**. In: Os pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1974.

MILLER, J. D. Scientific literacy: a conceptual and empirical review. **Daedalus**, n. 112, p. 29-48, 1983.

MOL, G. S. Pesquisa Qualitativa em Ensino de Química. São Paulo (SP): **Revista Pesquisa Qualitativa**, v. 5, n. 9, p. 495-513, 2007.

MONTEIRO, R. R. Os signos na educação: Pierce, Bakhtin, Vygotsky e Feuerstein. **Divers@ Revista Eletrônica Interdisciplinas**, Matinhos, v. 9, n. 1-2, p. 2-13, 2016.

MOORE, K. L.; DALLEY, A. F. **Anatomia orientada para a clínica**. 5 Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

MORETTI, T. Riscos Toxicológicos das Tatuagens. **RevInter**, v. 5, n. 2, p. 6-18, 2012.

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

MORTIMER, E.F. e MACHADO, A.H. A Linguagem em uma Aula de Ciências. **Presença Pedagógica**, v. 2, n. 11, p. 49-57, 1996.

MOTTA, A. E. M., MEDEIROS, M. D. F.; MOTOKANE, M. T. Práticas e movimentos epistêmicos na análise dos resultados de uma atividade prática experimental. **ALEXANDRIA: R. Educ. Ci. Tec.**, Florianópolis, v. 11, n. 2, p. 337-359, 2018.

MOTTA-ROTH, D. Letramento científico: sentidos e valores. **Notas de Pesquisa**, Santa Maria, v. 1, p. 12-25, 2011.

MULLER, P. Glossário de termos usados em química orgânica física. **Química Pura e Aplicada**, v. 66, n. 5, p. 1077-1184, 1994.

MUNFOR, Danusa; LIMA, M. E. C. de Castro e. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 9, n.1, 2007.

MUNFORD. D.; CASTRO e LIMA, M. E. C. Ensinar Ciência por investigação: em que estamos de acordo? **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciência**, Belo Horizonte, v. 9, n.1, p. 72-89, 2007.

NASCIMENTO, J. M. de; AMARAL, E. M. O Papel das interações sociais e de atividades propostas para o ensino - aprendizagem de conceitos químicos. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 3, p. 575-592, 2012.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **A framework for K12 Science Education: practices, crosscutting concepts and core ideas**. Washington, DC: National Academy Press. 2012. 400p.

NEWMAN, Jr. W. J; ABEL. S. K, HUBBARD. P. D; MC DONALD. J. Dilemmas of teaching inquiry in elementary science methods. **Journal of Science Teacher Education**, v. 15, n. 4, 2004.

NORRIS, S.P.; PHILLIPS, L.M. How Literacy in Its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy. **Science Education**, v. 87, n. 2, p. 224-240, 2003.

NRC. **National Science Education Standards**. Washington: National Academy Press, 1996.

OLIVEIRA, C. G. B.; COHEN, S.; ALVES, V. **Surgical & Cosmetic Dermatology**, v. 5, n. 4, p. 289-295, 2013.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 12, n. 1, p.139-153, 2010.

OSNORBE, R. J.; WITTROCK M. C. Learning science: a generative process. **Sci. Educ.**, v. 67, n. 4, p. 489-504, 1983.

PARENTE, A. G. L. **Práticas de investigação no ensino de ciências: percursos de formação de professores**. 2012. Nºfl. 203. Tese (Doutorado em Educação para as Ciências) - Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Bauru, 2012. (No prelo).

PAULILO, M. A. S. **A pesquisa qualitativa e a história** de vida. Apostila de serviço social da Universidade Estadual de Londrina. v. 2, n. 2, p.135-148. Editora da Universidade de Estadual de Londrina, 1999.

PÉREZ, DG. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las ciencias**, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.

PERNAMBUCO. Secretaria de Educação e Esportes. **Currículo de Pernambuco: ensino médio**. Recife, PE, 2021.

PESASTE, M. et al. Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. **Education Research Review**, n. 14, p. 47-61, 2015.

PIAGET, J. Intellectual evolution from adolescence to adulthood. **Human Development**, n. 15, p. 1-12, 1974.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gomez. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências: do Conhecimento Cotidiano ao Conhecimento Científico**. 5. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRO BUENO, A. Reflexiones para la selección de contenidos procedimentales em ciências. In: **Alambique – Didáctica de las Ciências Experimentais**, v. 6, p. 77-87, 1995.

RAMOS, B. A. O. **Desenvolvimento de métodos eletroquímicos para análise de agentes tóxicos em tintas de tatuagem**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Bioquímica). Universidade de Évora. 2018.

RAMOS, F. P.; NEZES, M. C. D.; FONTES, A. da S. Alfabetização científica e as visões deformadas no ensino de ciências: algumas reflexões sobre os discursos de professores de física. **REnCiMa**, v. 11, n. 3, p. 1-15, 2020.

RESENDE, Muriel L. M. **Vygotsky: um olhar sociointeracionista do desenvolvimento da língua escrita**. Disponível em: <http://www.psicopedagogia.com.br/artigos/artigo.asp?entrID=1195>. 2009. Acesso em novembro de 2020.

RODRIGUES, B. A.; BORGES, A. T. **O ensino de Ciências por investigação: reconstrução histórica**. In: XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2008, Curitiba. Atas do XI EPEF... Curitiba: UTFPR/UFPR, 2008. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/atas/resumos/T0141-1.pdf>. >. Acessado em: 14 out. 2020.

RODRIGUEZ, L. S.; CARRETEIRO, T. C. O. C. Olhas sobre o corpo na atualidade: tatuagem, visibilidade e experiência tátil. **Psicologia & Sociedade**, v. 24, n. 3, p. 746-755, 2014.

ROSA, S. M. Proyectos de investigación em los estudios universitários: progreso de la observación a la indagación. **Enseñanza de las ciencias**, v. 37, n. 1, p. 195-211, 2019.

RETONDO, C. R.; FARIA, P. **Química das sensações**. Ed. 3. São Paulo: Átomo, 2009.

SÁ, E. F. **Discursos de professores sobre o ensino de Ciências por investigação**. 2009. 203f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SAMPAIO, A. F.; ROTTA, J. C. G. **Abordagem CTSA na Formação de Professores de Ciências Naturais**. 64ª Reunião Anual da SBPC. Maranhão. 2012.

SANTOS, R. C. M. S. **Sequência Didática Investigativa para uma Abordagem Sobre Reação Química no Ensino Médio**. 93 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Química) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.

SARON, C.; FELISBERTI, M. I. Ação de colorantes na degradação e estabilização de polímeros. **Química Nova**. Campinas, v. 29, n. 1, p. 124-128, 2006.

SARTORI, L. R.; LOPES, N. P.; GUARATINI, P. **A química no cuidado da pele**. São Paulo: sociedade Brasileira de Química, 2010.

SASSERON, L. H. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula**. 268 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: Relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015.

SASSERON, L. H. Ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **RBPEC**, v. 18, n. 3, p. 1061-1085, 2018.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em ensino de ciências**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; BATISTONI E SILVA, M. O ensino por investigação e a argumentação em aulas de ciências naturais. **Tópicos Educacionais**, Recife, v. 23, n. 1, p. 7-21, 2017.

SEDANO, Luciana; CARVALHO, A. M. P. Ensino de Ciências por Investigação: oportunidades de interação social e sua importância para construção da autonomia moral. **ALEXANDRIA: R. Educ. Ci. Tec.**, Florianópolis, v. 10, n.1, p. 199-220, 2017.

SHEN, B. S. P. Science Literacy. **American Scientist**, v. 63, p. 265-268, 1975.

SHULMAN, L.S. Renewing the pedagogy of teacher education: The impact of subject-specific conceptions of Teachers' teaching, en Montero, M.L. y Vez, J.M. (eds.), **Las didácticas específicas en la formación del profesorado**, p. 53-69, 1993.

SILVA, E. T.; SÁ, R. A.; BATINGA, V. T. S. A resolução de problemas no ensino de ciências baseada em uma abordagem investigativa. **ACTIO**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 169-188, 2019.

SILVA, L. S. F. et al. Desenvolvimento de uma técnica ultrassônica para avaliar teores de óleo e graxa em efluentes de biocombustíveis. **Quim. Nova**, v. XY, n. 00, p. 1-6, 2015.

SILVA, M. B.; GEROLIN, E. C.; TRIVELATO, S. L. F. A importância da autonomia dos estudantes para a ocorrência de práticas epistêmicas no ensino por investigação. **RBPEC**, v. 18, n. 3, p. 905-933, 2018.

SIMÕES NETO, J. E. et al. Elaboração e validação de jogos didáticos propostos por estudantes do ensino médio. **REDEQUIM**, v. 2, n.2, p. 47-54, 2016.

SOLINO, A. P.; SASSERON, L. H. Investigando a significação de problemas em sequências de ensino investigativa. **Investigações em ensino de ciências**, v. 23, n. 2, p. 104-129, 2018.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica – Volume 1**. Ed 10. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 616p.

SOUZA, F. L. et al. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**. São Paulo: Centro Paula Souza, 2013, 86p.

STUCKEY, M.; EILKS, I. Chemistry under your skin? Experiments with tattoo inks for secondary school chemistry students. **Journal of Chemical Education**, v. 92, p. 129-34, 2015.

TEIXEIRA, F. M. Alfabetização científica: questões para reflexão. *Ciênc. Educ*, Bauru, v. 19, n. 4, p. 795-809, 2013.

TIMKO, A. L. et al. In Vitro Quantitative Chemical Analysis of Tattoo Pigments. **Archives of Dermatology**, v. 137, n. 2, p. 143–147, 2001.

TRÓPIA, G. **Um panorama da produção acadêmica sobre a prática de ensinar ciências por atividades de investigação científica no ENPEC**. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009, Florianópolis. Anais do VIII ENPEC, Belo Horizonte: ABRAPEC, 2009.

VANIN, J. A. **Alquimistas e químicos: o passado, o presente e o futuro**. Ed. 2. São Paulo: Moderna, 2005.

VASCONCELOS, C.; PRAIA, J.; ALMEIDA, L. Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução à aprendizagem. **Psicologia Escolar e Educacional**, Campinas, v.7, n.1, jun. 2003.

VIDAL, C. P. **Aprendizagem dialógica em aulas de matemática**. 2019. 197 f. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes. 1989.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo: Martins Fontes. 2007.

WANG, J.; GUO, D.; JOU, M. A study on the effects of model-based inquiry pedagogy on students' inquiry skills in a virtual physics lab. **Computers in Human Behavior**, v. 49, p. 658–669, 2015.

WARTHA, E. J.; LEMOS, M. M. Abordagens investigativas no ensino de química: limites e possibilidades. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 12, n. 24, p. 5-13, 2016.

WELLINGTON, J. **Re-thinking the Role of Practical Work in Science Education**. In M. Sequeira, L. Dourado, M.T. Vilaça, S. Afonso & J. M. Baptista (Orgs.) Trabalho Prático e Experimental na Educação em Ciências, 19-28. Braga: Universidade do Minho, Departamento de Metodologias da Educação. 2000.

XIA, Q. et al. Mechanisms of nanotoxicity: Generation of reactive oxygen species. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 22, n. 1, p. 64– 75, 2014.

Young, M. Para que servem as escolas? **Educação e Sociedade**, v. 28, n. 101, p. 1287-1302, 2007.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998

ZABALA, A.; ARNAU, A. **Como aprender e ensinar competências**. Porto Alegre: ArtMed. 2010. 197p.

ZANELLA, A. V. Zona de desenvolvimento proximal: análise teórica de um conceito em algumas situações variadas. **Temas psicol.**, v. 2, n. 2, p. 97-110, 1994.

ZÔMPERO, A. F.; LÁBURU, C. E. Atividades investigativas no ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 03, p. 67-80, 2011.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS)

Convidamos você, após autorização dos seus pais [ou dos responsáveis legais] para participar como voluntário (a) da pesquisa: SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE TATUAGENS: POSSIBILIDADE PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO DE QUÍMICA. Esta pesquisa é da responsabilidade do pesquisador DANYLO DAVID DE LIMA SILVA, residente à AV. MARCOS FREIRE, 176 A, SANTO ALEIXO, JABOATÃO DOS GUARARAPES – PE, CEP 54140-390; com Fone: (81) 99831-7093 e e-mail: danylo.lima@ufrpe.br.

Também participam desta pesquisa como orientadora a profa. VERÔNICA TAVARES BATINGA. Telefone: (81) 99900-9862, e-mail veratsb@gmail.com e como coorientadora a profa. KÁTIA CRISTINA SILVA DE FREITAS.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável. Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Descrição da pesquisa: Essa pesquisa tem como objetivo investigar o desenvolvimento e aplicação de uma Sequência da Ensino Investigativo sobre Tatuagens, para a emergência da Alfabetização científica com estudantes do Ensino Médio de uma escola técnica estadual da Região Metropolitana do Recife. Você será avaliado dentro de práticas metodológicas docentes para posterior análise, por meio da coleta e dados pelos instrumentos de questionários e gravação de áudio. Estes dados serão coletados durante as atividades e revisitados quando houver pertinência, não sendo necessário nenhum desconforto à priori ou à posteriori.

Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas para a pesquisa: A coleta de dados será realizada no primeiro bimestre letivo do ano de 2022, na instituição de ensino, sendo previstas.

RISCOS diretos para o voluntário: Os dados serão obtidos por meio de resoluções de questionários e problemas e gravações de áudio, que serão transcritos pelo professor aplicador da atividade. É importante salientar que não haverá nenhuma outra forma de comprometimento neste estudo. Em caso de riscos como: cansaço ou aborrecimento ao responder os questionários, constrangimento ao se expor durante a realização de testes, desconforto, constrangimento ou alterações de comportamento durante gravações de áudio, você não precisa realizá-lo, sendo a sua participação completamente voluntária e, dessa forma, você tem o direito a recusar esse convite ou, posteriormente, se necessário, se retirar do estudo a qualquer momento. A tipologia da pesquisa apresenta riscos mínimos para os participantes, possíveis constrangimentos serão amenizados da melhor forma possível, sendo passível o pagamento de indenização por danos eventuais, cobertura material para reparação a dano, causado pela pesquisa ao participante da pesquisa, ou ressarcimento de despesas, pagos pelo pesquisador.

BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários: Você presenciará o desenvolvimento de novas estratégias de ensino, para a avaliação da alfabetização científica por meio do estudo de Tatuagens na perspectiva do Ensino por Investigação, isso resultará na discussão de conteúdos científicos e suas aplicações. A participação possibilitará a presença em um ambiente de ensino e aprendizagem possibilitando maiores discussões relacionadas à ciência e tecnologia.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo, em hipótese alguma, identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (questionários e gravações de áudio) ficarão armazenados em pastas de arquivo no computador e no *Google Drive* pessoais, sob a responsabilidade do pesquisador DANYLO DAVID DE LIMA SILVA, no endereço acima informado, pelo período mínimo 5 anos, de acordo com a Resolução CNS n° 466 de 2012, item III.2.i, prevendo procedimentos que asseguram a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização dos participantes da pesquisa, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou do grupo, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou de aspectos econômico-financeiros.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação), assim como será oferecida assistência integral, imediata e gratuita, pelo tempo que for necessário em caso de danos decorrentes desta pesquisa.

(assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado pela pessoa por mim designada, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE TATUAGENS: POSSIBILIDADE PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO DE QUÍMICA, como voluntário (a). Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data _____

Assinatura

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE B – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO* (PARA MENORES DE 18 ANOS)

**Este Termo de Assentimento para o menor de 7 a 18 anos não elimina a necessidade da elaboração de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que deve ser assinado pelo responsável ou representante legal do menor.*

Convidamos você, após autorização dos seus pais [ou dos responsáveis legais] para participar como voluntário (a) da pesquisa: SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE TATUAGENS: POSSIBILIDADE PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO DE QUÍMICA. Esta pesquisa é da responsabilidade do pesquisador DANYLO DAVID DE LIMA SILVA, residente à AV. MARCOS FREIRE, 176 A, SANTO ALEIXO, JABOATÃO DOS GUARARAPES – PE, CEP 54140-390; com Fone: (81) 99831-7093 e e-mail: danylo.lima@ufrpe.br.

Também participam desta pesquisa como orientadora a profa. VERÔNICA TAVARES BATINGA. Telefone: (81) 99900-9862, e-mail veratsb@gmail.com e como coorientadora a profa. KÁTIA CRISTINA SILVA DE FREITAS.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubriche as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável. Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Descrição da pesquisa: Essa pesquisa tem como objetivo investigar o desenvolvimento e aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativo sobre Tatuagens, para a emergência da Alfabetização científica com estudantes do Ensino Médio de uma escola técnica estadual da Região Metropolitana do Recife. Você será avaliado dentro de práticas metodológicas docentes para posterior análise, por meio da coleta e dados pelos instrumentos de questionários e gravação de áudio. Estes dados serão coletados durante as atividades e revisitados quando houver pertinência, não sendo necessário nenhum desconforto à priori ou à posteriori.

Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas para a pesquisa: A coleta de dados será realizada no primeiro bimestre letivo do ano de 2022, na instituição de ensino, sendo previstas.

RISCOS diretos para o voluntário: Os dados serão obtidos por meio de resoluções de questionários e problemas e gravações de áudio, que serão transcritos pelo professor aplicador da atividade. É importante salientar que não haverá nenhuma outra forma de comprometimento neste estudo. Em caso de riscos como: cansaço ou aborrecimento ao responder os questionários, constrangimento ao se expor durante a realização de testes, desconforto, constrangimento ou alterações de comportamento durante gravações de áudio, você não precisa realizá-lo, sendo a sua participação completamente voluntária e, dessa forma, você tem o direito a recusar esse convite ou, posteriormente, se necessário, se retirar do estudo a qualquer momento. A tipologia da pesquisa apresenta riscos mínimos para os participantes, possíveis constrangimentos serão amenizados da melhor forma

possível, sendo passível o pagamento de indenização por danos eventuais, cobertura material para reparação a dano, causado pela pesquisa ao participante da pesquisa, ou ressarcimento de despesas, pagos pelo pesquisador.

BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários: Você presenciará o desenvolvimento de novas estratégias de ensino, para a avaliação da alfabetização científica por meio do estudo de Tatuagens na perspectiva do Ensino por Investigação, isso resultará na discussão de conteúdos científicos e suas aplicações. A participação possibilitará a presença em um ambiente de ensino e aprendizagem possibilitando maiores discussões relacionadas à ciência e tecnologia.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo, em hipótese alguma, identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (questionários e gravações de áudio) ficarão armazenados em pastas de arquivo no computador e no *Google Drive* pessoais, sob a responsabilidade do pesquisador DANYLO DAVID DE LIMA SILVA, no endereço acima informado, pelo período mínimo 5 anos, de acordo com a Resolução CNS n° 466 de 2012, item III.2.i, prevendo procedimentos que asseguram a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização dos participantes da pesquisa, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou do grupo, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou de aspectos econômico-financeiros.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação), assim como será oferecida assistência integral, imediata e gratuita, pelo tempo que for necessário em caso de danos decorrentes desta pesquisa.

(assinatura do pesquisador)

ASSENTIMENTO DO(DA) MENOR DE IDADE EM PARTICIPAR COMO VOLUNTÁRIO(A)

Eu, _____, portador (a) do documento de RG _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE TATUAGENS: POSSIBILIDADE PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO DE QUÍMICA, como voluntário (a). Fui informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, o que vai ser feito, assim como os possíveis riscos e benefícios que podem acontecer com a minha participação. Foi-me garantido que posso desistir de participar a qualquer momento, sem que eu ou meus pais precise pagar nada.

Assinatura do menor: _____

Local e data _____

Assinatura

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura: