



**INSTITUTO FEDERAL DE BRASÍLIA
CAMPUS BRASÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E
TECNOLÓGICA**

DENISE DOS SANTOS BATISTA

**O ENSINO DE CIÊNCIAS SOB A PERSPECTIVA DO LETRAMENTO CIENTÍFICO:
USO DO ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO COMO ALTERNATIVA DE
APRENDIZAGEM**

Brasília
2022

DENISE DOS SANTOS BATISTA



**O ENSINO DE CIÊNCIAS SOB A PERSPECTIVA DO LETRAMENTO CIENTÍFICO:
USO DO ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO COMO ALTERNATIVA DE
APRENDIZAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação Profissional e Tecnológica, ofertado pelo campus Brasília do Instituto Federal de Brasília, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestra em Educação Profissional e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Faria Salviano

Brasília
2022

B333 Batista, Denise dos Santos.

O ensino de ciências sob a perspectiva do letramento científico: uso do ensino de ciências por investigação como alternativa de aprendizagem / Denise dos Santos Batista. — Brasília, 2022.

150 f. : il. color.

Orientador: Marcelo de Faria Salviano.

Produto educacional (Mestrado) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília, Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica, 2022.

1. Educação profissional e tecnológica. 2. Ensino Médio Integrado. 3. Letramento científico. 4. Investigação. I. Salviano, Marcelo de Faria. II. Título.

CDU: 377:373.5

Elaborado com os dados fornecidos pela autora.

Aos meus filhos, Ruan e Sofia, que tanto me impulsionaram nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por renovar a minha fé todos os dias.

Agradeço aos meus pais por se fazerem presentes em todos os instantes da minha vida e por terem acreditado em mim ao longo de toda a minha caminhada.

Agradeço à Dênia, minha irmã, pelo aconchego nos momentos difíceis.

Agradeço à Rejane, que, na minha ausência, cuidava carinhosamente dos meus filhos.

Agradeço ao Instituto Federal de Brasília, por me oportunizar vivenciar esse sonho bem como ao meu *campus*, Taguatinga, por me permitir realizar a pesquisa no contexto em que trabalho.

Agradeço a todos os docentes e colegas do Programa de Mestrado em Educação Profissional em Educação Tecnológica pelo aprendizado.

Agradeço aos docentes e estudantes participantes desse trabalho, os quais permitiram que esse estudo se materializasse.

Agradeço, em especial, ao meu orientador, que pacientemente me acolheu e me motivou durante todo o percurso.

Agradeço, também, a todos e a todas que, mesmo indiretamente, contribuíram para que eu me superasse, superasse os obstáculos e conseguisse chegar até aqui.

Gratidão!

RESUMO

A educação tem sido alvo de influências das mais diversas áreas, principalmente, daquelas relacionadas com a ciência e com a tecnologia. Esse contexto exige uma reconfiguração do ensino, em especial, na educação profissional e tecnológica, de modo a permitir que os estudantes se apropriem dos conhecimentos científicos para a tomada de atitude e participação cidadã. Este estudo teve como objetivo possibilitar o desenvolvimento de habilidades do letramento científico a partir da abordagem do Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) em estudantes do terceiro ano do Curso Técnico Integrado ao Ensino Médio em Eletromecânica no Instituto Federal de Brasília (IFB). Para tanto, foi elaborada e aplicada uma sequência de ensino investigativa (SEI) interdisciplinar composta de seis etapas, as quais contaram com os conhecimentos científicos da Ciência Forense, assim como aqueles relacionados ao processo investigativo e argumentativo. Para a elaboração e aplicação desse produto educacional, contamos com a colaboração dos professores das áreas de biologia, física e química do IFB, *campus* Taguatinga. A pesquisa se circunscreve na pesquisa-ação e apresenta caráter descritivo e exploratório com abordagem quanti e qualitativa. Para a coleta de dados, realizamos entrevistas semiestruturadas com os docentes participantes, utilizamos formulários e aplicamos casos investigativos aos estudantes do ensino médio técnico integrado. Para verificarmos em que medida a nossa proposta interventiva foi capaz de estimular a elaboração de argumentos e suscitar habilidades do letramento científico, como a apreensão e organização dos conhecimentos científicos, o levantamento e teste de hipóteses, a resolução de problemas e a interação com os elementos científicos, recorremos às produções textuais dos estudantes. Diante dos resultados obtidos, foi possível verificar e compreender a importância do EnCI para o desenvolvimento e a aprendizagem dos estudantes e para a promoção de habilidades do letramento científico no ensino de ciências. O desenvolvimento de atividades investigativas baseadas nos pressupostos do EnCI proporcionou aos estudantes maior engajamento e apreensão dos conhecimentos científicos acerca da temática em estudo.

Palavras-chave: Educação Profissional e Tecnológica. Ensino Médio Técnico Integrado. Argumentação. Sequência de Ensino Investigativa.

ABSTRACT

Education has been influenced by diverse areas, mainly those related to science and technology. This context requires a reconfiguration of teaching and, in particular, in vocational and technological education in order to allow students to appropriate scientific knowledge for participation as citizens. This study aimed to enable the development of scientific literacy skills from the approach of Teaching Science by Investigation (TSI) in third-year students of the Technical Course in Electromechanics Integrated to High School at the Federal Institute of Brasília (IFB). In order to do so, an interdisciplinary investigative teaching sequence (SEI) was designed and applied, consisting of six stages, which included the scientific knowledge of Forensic Science as well as those related to the investigative and argumentative process. For the elaboration and application of this educational product, we counted on the collaboration of professors from the areas of biology, physics and chemistry of the IFB, Taguatinga campus. The research is based on an action research method and has a descriptive and exploratory character with a quantitative and qualitative approach. For data collection, we carried out semi-structured interviews with the participating teachers, used forms and applied investigative cases to students of the integrated technical high school. In order to verify to what extent our intervention proposal was able to stimulate the elaboration of arguments as well as the skills of the scientific literacy such as the apprehension and organization of scientific knowledge, raising and testing hypotheses, problem solving and the interaction with scientific elements, we resorted to the students' textual productions. In view of the results obtained, it was possible to verify and understand the importance of TSI for the development and learning of students as well as for the promotion of scientific literacy skills in science teaching. The development of investigative activities based on the TSI assumptions provided students with greater engagement and apprehension of scientific knowledge about the subject under study.

Keywords: Professional and Technological Education. Integrated Technical High School. Scientific Literacy. Teaching Science by Research. Investigative Teaching Sequence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo investigativo elaborado por Pedaste e colaboradores

Figura 2 - Modelo de argumento de Toulmin

Figura 3 - Enquadramento do argumento apresentado pelo grupo Azul para a resolução do caso investigativo segundo o modelo de Esquema de Argumento de Toulmin

Figura 4 - Enquadramento do argumento apresentado pelo grupo Amarelo para a resolução do caso investigativo segundo o modelo de Esquema de Argumento de Toulmin

Figura 5 - Enquadramento do argumento apresentado pelo grupo Roxo para a resolução do caso investigativo segundo o modelo de Esquema de Argumento de Toulmin

Figura 6 - Enquadramento do argumento apresentado pelo grupo Vermelho para a resolução do caso investigativo segundo o modelo de Esquema de Argumento de Toulmin

Figura 7 - Enquadramento do argumento apresentado pelo grupo Marrom para a resolução do caso investigativo segundo o modelo de Esquema de Argumento de Toulmin

Figura 8 - Enquadramento do argumento apresentado pelo grupo Preto para a resolução do caso investigativo segundo o modelo de Esquema de Argumento de Toulmin

Figura 9 - Respostas dos estudantes acerca do EnCI como estratégia para a promoção da curiosidade e do interesse pelo tema Ciência Forense

Figura 10 - Respostas dos docentes acerca do EnCI como estratégia para promoção do engajamento dos estudantes nas aulas da SEI

Figura 11 - Respostas dos estudantes quanto à relação das atividades propostas durante a SEI e a apreensão do conhecimento referente às técnicas forenses

Figura 12 - Respostas dos docentes acerca da relação das aulas e as atividades propostas durante a SEI e a resolução do caso investigativo pelos estudantes

Figura 13 - Respostas dos estudantes quando questionados sobre a importância da interdisciplinaridade para a resolução do caso investigativo proposto na SEI

Figura 14 - Respostas dos docentes quando perguntados acerca da influência do EnCI em suas práticas pedagógicas

Figura 15 - Respostas dos estudantes quando perguntados acerca da influência das atividades realizadas para a resolução do caso investigativo e a motivação e criatividade apresentadas por eles

Figura 16 - Demonstração do quantitativo de hipóteses propostas pelos grupos de estudantes ao solucionarem o caso investigativo

Figura 17 - Respostas dos estudantes quando solicitados a relacionar as atividades realizadas para a resolução do caso investigativo e a aprendizagem dos conteúdos apresentados durante a SEI

Figura 18 - Respostas dos estudantes ao serem questionados quanto à contribuição das aulas durante a SEI para relacionarem as hipóteses com os conhecimentos científicos apresentados

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição das categorias de análises das unidades de contexto das mensagens extraídas dos docentes entrevistados

Quadro 2 - Etapas da Sequência de Ensino Investigativa (SEI) aplicada na pesquisa

Quadro 3 - Caso investigativo elaborado para a SEI: “Há crime perfeito? ”

Quadro 4 - Atividades do Roteiro elaborado para Resolução do Caso Investigativo

Quadro 5 - Conclusões dos grupos de estudantes para o Caso Investigativo

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EC – Ensino de Ciências

EMI – Ensino Médio Integrado

EnCI – Ensino de Ciências por Investigação

EPT – Educação Profissional e Tecnológica

IFB – Instituto Federal de Brasília

LC – Letramento Científico

PROFEPT – Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica

SEI – Sequência de Ensino Investigativa

TAP – *Toulmin's Argument Pattern*

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	15
1 INTRODUÇÃO	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	
2.1 Diálogo entre Ensino Médio Integrado e Letramento Científico	20
2.2 Ensino de Ciências por Investigação	24
2.3 Argumentação no Ensino de Ciências	26
2.4 Sequência de Ensino Investigativa	29
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	34
4 ANÁLISE DOS DADOS (RESULTADOS E DISCUSSÕES)	50
5 CONCLUSÕES (CONSIDERAÇÕES FINAIS)	77
REFERÊNCIAS	80
APÊNDICE A – Produto Educacional	86
APÊNDICE B – Roteiro de Entrevista	145
APÊNDICE C – Roteiro para Resolução do Caso Investigativo	146
APÊNDICE D – Formulário - Percepção dos Docentes	148
APÊNDICE E – Formulário - Percepção dos Estudantes	149

APRESENTAÇÃO

A minha experiência acadêmica, principalmente na educação básica, foi marcada por um ensino tradicional, centrado na transmissão de conteúdos com pouca ou nenhuma relação com o ambiente externo às escolas que frequentei. Muitas vezes me via desestimulada em estudar, porque não conseguia, naquele tempo, estabelecer relações e sentidos àquilo que era proposto por meus professores em sala de aula.

No campo profissional, através da observação e da reflexão sobre minhas ações, percebi que a forma como atuava provavelmente era influenciada pela maneira como fui ensinada. Ao me deparar com o crescente desinteresse e as dificuldades dos meus alunos na disciplina de biologia, a qual ministrava, me vi na obrigação de repensar a minha prática.

Meditar a respeito das necessidades que o meu trabalho apresentava me possibilitou identificar e reformular comportamentos que outrora estavam despercebidos. A fim de desenvolver uma prática significativa e pertinente ao contexto social dos meus alunos, passei a buscar metodologias que pudessem aguçar a atenção e despertar, ao mesmo tempo, a motivação deles para o aprendizado daqueles conhecimentos científicos.

Com o intuito de mudar a concepção dos meus alunos acerca da dificuldade de aprendizagem e abstração dos conceitos biológicos, busquei na experimentação um recurso metodológico para alcançar maior mobilização dos estudantes a partir da manipulação de materiais, do uso de equipamentos e também da observação de objetos e dos experimentos realizados no laboratório o qual auxiliei na implantação.

Com essa prática, foi possível, por meio do fazer, estimular a curiosidade, a criatividade, a prática do conhecimento e sua aplicabilidade na resolução dos problemas propostos. Pode-se perceber, portanto, que essas atividades se mostraram como uma proposta ao ensino expositivo e conteudista, visto que, por meio delas, foi possível que os alunos participassem diretamente do processo de conhecimento na medida em que relacionavam os fenômenos e processos observados com os problemas apresentados.

Anos mais tarde, quando ingressei no Instituto Federal de Brasília (IFB), como Técnica em Assuntos Educacionais, passei a integrar a equipe multidisciplinar da Coordenação de Assistência Estudantil do *campus*. Nessa coordenação, tive a

oportunidade de mediar processos pedagógicos através da escuta e do diálogo sobre as necessidades, as dificuldades e os problemas vivenciados pelos estudantes, em especial os do Ensino Médio Integrado (EMI), naquele contexto. As reflexões apresentadas me influenciaram a refletir sobre as estratégias que o *campus* poderia desenvolver para favorecer a aprendizagem daqueles estudantes.

Com o propósito de compreender e enfatizar a necessidade de uma perspectiva pedagógica que possa levar à superação dos problemas enfrentados nesse sentido, buscamos pensar estratégias pedagógicas que contribuam para uma aprendizagem significativa, de modo que nossos estudantes se apropriem do saber científico e tecnológico para se posicionarem ativamente como pessoa e como cidadãos na sociedade.

As atuais necessidades formativas em termos de qualificação humana, pressionadas pela reconfiguração dos modos de produção e explicitadas em documentos oficiais como a Base Nacional Comum Curricular (2017) e a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (1996), exigem uma reorganização dos conteúdos trabalhados e das metodologias empregadas, delineando, portanto, a organização de novas estratégias para o ensino de ciências.

Repensar as estratégias metodológicas visando à superação de aulas expositivas, substituindo-as por um ensino mais dinâmico, atrativo e que simultaneamente colabore para uma melhor compreensão dos fenômenos científicos e sua relação com aspectos sociais, foi o que me impulsionou, no campo pessoal e também profissional, a fazer de uma preocupação nascida dos meus sabores e dissabores pedagógicos um objeto de estudo acadêmico.

De modo a contribuir para o fomento de habilidades do letramento científico, propusemo-nos, neste estudo, a elaborar e aplicar uma sequência de ensino investigativa como produto educacional com foco nos conhecimentos científicos que envolvem a Ciência Forense.

Diante do contexto pandêmico o qual estamos vivenciando devido à covid-19, tanto a aplicação da sequência de ensino investigativa (SEI) quanto as atividades realizadas com os grupos de alunos do terceiro ano do curso Técnico Integrado ao Ensino Médio em Eletromecânica foram inteiramente realizados a distância, a partir do aplicativo *Google meet*.

O referencial teórico foi delineado com base nos pressupostos teóricos e metodológicos do letramento científico e sua relação para o desenvolvimento das potencialidades cognitivas, procedimentais e atitudinais dos nossos estudantes no ensino médio integrado, tendo em vista a necessidade de uma educação que prioriza a formação integral dos sujeitos para atuarem ativamente como cidadãos em nossa sociedade; o ensino de ciências por investigação como meio de se alcançar tais competências; a argumentação, caminho viável para a interação discursiva e construção do conhecimento científico; e, por último, os pressupostos para a construção e o desenvolvimento do nosso produto educacional, uma sequência de ensino investigativa.

Considerando o fato de a pesquisadora estar há quase dez anos fora do contexto da sala de aula, buscamos a partir dessa fundamentação o embasamento tanto para a construção quanto para aplicação do produto educacional, bem como a análise do impacto para promoção das habilidades do letramento científico – LC.

Essa experiência nos permitiu estabelecer discussões e reflexões de práticas com perspectivas investigativas no sentido de que a aplicação deste produto educacional por outros agentes educadores possa se apresentar como incentivo àqueles que almejam repensar a sua prática pedagógica, tendo em vista a complexidade do processo de ensino e aprendizagem na EPT, cujas finalidades de formação centram-se tanto na formação humana quanto na inserção no mundo do trabalho.

1 INTRODUÇÃO

O interesse pelos estudos sobre a melhoria da aprendizagem dos estudantes no ensino de ciências (EC) na Educação Profissional e Tecnológica (EPT) decorre-nos da realidade que a grande maioria dos nossos estudantes não entendem o que leem, apresentam dificuldades em explicar os fenômenos cientificamente e não apresentam os conhecimentos e as habilidades científicas apropriadas para compreender a natureza da ciência e o seu papel na sociedade (FIALHO e MENDONÇA, 2020).

Ao considerar o importante papel da ciência e da tecnologia na sociedade contemporânea e a necessária compreensão teórica e prática dos seus fundamentos para a prática social, requer que pensemos no redirecionamento do ensino de ciências no contexto da EPT, uma vez que nela e a partir dela é possível se estabelecer uma relação entre a formação profissional e científica de modo que sejam postos em relevo não somente os conhecimentos científicos e tecnológicos mas também os relativos ao exercício crítico e responsável dos seus produtos, seja no ambiente profissional, seja no social.

Nessa perspectiva, trazer para o centro da discussão o conhecimento associado à atividade prática nos coloca a pensar em alternativas às concepções tradicionais de ensino de modo que consideremos a integração tanto no sentido de “incorporar a dimensão intelectual ao trabalho produtivo” (CORADINI *et al.*, 2020, p. 219) como também no sentido de “considerar as dimensões estruturantes da vida, trabalho, ciência e cultura” (CIAVATTA e RAMOS, 2012 *apud* CORADINI *et al.*, 2020, p. 219).

Ressignificar o ensino de ciências a partir dessa conjectura requer que pensemos, no contexto da EPT, em práticas pedagógicas cujas ações estejam direcionadas para a inserção dos estudantes na cultura científica, de modo a contribuir para uma formação de cidadãos participativos, visando ao esclarecimento de temas científicos, seu impacto na vida em sociedade, assim como desenvolver “uma visão do conjunto do processo produtivo e adaptar-se às flutuações da produção com flexibilidade, agilidade e eficiência” (SILVA, 2017, p. 14).

Nesse sentido, compreendemos que os princípios da formação integral do educando e do letramento científico estão fortemente imbricados entre si, uma vez que ambos confluem para o desenvolvimento de uma concepção mais ampliada da ciência e para a compreensão dos seus pressupostos para o desenvolvimento de habilidades, tanto no campo profissional como no pessoal.

Embora a própria literatura especializada sobre o ensino de ciências destaque a necessidade de uma educação em ciências (EC) com vistas ao letramento científico (LC) para promoção de uma formação cidadã dos educandos, ainda é incipiente, segundo Souza (2022), o número de trabalhos que problematizam a educação científica no contexto da educação profissional e tecnológica (EPT). De acordo com o autor, o foco está em estratégias pedagógicas já realizadas em escolas de ensino médio regular.

Assim, na tentativa de nos aproximar dos princípios que subjazem uma formação integral, procuramos compreender de que modo o ensino de ciências por investigação (EnCI) se constitui como uma estratégia de ensino eficaz para a promoção de habilidades do LC, no terceiro ano do ensino médio integrado em eletromecânica, a partir de uma abordagem interdisciplinar.

Tendo em vista a importância de construção de habilidades do LC para a atuação no mundo do trabalho e, por conseguinte, para o desenvolvimento de competências para melhor responderem aos objetivos aos quais aquele curso se propõe, entendemos, nesse contexto, que o LC se volta para uma educação que prioriza ampliar as capacidades e as potencialidades dos educandos para exercerem as suas funções sociais (CHASSOT, 2018; MOREIRA e RIBEIRO, 2016; SANTOS, 2007).

A concepção de educação científica, nesse sentido, que considera o desenvolvimento de todas as potencialidades dos educandos, evoca por mudança cultural na forma de aprender e de ensinar no contexto da EPT.

Partindo do pressuposto de que o EnCI se insere nas discussões que buscam por alternativas ao ensino pautado na transmissão e memorização de conteúdos científicos, ao mesmo tempo em que se revela com potencial para promover uma aprendizagem a partir de uma postura mais ativa dos estudantes, assume-se que, a partir dele, seja possível o fomento de habilidades do letramento científico.

Para tanto, recorreremos ao processo argumentativo como recurso para o processo de ensino e aprendizagem no contexto de aulas de ciências, uma vez que a partir dele é possível que os nossos estudantes caminhem no sentido de propor e testar hipóteses, construir e relacionar suas justificativas ao conhecimento científico apreendido, avaliar e comunicar o que foi construído, assim como desenvolver outras habilidades pertinentes ao LC, como comunicação oral e escrita, trabalho em grupo e desenvolvimento de atitudes e capacidades de pensamento necessárias à tomada de decisões e senso crítico.

À luz dessas reflexões, este trabalho procurou investigar de que forma o ensino de ciências por investigação contribui para o fomento de habilidades do letramento científico. Dessa forma, pretendeu-se desenvolver uma sequência de ensino investigativa (SEI) com vistas ao letramento científico, cujos pressupostos estarão circunscritos na perspectiva investigativa e, de modo a analisar o seu impacto para a construção das habilidades do letramento científico, recorreremos às atividades propostas e aos textos produzidos pelos estudantes a partir do processo argumentativo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DIÁLOGO ENTRE ENSINO MÉDIO INTEGRADO E LETRAMENTO CIENTÍFICO

Notoriamente, no decorrer da sua trajetória acadêmica, muitos estudantes, principalmente aqueles pertencentes à classe trabalhadora, veem na educação e, em específico, na educação profissional e tecnológica (EPT), uma oportunidade de projeção de melhoria de vida.

Diferente do que acontece com as classes mais favorecidas, nas quais os estudantes podem almejar primeiramente a conclusão do ensino superior para só então buscar a inserção no mercado de trabalho, aquela, em sua maioria, direciona o foco, ainda no ensino médio, para garantir materialmente a sua existência cotidiana e da sua família.

Em face dessas contradições e longe de estabelecer um debate acerca da razão entre qualificação e empregabilidade, o curso técnico integrado ao ensino médio

(EMI) se apresenta como um desafio na medida em que se compromete não somente com uma educação profissional, mas, sobretudo, com uma educação que busca o desenvolvimento do educando em sua plenitude e, portanto, “tem como objetivo concretizar um projeto de transformação social e, ao mesmo tempo, segundo essa lógica, significar melhores oportunidades para esses jovens” (SANTOS *et al.*, 2017, p. 92).

Vislumbra-se, portanto, um ensino capaz de articular o ensino médio ao profissionalizante com vistas a uma formação integrada, omnilateral, cujos pressupostos assentam-se em um ensino capaz de superar as barreiras existentes entre formação técnica e formação geral, articulando trabalho, ciência, tecnologia e cultura, visando, dessa forma, à ampliação das capacidades e das potencialidades dos educandos.

Nesse sentido, colocam-se em voga as críticas acerca de perspectivas reducionistas de ensino que,

por vezes, se compromete em desenvolver algumas atividades humanas em detrimento de outras e que, em geral, reservam aos estudantes de origem trabalhadora o desenvolvimento de capacidades cognitivas básicas e instrumentais em detrimento do desenvolvimento de sua força criativa e de sua autonomia intelectual e política (ARAÚJO; FRIGOTTO, 2015, p. 63).

Em vista do exposto, Saviani (2007) nos pontua que o ensino médio não se satisfaz com os conhecimentos básicos e gerais como aqueles destinados ao ensino fundamental. Trata-se, portanto, de inserir naquele contexto “a relação entre educação e trabalho, entre o conhecimento e a atividade prática” (p. 160). Para o autor, trata-se de explicitar diretamente as relações que subjazem a educação e o trabalho, ou seja, tornar claro, a partir dos pressupostos teóricos e práticos, como o conhecimento se relaciona com o trabalho.

Determinar como foco central das aprendizagens em ciência a apresentação de seu produto, ao invés de relacioná-lo aos modos pelos quais o conhecimento se estrutura no interior daquelas atividades produtivas é pôr em plano secundário a apreensão dos conhecimentos científicos em sua totalidade, ou seja, reduzimos a formação a sua parte teórica (BARATO, 2008). Contudo, não se trata de diminuir a importância dos conhecimentos científicos, mas de considerá-los na sua origem e no seu desenvolvimento, assim como na sua apropriação histórica e social.

Nesse sentido, Araújo e Frigotto (2015), ao darem orientações de práticas pedagógicas que se querem orientadas pela ideia de ensino integrado, nos colocam os princípios da contextualização, da interdisciplinaridade e do compromisso com a transformação social como indicativos de um currículo integrado.

Reconhecer essas propostas de integração implica uma ressignificação tanto dos conteúdos quanto das práticas pedagógicas no ensino médio técnico integrado na EPT. Se “as estratégias de ensino e de organização curricular servem ao projeto de sociedade que assumimos [...]” (PISTRAK, 2009 *apud* ARAÚJO e FRIGOTTO, 2015, p. 4), entendemos que é condição *sine qua non* o desenvolvimento tanto de estratégias quanto de conteúdos em outros moldes para atender à transformação daquela sociedade, como sinalizado por Araújo e Frigotto (2015).

Diante do que foi dito, vislumbrar essa perspectiva de práticas integradoras no ensino em geral e, em específico, no ensino de ciências, perpassa por novas possibilidades de avanços aos estudantes, uma vez que suas capacidades para o trabalho, assim como para a compreensão da realidade, estariam sendo determinadas.

Tomando-se o Letramento Científico (LC) como um princípio orientador de práticas e conteúdos formativos, entende-se que esse se coaduna com uma formação que visa à integração na medida em que possibilita a compreensão do significado dos conceitos, dos procedimentos pelos quais se pode conhecer a ciência e apropriá-la para o desenvolvimento de habilidades sociais.

Nesse sentido, considerar a alfabetização e o letramento não como domínios antagônicos, mas, sobretudo, como um contínuo, implica um esforço em superar as fronteiras fixadas entre a alfabetização e o letramento, focalizando em um ensino que perpassa tanto as habilidades leitoras e escritoras quanto o desenvolvimento da competência de produção de sentidos sobre o conhecimento científico para a prática social (CHASSOT, 2018; SANTOS, 2007).

Embora haja na literatura uma pluralidade semântica no que concerne aos objetivos da educação em ciências, como Letramento Científico e Alfabetização Científica, Sasseron e Carvalho (2008) nos apresentam pontos convergentes a partir do que elas denominam “Três Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica”, são eles:

compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais e a importância deles reside na necessidade exigida em nossa sociedade de se compreender conceitos-chave como forma de poder entender até mesmo pequenas informações e situações do dia a dia. O segundo eixo preocupa-se com a **compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática**, pois, em nosso cotidiano, sempre nos defrontamos com informações e conjunto de novas circunstâncias que nos exigem reflexões e análises considerando-se o contexto antes de proceder. Deste modo, tendo em mente a forma como as investigações científicas são realizadas, podemos encontrar subsídios para o exame de problemas do dia a dia que envolvam conceitos científicos ou conhecimentos advindos deles. O terceiro eixo estruturante da AC compreende o **entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente** e perpassa pelo reconhecimento de que quase todo fato da vida de alguém tem sido influenciado, de alguma maneira, pelas ciências e tecnologias. Neste sentido, mostra-se fundamental de ser trabalhado quando temos em mente o desejo de um futuro saudável e sustentável para a sociedade e o planeta. (SASSERON; CARVALHO, 2008, p. 335, grifos das autoras, com adaptações).

Percebe-se, portanto, que os três eixos confluem para uma visão ampliada da ciência, visto que estão sendo considerados não somente os conceitos científicos, mas também está em destaque a compreensão teórica e prática dos fundamentos e processos científicos, assim como o entendimento do impacto desses e da tecnologia para o meio ambiente.

Além daqueles objetivos atuais de ensinar ciências, as autoras também consideram importante, no contexto do ensino de ciências, que sejam desenvolvidas algumas habilidades concernentes à própria ciência e ao fazer científico para elevar o entendimento dos estudantes no que se refere ao domínio científico.

Esses indicadores são definidos como:

competências comuns desenvolvidas e utilizadas para a resolução, discussão e divulgação de problemas em quaisquer das Ciências quando se dá a busca por relações entre o que se vê do problema investigado e as construções mentais que levam ao entendimento dele (SASSERON; CARVALHO, 2008, p. 338).

Na medida em que são envolvidos em atividades investigativas e abertas que os coloquem em estado ativo e reflexivo, serão suscitadas, segundo as autoras, as seguintes habilidades: seriação, organização e classificação das informações; raciocínio lógico e proporcional; levantamento e teste de hipóteses; justificativa; previsão e explicação (p. 6-7).

Com base nesse cenário, inseri-los em discussões próprias das ciências cujas práticas estão assentadas em pressupostos investigativos parece-nos um caminho

viável para desenvolver gradativamente “práticas de domínios epistêmicos e sociais ao invés de demonstrar somente o conceitual” (FRANCO e MUNFORD, 2020, p. 687).

2.2 ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO

Inserido no contexto das metodologias ativas (CARVALHO *et al.*, 2021), o ensino de ciência por investigação (EnCI) se apresenta como alternativa a uma educação baseada em práticas de transmissão de conhecimentos acabados e inquestionáveis, uma vez que nele e a partir dele encontra-se um caminho viável para se alcançar mudanças no ensino de ciências (CARVALHO, 2013).

Essa proposta de ensino busca inserir, no ambiente da sala de aula, temas e conteúdos das ciências, colocando em relevo práticas próprias das comunidades científicas (CARVALHO, 2013) a fim de aproximar os estudantes dos produtos e processos da ciência, de modo que lhes possibilite desenvolver a criticidade e a autonomia nas tomadas de decisões acerca dos usos e impactos que a ciência e a tecnologia possam acarretar.

O EnCI é considerado como uma abordagem didática porque extravasa a ideia de uma metodologia ou uma estratégia específica de ensino (SASSERON, 2015, 2018). Configura-se, portanto, nos diferentes modos de agir e interagir que o docente utiliza em sala de aula para suscitar e desenvolver aspectos referentes aos fenômenos científicos a partir de processos investigativos (SASSERON, 2018).

Visa, portanto, a partir de um processo investigativo, fornecer uma questão e/ou uma situação problema aos estudantes de modo que, nesse processo, tenham a oportunidade de mobilizar os conhecimentos que já possuem para propor hipóteses e estratégias para resolução do problema, estabelecer relações entre as informações e a construção de explicações, conectar as evidências coletadas com o conhecimento científico para elaborar argumentos e comunicá-los (CARDOSO e SCARPA, 2018; SASSERON e CARVALHO, 2013).

Assentado, portanto, em uma educação que prioriza que o estudante seja capaz de analisar situações reais, compreender os problemas e desafios sociais, econômicos e ambientais para a tomada de atitudes conscientes e baseadas em conhecimentos científicos (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015, p. 3), o ensino de ciências por investigação requer, sobretudo, que os estudantes tenham entendimento:

acerca de explicações e teorias das várias disciplinas científicas, o conhecimento sobre suas formas de produzir afirmações, de testar suas hipóteses e de usar evidências e justificativas e o conhecimento que subjaz às relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015, p. 3).

Brito e Fireman (2018) consideram que, além de aproximar os estudantes da cultura científica, o EnCI permite despertar o interesse, a motivação e o engajamento dos estudantes nas aulas de ciências, bem como proporciona maior grau de liberdade intelectual aos estudantes (CARVALHO, 2018), dependendo da situação problema a ser proposta.

Nesse sentido, para que os estudantes se sintam motivados a resolverem os problemas, Solino e Gehlen (2014) nos colocam que os mesmos precisam sentir necessidade e, para que isso aconteça, o professor, ao propor a situação problema, tem que criar condições para fazê-la interessante de modo que os estudantes a tomem para si e queiram conhecer mais a respeito para proporem soluções (CARVALHO, 2013); caso contrário, corre-se o risco de esgotar em si mesmo e contribuir para que os estudantes, ao invés de mergulharem no processo investigativo, busquem respostas prontas.

A contextualização, nesse sentido, tem um papel fundamental na estruturação das atividades investigativas. Apesar de a gênese do problema estar situada em fenômenos científicos e, portanto, um problema conceitual, este pode e deve se relacionar com o cotidiano dos estudantes. Para que o EnCI providencie situações de contextualização, é necessário, todavia, que as questões sociocientíficas abordadas em sala de aula estejam relacionadas com o contexto social, tecnológico e ambiental (SOLINO e GEHLEN, 2014).

Com base nessa compreensão, a contextualização social nessa perspectiva de ensino permite relacionar o problema conceitual em estudo com o cotidiano dos estudantes, ocasião essa em que o docente pode aproveitar os conhecimentos apreendidos a partir das atividades investigativas para trazer situações cotidianas aproximando os estudantes do contexto no qual estão inseridos (SOLINO e GEHLEN, 2014).

Dentro dessa perspectiva sociointeracionista, destacam-se, também, além da importância do docente na construção do novo conhecimento pelos estudantes, as

relações que se estabelecem entre eles. Nesse sentido, Carvalho (2013), ao descrever a importância do trabalho de Vygotsky para a educação, nos revela que:

estando todos dentro da mesma zona de desenvolvimento real é muito mais fácil o entendimento entre eles, às vezes mais fácil mesmo do que entender o professor. Além disso, como mostra o conceito, os alunos têm condições de se desenvolverem potencialmente em termos de conhecimento e habilidades com a orientação de seus colegas (p. 4).

Denota-se, a partir do exposto, a importância da interação social com outros estudantes e desses com o professor para a construção e organização de novos conhecimentos.

Assim, no plano social da sala de aula e no contexto do EnCI, são oportunizados a troca de conhecimento entre os estudantes, o compartilhamento e negociação de ideias, a proposição de hipóteses, a construção coletiva de explicações para a resolução do problema, assim como as justificativas baseadas nos conhecimentos científicos trabalhados naquele contexto, além da aquisição de competências sociais e de comunicação.

Essa dialogicidade com vistas à construção do conhecimento científico fundamenta-se na argumentação, processo esse fundamental nas práticas científicas e, portanto, necessário o seu fomento no contexto do ensino de ciências.

Nesse sentido, por estar presente nos diferentes momentos das atividades que se propõem ser investigativas, nos propusemos apresentar, na próxima seção, alguns elementos circunstanciais para a nossa pesquisa.

2.3 ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Muito se tem discutido acerca do potencial da argumentação como um recurso útil e eficiente para o processo de ensino e aprendizagem no contexto de aulas de ciências (GUIMARÃES e MASSONI, 2020). Contudo, Borges e Lima (2021) ressaltam que, embora tenhamos, por nossa natureza social, a necessidade de manifestar ou defender os motivos pelos quais pensamos ou agimos sob determinada forma em um determinado contexto, ainda, aproximações teóricas e empíricas acerca do tema na educação são incipientes.

Diferentemente do que é posto como argumentação no cotidiano, no Ensino de Ciências (EC), a construção de explicações e entendimento sobre o que está sendo debatido, ao contrário daquele, estão fundamentados em evidências e, portanto, vão

além de justificativas baseadas em ponto de vista pessoal e intuitivo, como aquelas que ocorrem em argumentações elaboradas no dia a dia.

Vista como uma ferramenta para a aprendizagem de ciências (FERNANDES *et al.*, 2018), a argumentação se estabelece a partir das interações discursivas ocorridas na sala de aula à medida que a investigação é posta em curso e os caminhos metodológicos para a sua materialização criam condições para discussões, dado que diferentes pontos de vistas são evidenciados a fim de compreender e convencer o outro do tema ou questão que está sendo estudado.

Diante do exposto, defende-se, assim como Ferraz e Sasseron (2017a), que não se trata de recriar em sala uma das maneiras possíveis de produção científica, mas sim de desenvolver ações e/ou estratégias que ofereçam condições para que os estudantes, além de compreenderem os conhecimentos científicos, desenvolvam capacidades relacionadas a procedimentos e atitudes científicas de modo que possam, a partir de uma abordagem contextual, refletir, entender e participar de debates sobre as questões que envolvem as dimensões humanas, sociais e tecnológicas.

Considerando, portanto, que a partir do EnCI seja possível se instalar práticas argumentativas (CARVALHO, 2013; CARVALHO e SASSERON, 2015; FERRAZ e SASSERON, 2017b; SCARPA *et al.*, 2018), recorre-nos que as interações discursivas advindas daquele propiciam a elaboração de argumentos pelos estudantes, uma vez que a situação posta desencadeia a necessidade de justificativas para o embasamento de determinado ponto de vista.

A esse respeito, Ferraz e Sasseron (2017b, p. 6) nos pontuam que a argumentação pode ser entendida como um processo na medida em que “docentes e alunos interagem discursivamente em prol de analisar e avaliar um fenômeno ou situação” e que o argumento é considerado o produto construído a partir desse processo.

Entende-se, a partir do que foi exposto, que ações que emergem daquele processo, como as de propor e testar hipóteses, construir e relacionar justificativas a evidências, avaliar e/ou validar o que foi construído, assim como comunicar e persuadir uma determinada audiência sobre determinado aspecto colaboram para o que se assemelha à argumentação científica (FERRAZ e SASSERON, 2017).

Tendo em vista a notoriedade da argumentação para a promoção da aprendizagem de ciências e concomitantemente para o fomento do letramento científico, consideramos, assim como Scarpa *et al.* (2018), que essa competência deve ser aprendida e, portanto, não deve ser ignorada, ao contrário, evidencia-se a necessidade de ser posta em destaque e de forma explícita quando nos referimos a um processo de ensino e aprendizagem de mais qualidade.

Nesse sentido, a instauração das interações, na dinâmica da sala de aula, para o fomento de práticas argumentativas e, por conseguinte, para a aprendizagem em ciências, podem ser promovidas devido à configuração, o que Ferraz e Sasseron (2017b) denominaram de “espaço interativo de argumentação colaborativa”. Para eles, trata-se de:

Um ambiente onde a argumentação progride conforme o professor medeia interações de diferentes níveis entre seus alunos e dados teóricos e empíricos que se têm disponíveis, tornando a construção de argumentos algo colaborativo, conforme são apresentadas explicações ao objeto investigado (p. 7).

A partir desse espaço, no qual é constituída uma arena social e dialógica, a figura do docente, nesse processo, é imprescindível para o engajamento dos estudantes na participação das atividades, além de promover “ações de proposição, de comunicação, de avaliação e de legitimação dos conhecimentos”. Consideradas como ações epistêmicas por Sasseron (2020), ela as define como:

proposição, estão associadas práticas de propor perguntas científicas, planejar investigações [...] supor evidências [...] construir e refinar modelos; a **comunicação** deve surgir associada ao desenvolvimento de uma linha de raciocínio científico, fornecimento de justificativa [...] escrita de explicação científica e construção de explicação científica baseada em evidência e raciocínio; no desenvolvimento da **avaliação** surgem práticas de estimar a qualidade de uma alegação, evidência ou modelo científicos [...] a **legitimação** se devolve a partir de práticas associadas à construção de consenso em grupo para explicações científicas, conferência de valor à explicação que mais se aproxima de teorias científicas aceitas e reconhecimento de conhecimento relevante para a comunidade epistêmica (SASSERON, 2020, p. 5, grifos nossos).

Todavia, esses processos argumentativos contribuem sobremaneira para a construção de argumentos pelos estudantes, uma vez que a partir deles é possível a apresentação de um conjunto de ideias e justificativas para transformar os dados em conclusões (CARVALHO e SASSERON, 2018).

Por conseguinte, considerando que a argumentação é um “ato linguístico, desencadeado em um contexto específico” (COHEN e MARTINS, 2009, p. 52), particularmente no ensino de ciências, essas relações causais podem ser facilitadas à medida que os conteúdos ou temas a serem abordados encontram-se mais próximos dos estudantes.

Assim, estimular a produção de argumentos na direção científica enfatiza a necessidade do docente em promover, além da contextualização, práticas recomendadas pela literatura quando se almeja a argumentação, como as que envolvem os estudantes na escrita, na leitura de textos científicos e na coavaliação de textos produzidos por seus pares (BORGES e LIMA, 2021).

Destaca-se, ainda, a instalação de ambientes não coercitivos como favorecedores da argumentação em sala, uma vez que os estudantes podem apresentar as suas ideias e elaborar seus argumentos, estando certos ou não, sem medo de errar (CARVALHO e SASSERON, 2018).

Por fim, cabe ressaltar a necessidade de uma mudança na direção de que os fatos não sejam mostrados e as conclusões não sejam explicadas pelo docente como conhecimentos prontos e acabados; ao invés disso, devem ser evidenciadas as suas relações e sua relevância para o estabelecimento de diálogos e entendimento acerca de temas no ambiente escolar (CARVALHO e SASSERON, 2018).

2.4 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA (SEI)

O ensino de ciências por investigação (EnCI), como dito anteriormente, busca inserir no contexto do ensino de ciências atividades que proporcionem aos estudantes o questionamento, a investigação e a resolução de problemas a fim de levar à compreensão de ciência e sobre ciência ao mesmo tempo em que oferece espaço de discussão e de reflexão sobre os fenômenos científicos para que se instaure a argumentação.

De modo a criar um ambiente investigativo no qual fosse possível suscitar aquelas habilidades em nossos estudantes, propusemos, neste trabalho, como estratégia de ensino, a Sequência de Ensino Investigativo (SEI), baseada na proposta elaborada por Carvalho (2013) e adaptada para o nosso contexto, ensino de ciências, assim como o ciclo investigativo de Pedaste *et al.* (2015).

Como o próprio nome sugere, as atividades que norteiam essa proposta pedagógica são de cunho investigativo e, portanto, buscam aproximar os estudantes de práticas científicas nas quais estarão envolvidos ativamente na resolução de um problema a partir da análise e interpretação de dados, na formulação de conclusões baseadas em conhecimentos científicos e nas argumentações discutidas com seus pares e com o professor (SCARPA e CAMPOS, 2018).

Baseados em princípios construtivistas e sociointeracionistas, além daqueles próprios da epistemologia da ciência, como a produção, comunicação, avaliação e legitimação de ideias (SASSERON, 2020), como explicitado na seção sobre argumentação, Carvalho (2013) sugere que, na elaboração de uma sequência didática (SD) que visa à investigação, sejam consideradas as seguintes etapas: (I) proposição de um problema, experimental ou teórico; (II) sistematização do conhecimento construído; e (III) contextualização social do conhecimento, como explicitado abaixo:

- Independentemente do tipo de problema que se pretende, experimental ou não experimental¹, o seu objetivo é engajar os estudantes na sua resolução ao mesmo tempo em que direciona as atividades pedagógicas, levando à apreensão dos conceitos científicos relacionados com o processo de investigação (CARDOSO e SCARPA, 2018; CARVALHO, 2013).
- A sistematização do conhecimento refere-se ao momento no qual os estudantes (re)constróem o seu conhecimento em torno do tema e/ou conteúdo que estão sendo trabalhados pelos docentes (CARVALHO, 2013).
- A etapa de contextualização é o momento no qual os estudantes têm a oportunidade de relacionar os conhecimentos científicos às situações do seu cotidiano. Aqui, Solino e Gehlen (2014) nos alertam que, embora possa existir “uma contextualização social nas atividades investigativas, são os problemas da ciência que irão direcionar as relações estabelecidas com os aspectos sociais” (p. 13) e, portanto, se configura, via de regra, como ponto de chegada às atividades, e não o de partida.

¹ Não-experimental: atividades que se relacionam com demonstrações, texto escrito, imagens ou consultas a fontes secundárias, figuras de jornal ou internet (CARVALHO, 2013; SCARPA; CAMPOS, 2018).

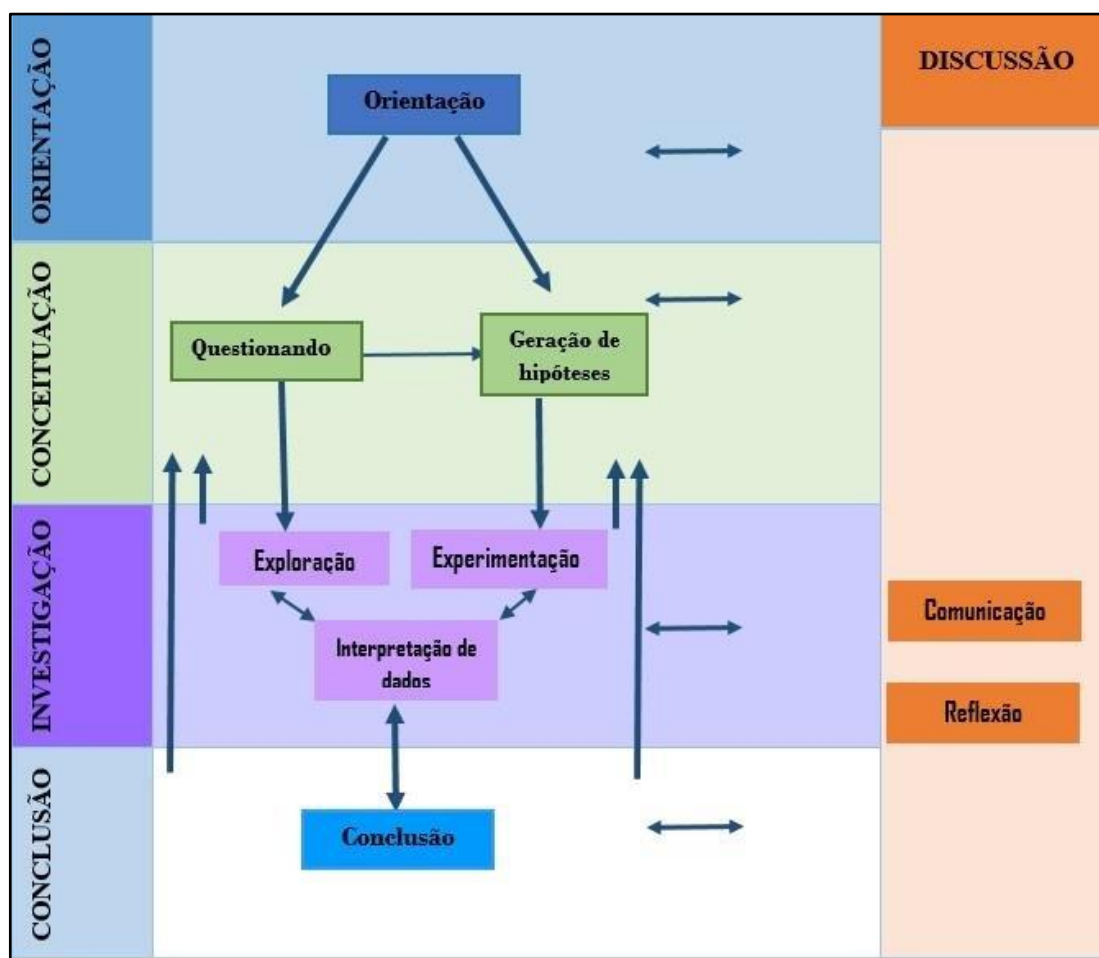
Ainda, para a autora, “algumas SEIs, para dar conta de conteúdos curriculares mais complexos, demandam vários ciclos destas três atividades ou mesmo outros tipos de atividades precisam ser planejadas” (p. 7).

Ao final da SEI, Carvalho (2013) recomenda, ainda, uma avaliação que seja compatível com essa abordagem de ensino, ou seja, uma que considere os conteúdos conceituais (conceitos, termos e noções científicas), procedimentais (as ações e processos da ciência) e atitudinais (atitudes e valores exibidos durante as atividades de ensino).

Tomando como parte do processo as interações circunscritas nessa perspectiva de ensino e considerando o papel essencial dos estudantes nessa abordagem, recorreremos, também, ao estudo de Pedaste *et al.* (2015) acerca do EnCI para a elaboração e aplicação das atividades investigativas no contexto da nossa pesquisa.

Após uma revisão sistemática na literatura sobre fases e ciclos que envolvem processos investigativos, assim como as inter-relações existentes, os autores propuseram a “decomposição do complexo processo científico em pequenas unidades logicamente conectadas” (p. 48, tradução nossa), o que denominaram “Ciclo Investigativo”. Essa estrutura alcança tanto as características dos ciclos de investigação do ponto de vista da aprendizagem, ou seja, a partir da perspectiva do estudante, quanto o seu processo de desenvolvimento.

Figura 1 – Ciclo investigativo elaborado por Pedaste e colaboradores



Fonte: Adaptado de Pedaste *et al.* (2015).

O ciclo investigativo proposto pelos autores compreende, em linhas gerais, as quatro principais etapas do processo do ensino por investigação. Ele se inicia com a fase de orientação, na qual o docente apresenta o tema que norteará a investigação ao mesmo tempo em que estimula a curiosidade dos estudantes para explorá-lo. Em seguida, na fase de conceituação, constituída pelas subfases de questionamento e geração de hipóteses, a partir do reconhecimento do problema, os estudantes são estimulados a elaborar as questões de investigação e a proporem as hipóteses. Scarpa e Campos (2018) consideram um momento o qual pode contribuir para o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes, na medida em que constroem possíveis soluções para um problema. Nesse sentido, Trivelato e Tonidandel (2015, p. 97) consideram que “na cultura escolar, os estudantes, ao elaborarem suas hipóteses sobre determinado fenômeno, podem explicitar seus conhecimentos e modelos explicativos sobre o assunto em questão”.

Assim, à medida que os estudantes exploram ou observam o fenômeno a ser estudado, questões são suscitadas e, para respondê-las, são propostas hipóteses. Nessa etapa, o professor pode fazê-los entender que esse movimento de criar e resolver problemas faz parte da produção de conhecimento, ao mesmo tempo em que tomam ciência do conhecimento que os estudantes possuem acerca daquele determinado tema, possibilitando-os direcionarem suas ações para uma aprendizagem mais significativa.

Porém, de modo a fazê-los compreender que, para respondê-las, faz -se necessário colocar em pauta o desenvolvimento de uma postura investigativa, os autores, Pedaste *et al.* (2015), sugeriram a fase de investigação. Nessa, os estudantes, por meio da exploração e/ou experimentação, coletam dados e informações por meio das mais diversas estratégias em resposta ao problema e às questões levantadas para estabelecer algumas interlocuções teóricas (SCARPA e CAMPOS, 2018).

Nesse sentido, Scarpa e Campos (2018) diferenciam experimentação e exploração da seguinte forma:

A experimentação é uma metodologia específica, mais relacionada com o teste de hipóteses, enquanto a exploração permite o uso de diversas estratégias para coleta, organização e sistematização dos dados e informações relevantes que poderão se constituir como evidências para a construção de explicações que respondam à questão (p. 30).

Nessa linha, independentemente de que tipo de investigação se pretenda, os estudantes colocarão em movimento habilidades como selecionar, registrar e analisar os dados e as informações coletadas da investigação realizada para construírem compreensões e/ou conclusões sobre os fenômenos estudados. Nessa etapa, o processo de argumentação é mais evidente (SCARPA e CAMPOS, 2018).

Embora o ciclo investigativo se apresente em uma estrutura lógica e sequencial, é importante salientarmos que há flexibilidade nos caminhos que podem ser seguidos, além da possibilidade de ser adaptado às diferentes situações que o processo de ensino e aprendizagem exige (PEDASTE *et al.*, 2015).

Destaca-se, também, que o docente tem um papel fundamental para que as etapas do ciclo investigativo se realizem. É ele, portanto, que vai “providenciar explicações e modelos teóricos para dar legitimidade aos dados, tornando-os evidências para as conclusões, e auxiliar nas discussões e orientar nas atividades nas

quais os alunos reconhecerão as razões de seus procedimentos” (TRIVELATO e TONIDANDEL, 2015, p. 110).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

De modo a contribuir para o processo de ensino e aprendizagem em ciências, optou-se pela pesquisa-ação, a qual permitiu que tanto a pesquisadora quanto os docentes participantes estivessem envolvidos no problema investigado.

Nesse sentido, Thiollent (2011) nos traz que esse método de pesquisa é "concebido e realizado em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo" (pág. 20).

Na condição de uma pesquisa participativa, a pesquisa-ação apresentou possibilidades fecundas para a elaboração e aplicação por três professores das áreas de ciências (biologia, física e química) e pela pesquisadora do produto educacional, que consistiu em uma sequência de ensino investigativa (Apêndice A) apresentada sob a forma de um caderno pedagógico em que os pressupostos teóricos e metodológicos para a sua construção se fizeram presentes.

Quanto à abordagem, consideramos tanto a qualitativa quanto a quantitativa. A primeira nos permitiu estudar o fenômeno de forma que pudéssemos ter contato direto com o ambiente e a situação que investigamos e, portanto, à medida que mergulhamos no contexto da pesquisa, as questões necessárias à elaboração e implantação do nosso produto foram se aclarando no decorrer de toda a nossa investigação. A segunda, quantitativa, nos orientou quanto ao tratamento dos dados relativos ao resultado da nossa proposta de trabalho: as habilidades de LC, a partir do processo investigativo e argumentativo, conseguido por nossos estudantes durante a proposta de trabalho.

A escolha do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília – IFB – *Campus* Taguatinga como *locus* de pesquisa se deu em função da atuação da pesquisadora como Técnica em Assuntos Educacionais, e o público-alvo da pesquisa foi selecionado a partir de sugestões apresentadas pelos docentes participantes do projeto de pesquisa.

A pesquisa foi aplicada em uma turma do terceiro ano do ensino médio integrado em eletromecânica. No ano de 2014, o *campus* aprovou e passou a ofertar essa modalidade de ensino cujas finalidades centram-se no “planejamento e execução da manutenção eletromecânica de equipamentos industriais, além de projeto, instalação e manutenção de sistemas de acionamento elétrico e mecânico” (IFB, 2014, p. 22).

Atualmente conta com duas turmas do primeiro ano, duas do segundo e uma do terceiro ano do ensino médio. Sua carga horária de 3.500 horas está distribuída entre os três anos de estudos, sendo que o primeiro e segundo com 1.133,3 horas e o terceiro ano com 1.233,4 horas, sendo este último o foco da nossa pesquisa, com 13 componentes curriculares distribuídos entre a base nacional comum (Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; Ciências Humanas e suas Tecnologias e parte diversificada) e 11 para a base aplicada (IFB, 2014).

A pesquisa consistiu em quatro etapas. A primeira delas referiu-se ao levantamento de dados para a construção da sequência de ensino investigativa. Para tanto, realizamos entrevistas semiestruturadas com os docentes participantes da pesquisa. A segunda concentrou-se na aplicação do produto em uma turma de 25 estudantes do terceiro ano. Na terceira etapa, procuramos analisar, a partir dos textos e das apresentações dos estudantes, em que medida a proposta interventiva foi capaz de suscitar habilidades do letramento científico e, por último, e não menos importante, aplicamos dois questionários, um para os estudantes e outro para os docentes, de modo a compreendermos as suas percepções acerca da intervenção pedagógica.

Salientamos que os participantes da pesquisa, tanto os docentes quanto os estudantes, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) assim como o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) e, para que pudéssemos manter o sigilo dos participantes, substituímos os seus nomes por letras seguidas de números, tendo em vista a ordem em que os docentes se apresentaram durante as entrevistas (D1; D2; D3 e D4) e a ordem em que as respostas ao questionário aplicado aos estudantes foram inseridas no formulário (E1; E2, E3 ...).

Nos tópicos seguintes, descreveremos como se deram os procedimentos de coleta de dados para a elaboração do produto educacional, assim como a análise dos

dados coletados a partir da proposta apresentada e as contribuições para o letramento científico.

3.1 ELABORAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Para a elaboração e a implementação da Sequência de Ensino Investigativa (SEI), nosso produto de pesquisa, contamos com a colaboração dos professores das áreas de biologia, física e química. Para a coleta de dados acerca da abordagem, do tema da sequência, dos objetivos de aprendizagem, dos conteúdos e das atividades a serem trabalhados e, por fim, da avaliação de aprendizagem, foram utilizadas entrevistas coletivas, prioritariamente, e entrevistas individuais complementarmente.

Nas entrevistas, foi possível estabelecer uma atmosfera de interação e de aceitação mútua em que pesquisador e pesquisadora foram copartícipes de todo o processo a que se deu este estudo (LUDKE; ANDRÉ, 2018). Optamos pela entrevista semiestruturada porque, embora apresentasse um roteiro pré-estabelecido (Apêndice B), nos permitiu coletar as informações de maneira mais espontânea e aprofundar, quando necessário, em questões importantes para a estruturação do nosso produto educacional (LUDKE e ANDRÉ, 2018).

No primeiro momento, foi enviado, por *e-mail*, o convite para cada um dos docentes, com informações acerca das finalidades da nossa pesquisa e a importância deles para a materialização do produto educacional. Ao receber o aceite de todos eles, marcamos encontros individuais de modo que pudéssemos apresentar nossas intenções de trabalho.

Em seguida, foi enviado um outro *e-mail* solicitando o conteúdo programático que seria trabalhado no primeiro trimestre de 2021 para que pudéssemos elaborar um quadro comparativo e apresentar no dia da entrevista coletiva.

Após a chegada das informações, foi marcada e realizada a primeira entrevista coletiva semiestruturada com duração de uma hora. Nessa foi possível contar com a presença de um professor da área de física, um de biologia, um de química, a pesquisadora e o orientador, com o objetivo de que os dados apresentados nos guiassem na elaboração do produto educacional.

Devido ao período pandêmico em que a proposta foi aplicada e de modo a respeitar as medidas de segurança pública propostas pelo Decreto nº 41.913, de 19

de março de 2021, e suas posteriores alterações², as entrevistas foram realizadas pelo aplicativo *Google meet* e gravadas com a permissão de todos os participantes. Foram necessárias duas entrevistas coletivas semiestruturadas e uma individual com cada um dos docentes para que fosse possível a coleta dos dados necessários para a construção da sequência didática.

Na primeira entrevista, assim como na segunda, depois de ouvidos várias vezes, os registros orais desses encontros foram transcritos. Para nos ajudar nessa tarefa, fizemos uso do *software* de transcrição online *Transkriptor*. Efetuada a transcrição, fizemos a leitura e comparamos com a gravação e os trechos que apresentaram erros foram retificados.

Os enxertos considerados da transcrição foram baseados nas partes relevantes da entrevista, as quais tratavam da abordagem de ensino; do tema; dos objetivos de aprendizagem; das práticas pedagógicas e da avaliação da aprendizagem. Categorias essas elencadas *a priori*, conforme a análise de conteúdo dedutivo e de acordo com Zabala (1998), ao considerar que a estrutura da prática é determinada por variáveis que, por sua vez, têm sua justificação nas relações entre a distribuição de tempo, espaço, interações, organização social, recursos didáticos, planejamento, avaliação, tarefas etc.

A partir daquelas categorias, destacamos as partes que provavelmente iríamos considerar para a análise. Depois, voltamos a essas partes destacadas e ouvimos novamente. Escolhemos assim as unidades de contextos, de acordo com as categorias estabelecidas, sob o aporte metodológico de Bardin (2016). Essa análise de contexto, ou seja, os temas em que nos propusemos a trabalhar, comporia então o conjunto de dados a serem analisados para a elaboração da Sequência de Ensino Investigativa.

De modo a obtermos condições de realizar sistemática e objetivamente as análises do conteúdo das mensagens das entrevistas coletivas realizadas com os professores participantes, optamos por estabelecer, *a priori*, além das categorias, as descrições como indicadores de categorização.

² Decreto vigente à época da pesquisa: Decreto nº 42.730, de 23 de novembro de 2021.

No Quadro 1, estão descritas as categorias, assim como os critérios para o estabelecimento das unidades de contexto tanto na primeira quanto na segunda entrevista semiestruturada.

Quadro 1 – Descrição das categorias de análises das unidades de contexto das mensagens extraídas dos docentes entrevistados

Categorias de Análise	Descrição
Abordagem de ensino	Relatos e discussões acerca das práticas educativas.
Tema da Sequência de Ensino	Foi considerado o tema sugerido pelos docentes para nortear a elaboração da SD.
Objetivos de aprendizagem	Compreendia todas as mensagens que tratavam dos objetivos da SD e das atividades de cada área do conhecimento.
Conteúdos	Discussões acerca dos conteúdos a serem abordados.
Atividades a serem trabalhadas	Nesse tema foram agrupados os processos metodológicos das três áreas do conhecimento, o planejamento das atividades a serem desenvolvidas, além das discussões dos docentes acerca do processo.
Avaliação da aprendizagem	Reflexões sobre o processo avaliativo e a maneira pela qual os estudantes apresentariam os dados.

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Realizadas as análises, foi finalizado o caso investigativo e uma prévia da sequência didática foi elaborada. Feito isso, os documentos foram enviados aos docentes participantes para verificação. Após o retorno, as modificações foram realizadas e, com isso, marcamos uma entrevista individual com cada um dos docentes para apresentarmos o caso investigativo e as etapas de cada área da SEI e, desse modo, finalizamos o processo de elaboração do produto educacional.

Para a aplicação do produto, os docentes participantes destinaram dez aulas, assim distribuídas: duas aulas para a contextualização do problema a ser investigado, duas aulas para os conhecimentos da biologia, duas aulas para os conhecimentos da química, duas aulas para conhecimentos da física e duas aulas para comunicação dos resultados e debate.

Tendo em vista que o tempo destinado para a SEI seria insuficiente para trabalhar o caso investigativo, foi proposto aos estudantes um tempo adicional, contraturno, para as atividades relacionadas ao processo investigativo e de argumentação. Assim, as atividades propostas para a SDI seguiram uma sequência de seis etapas, em que estiveram presentes estratégias relacionadas ao uso de vídeos, simuladores, textos, pesquisas, utilização de algumas técnicas forenses, experimentação demonstrativa, desafios, como meios de contribuir para a resolução do caso investigativo.

No Quadro 2, estão elencadas resumidamente as atividades propostas para as seis etapas que compuseram a SEI: na primeira etapa, houve a apresentação do tema por uma perita criminal e um momento de diálogo entre os docentes participantes; nas etapas dois, três e quatro, foram abordados os conhecimentos das áreas de biologia, física e química, respectivamente; a quinta objetivou a sistematização do conhecimento, assim como a produção do texto; e, por último, a etapa seis foi o momento no qual os estudantes tiveram a oportunidade de comunicar e debater os seus resultados.

Quadro 2 – Etapas da Sequência de Ensino Investigativa (SEI) aplicada na pesquisa

Etapas	Atividade
Etapas 1 – Mesa Redonda: Desvendando a Ciência Forense	Atividade 1 – Diálogo aberto
	Atividade 2 – Motivação e levantamento de conhecimentos prévios
	Atividade 3 – Problematização inicial
	Atividade 4 – Apresentação da situação problema - caso investigativo
	Atividade 5 – Elementos estruturantes da investigação
Etapas 2 – Conhecimentos da Biologia	Atividade 1 – Introdução ao estudo e discussão do tema
	Atividade 2 – Genética forense
	Atividade 3 – Polimorfismo genético
	Atividade 4 – 1ª Etapa do roteiro para resolução do caso investigativo: explorar o caso investigativo
	Atividade 1 – Detecção de manchas de sangue na cena do crime

Etapa 3 – Conhecimentos da Química	Atividade 2 – Apresentação da técnica eletroforese em gel de agarose e resolução do desafio
	Atividade 3 – Para casa: simulador - eletroforese em gel
	Atividade 4 – 2ª Etapa do roteiro para resolução do caso investigativo: proposição de hipóteses
Etapa 4 – Conhecimentos da Física	Atividade 1 – Contextualização
	Atividade 2 – Simulador - caracterização da corrente elétrica por meio de simulador computacional
	Atividade 3 – Seminários - distribuição dos temas e instruções para elaboração
	Atividade 4 – 3ª Etapa do roteiro para resolução do caso investigativo: proposição de procedimentos
	Atividade 5 – Apresentação dos grupos
Etapa 5 – Trabalhando o Caso Investigativo	Atividade 1 – 4ª Etapa do roteiro para a resolução do caso investigativo: análise dos resultados obtidos
	Atividade 2 – 5ª Etapa do roteiro para a resolução do caso investigativo: construção do texto
Etapa 6 – Roda de Conversa: Dialogando com os Resultados	Atividade 1 – Apresentação dos grupos
	Atividade 2 – Debate - Ciência forense e suas correlações
	Atividade 3 – Avaliação da SEI

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

O produto educacional foi aplicado sem maiores intercorrências e ao final foram realizadas algumas modificações com intenções de melhorá-lo.

3.1.1 CASO INVESTIGATIVO

De modo a contribuir com as atividades investigativas das Sequências de Ensino Investigativo (SEI), foi elaborado um caso investigativo com o tema Ciência Forense como pano de fundo. A partir deste, foi possível estabelecer a interdisciplinaridade entre as áreas da biologia, física e química. Os estudantes, com base nessas três áreas do conhecimento, ficaram incumbidos de solucionarem, em grupo, o problema proposto e comunicarem, de forma oral e escrita, a resolução do caso.

A principal fonte de inspiração para a produção do caso investigativo foi o assalto a uma agência do Banco do Brasil em Criciúma, Santa Catarina, em dezembro de 2020. Segundo o portal R7³ esse foi um dos maiores assaltos ocorridos na capital e envolveu mais de trinta criminosos, que incendiaram veículos, trocaram tiros com a polícia local, além de usarem reféns como escudo e 10 carros para a fuga. Assim, o caso investigativo apresentado aos estudantes narra dois assaltos realizados em localidades distintas, cidades A e B. No primeiro, uma refém foi deixada em uma zona rural e, no segundo, houve uma vítima carbonizada. A partir das “pistas” disponibilizadas no texto e dos conhecimentos científicos apresentados por aquelas três áreas, os estudantes, por meio do processo investigativo, deveriam relacioná-los e apresentar uma solução para a situação problema de forma que recorressem às habilidades argumentativas para comunicá-la.

³ <https://noticias.r7.com/prisma/refletindo-sobre-a-noticia-por-ana-carolina-cury/mega-assalto-em-criciuma-um-detalle-que-nao-pode-passar-despercebido-01122020>

Quadro 3 – Caso investigativo elaborado para a SEI: “Há crime perfeito?”

Caso 1

No mês de novembro de 2019, foi noticiado exaustivamente pelas principais emissoras do Local A um assalto a uma agência bancária da cidade. Em nota oficial, as autoridades de segurança afirmaram que estavam envolvidos três suspeitos fortemente armados com fuzis, que a ação durou mais de uma hora e fez uma refém deixada a poucos quilômetros do local, na região rural da cidade.

A polícia, até aquele momento, localizou um dos veículos usados na fuga, onde fora encontrada uma touca ninja, conhecida também como balaclava, e pequenas manchas avermelhadas.

Em depoimento, a refém afirmou que os bandidos fugiram em outro veículo de cor clara, o qual já estava à espera na região rural da cidade. A testemunha não soube relatar outras características do veículo.

Caso 2

Na cidade vizinha, Local B, após poucas horas do ocorrido no Local A, foi registrado, também, um assalto a uma das agências bancárias dessa cidade. Porém, nesse caso, os ladrões sequestraram a gerente do banco.

Em outro evento na região, os bombeiros acionaram a polícia após constatarem que no incêndio ocorrido nessa cidade havia uma vítima carbonizada com indícios de que estava amordaçada. No local do incêndio foi localizado ainda um documento de identificação de um homem, próximo ao portão da casa e observaram-se, ainda, gotas de sangue no quintal do imóvel.

Em vistoria preliminar, os bombeiros notaram que, embora a qualidade dos materiais utilizados na instalação elétrica fosse adequada (condutores, disjuntores, tomadas, interruptores e quadro elétrico), o proprietário não se preocupou com o projeto elétrico e sua execução, o que provavelmente contribuiu para o incêndio.

Em entrevista aos moradores próximos, uma das vizinhas apontou os seguintes fatos aos policiais quando lhe perguntaram:

Policial: - Você viu o que aconteceu?

Vizinha: - Eu notei gritos e um cheiro de fumaça muito forte, quando saí a rua, observei que um carro de cor prata havia deixado o local do incêndio em alta velocidade com três pessoas.

Policial: - Você conhecia os moradores dessa casa?

Vizinha: - Não os conhecia, contudo, esta casa estava para alugar há poucos dias atrás.

Mediante o relato dos policiais, o delegado daquela cidade resolveu imediatamente acionar o IGP (Instituto Geral de Perícias) na tentativa de buscar soluções para aqueles casos ocorridos na cidade de Goiás.

O Diretor do IGP da cidade, Paulo José, resolve convocar a sua equipe de peritos criminais para relatar os fatos aos demais policiais:

- Na balaclava encontrada no veículo do primeiro roubo, havia manchas vermelhas;
- A refém do assalto ao banco do Local A foi deixada com vida na região rural, a qual relatou que os bandidos embarcaram em um carro de cor clara;
- A gerente do banco sequestrada durante o assalto no Local B não fora localizada até então;
- Há uma vítima encontrada carbonizada com indícios de que estava amordaçada;
- No local do incêndio, fora encontrado um documento de identificação e gotas de sangue no quintal;
- A vizinha ao local incendiado afirmou que viu três pessoas em um carro prata, saindo em alta velocidade, pouco depois de iniciado o incêndio.

Em vista dos fatos relatados até então, vocês como peritos criminais ficarão incumbidos de realizar um estudo técnico científico para elucidar os casos e, ao final das investigações, apresentarão um texto no qual constem as evidências e as análises realizadas pelo Instituto de Criminalística e Análise Forense.

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

De modo a auxiliá-los na discussão e na resolução do caso investigativo, os grupos receberam um "Roteiro para Resolução do Caso Investigativo" (Apêndice C) e foram orientados pela pesquisadora, tanto durante a SEI quanto nos encontros semanais, sobre as possíveis maneiras de proceder para a resolução do caso investigativo.

Quadro 4 – Atividades do roteiro elaborado para resolução do caso investigativo

Atividades	Descrição
1ª Etapa: Exploração do Caso Investigativo	Leitura do caso investigativo; destacar as palavras desconhecidas; apresentar concepções prévias associadas ao tema proposto: Ciência Forense; Destacar as "pistas" encontradas no texto.
2ª Etapa: Proposição de Hipóteses	Elaborar proposições afirmações/respostas a partir das pistas encontradas na etapa anterior para a resolução provisória do caso investigativo.
3ª Etapa: Proposição de Procedimentos	Pesquisar referências envolvidas no problema (o processo de pesquisa estará voltado para a procura de evidências que comprovem, sustentem ou refutem as afirmativas elaboradas na etapa anterior); considerar os resultados da pesquisa e relacioná-los com as hipóteses levantadas; esquematizar as possibilidades de resolução do caso investigativo (confrontar as ideias com os colegas, comparar, estabelecer relações e observar o que deve ser considerado para a resolução do caso investigativo).
4ª Etapa: Análise dos Resultados Obtidos	Considerar os resultados da pesquisa e relacioná-los com o caso investigativo; confrontar as ideias iniciais com as assumidas após a realização da pesquisa; verificar se responde ao problema/questão proposta; formular explicações para cada hipótese levantada e registrar as informações na ficha de planejamento.
5ª Etapa: Construção do Texto	Construção do texto de acordo com as seguintes determinações: (I) apresentar as informações obtidas durante todo o processo de modo detalhado, sistemático e crítico;(II) Utilizar a linguagem científica (termos ou conceitos); (III) apresentar as Técnicas Forenses utilizadas; (IV) apresentar e explicitar as hipóteses trabalhadas; (V) relacionar logicamente os dados e as conclusões; (VI) Argumentar Cientificamente e (VII) aplicar as três áreas do conhecimento (biologia, física e química).

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Assim, foram realizados de três a cinco encontros por grupo, dependendo da disponibilidade e das dificuldades apresentadas por eles, via aplicativo *Google meet*, no período de cinco semanas, de modo que o roteiro fosse alcançado e os estudantes conseguissem propor uma solução para o caso investigativo e elaborar o texto solicitado.

Na última semana, os grupos foram orientados quanto ao prazo para a entrega do texto, o planejamento e a execução do seminário. Cada grupo teve até 15 minutos para comunicar as suas descobertas e, após realizadas as apresentações, foi aberto um espaço para debate. Essa etapa final da SEI, “Roda de Conversa: Dialogando com os Resultados”, contou com a participação de quatro professores, a perita criminal, os estudantes do curso EMI, a pesquisadora, o orientador da pesquisa e estudantes convidados do curso de Licenciatura em Física.

Ao final das apresentações, os estudantes e os docentes foram questionados a respeito das suas percepções e possíveis sugestões em relação à atividade realizada, assim como instalado um momento de debate acerca de todo o processo a que foram submetidos.

Os textos foram produzidos no próprio “Roteiro para Resolução do Caso Investigativo” no *Google Docs* e, depois de vencido o prazo para a entrega, foi retirado o acesso dos estudantes ao documento e em seguida analisadas as habilidades argumentativas, de modo que pudéssemos aferir como se deu a produção do conhecimento durante as atividades propostas.

Para verificar em que medida a proposta foi capaz de estimular a elaboração de argumentos assim como as habilidades do LC, como a apreensão e organização dos conhecimentos científicos, o levantamento e teste de hipóteses, a resolução do problema e a interação com os elementos científicos, nos valem da participação dos estudantes nos encontros em grupo, das produções textuais escritas e daqueles grupos que não a realizaram recorremos às transcrições das apresentações orais.

3.2 ANÁLISE DAS PRODUÇÕES TEXTUAIS

Assumindo que a “argumentação e o EC são elementos constituintes do processo de construção do conhecimento”, assim como o fez Pezarini e Maciel (2021, p. 3), resolvemos, neste trabalho, além de abordar os conhecimentos científicos

próprios das áreas de biologia, física e química, abordar também aqueles pertinentes às habilidades argumentativas.

Valendo-se da argumentação como estratégia de construção de conhecimento, neste trabalho, tomou-se como ponto de partida os conhecimentos científicos para que os estudantes tivessem condições de elaborar explicações e defender suas ideias a partir das hipóteses propostas para o caso investigativo. Com isso, eles colocam em curso interações discursivas ao mesmo tempo em que se instaura um movimento de construção de argumentos.

De modo a nos auxiliar a reconhecer como foi essa construção e de que modo foi apresentada pelos estudantes em seus textos, optamos por analisá-los sob o ponto de vista estrutural, utilizando o “Esquema de Argumento de Toulmin”, situando-o dentro dos aportes teóricos de Sá e Queiroz (2007); Sasseron e Carvalho (2011; 2013); Sasseron (2015); Villani e Nascimento (2003); Motokane (2015) e Oliveira *et al.* (2020):

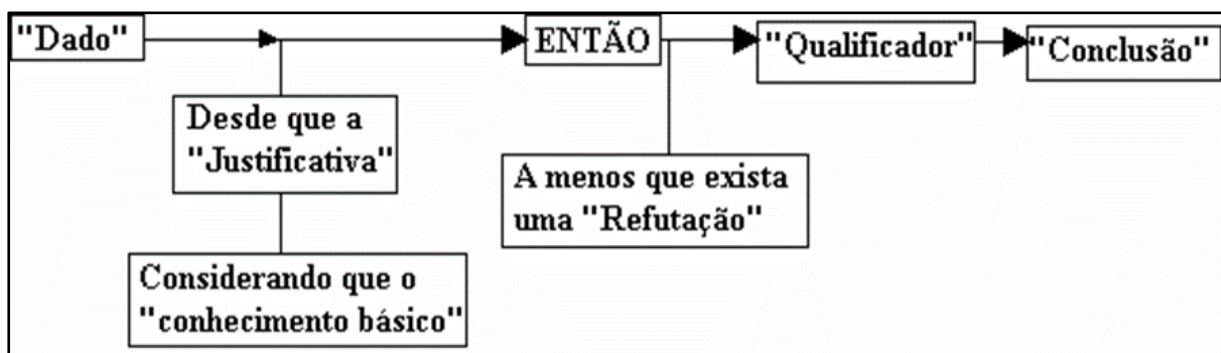
Os motivos pelos quais optamos por escolher esse modelo para analisar os textos dos nossos estudantes são elencados por Vieira e Nascimento (2009):

O próprio procedimento de enquadrar os argumentos segundo o padrão permite tomadas de consciência mais amplas de acordo com a situação argumentativa em foco. Após a etapa de enquadramento, em nossas pesquisas, percebemos que tanto os argumentos quanto os seus componentes, assim como a relação que mantêm entre si, tornam-se mais claros e visíveis. Além disso, a estrutura formal do padrão nos permite atentar para as nuances que os argumentos enquadrados possam apresentar (pág. 24).

Embora esse modelo não tenha sido elaborado para fins educacionais (VIEIRA; NASCIMENTO, 2009), atualmente, reconhece-se a sua importância para a investigação da argumentação científica produzida por estudantes no contexto de ensino de ciências (SÁ; QUEIROZ, 2007).

Também conhecido como *Toulmin's Argument Pattern* (TAP), esse modelo identifica os elementos estruturais de um argumento assim como suas relações, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Modelo de argumento de Toulmin



Fonte: Carvalho e Sasseron (2015).

Assim, segundo Carvalho e Sasseron (2015), “qualquer justificação de uma declaração ou conjunto de declarações é, para Toulmin, um argumento para apoiar uma determinada afirmação” (p.253).

Para aquele modelo, os elementos que compõem a estrutura básica de um argumento são: o dado (D), a conclusão (C), a justificativa (J) ou garantias (W). Porém, para a elaboração de um argumento completo, “podemos acrescentar os qualificadores modais (Q) e as condições de exceção ou refutação (R), indicando, assim, um ‘peso’ de plausibilidade para determinada justificativa para dar suporte à conclusão” (CARVALHO; SASSERON, 2015, p. 253).

Para nos auxiliar na compreensão desses elementos e na análise destes nas produções dos estudantes, contamos com o trabalho de Villani e Nascimento (2003, p. 4-5); Motokane (2015, p. 15) e Oliveira *et al.* (2020):

Dado: em relação à natureza (teórica ou experimental) de sua procedência, pode ser caracterizado como um dado fornecido (DF) (por exemplo, dados fornecidos pelo professor, livro texto, roteiro do experimento) ou como um dado obtido. Este último ainda poderia ser classificado como um dado empírico (DE) (por exemplo, dados que procedem de uma experiência no laboratório) ou como dado hipotético (DH);

Conclusão: é aquilo que se procura estabelecer com a argumentação.

Garantias: pode ser apoiada em um conhecimento de caráter teórico que a fundamenta. Este conhecimento pode proceder de fontes distintas como de um livro didático, do professor ou até mesmo da elaboração própria do locutor.

Conhecimento básico (B): Trata-se de conhecimentos mais categóricos, como um princípio, uma lei, teoria ou fato histórico consagrado na literatura; **Qualificadores modais:** consistem em palavras ou frases que expressam o nível de certeza a respeito da alegação que desejam sustentar. Nesse sentido, é comum que, compondo os qualificadores, apareçam palavras tais

como: certamente, provavelmente ou possivelmente, as quais se colocam antes da conclusão apresentada.

Refutadores: determinam as condições para que uma dada justificativa não seja válida ou suficiente para dar suporte à conclusão.

Levando em consideração que a estrutura básica para se apresentar um argumento é: “a partir de um dado (D)”, “desde que a garantia (W) ou justificativa (J)”, “então se chega à conclusão (C)” (CARVALHO; SASSERON, 2015, p. 6), no escopo deste trabalho, consideramos, para as análises a que nos propomos, as categorias como sendo o dado (D), a conclusão (C) e a justificativa (J), assim como a relação entre esses diferentes elementos, o estabelecimento de justificativas para chegar às conclusões e se essas justificativas se apoiavam em conhecimento científico (B) ou não durante a apresentação de argumentos.

Considerando a participação de todos os alunos no processo de resolução do caso investigativo, nesse momento, foram analisadas as produções construídas por eles em grupos. Como as apresentações orais foram baseadas nos textos escritos, não as consideramos para esta análise, com exceção dos grupos Azul e Roxo, que, por não apresentarem a produção textual escrita, a fonte para retirada dos dados foram as apresentações orais. Com exceção desses, todos os outros, Amarelo, Vermelho, Marrom e Preto, tiveram os seus textos escritos analisados.

As observações a respeito da presença ou ausência daqueles componentes argumentativos nos textos foram realizadas a partir de o que o grupo apresentou como dados, esses fornecidos pelo contexto do caso investigativo e, portanto, tidos como dados hipotéticos; a conclusão representada pela hipótese proposta pelos grupos como solução para o caso; e, por fim, a justificativa sustentada ou não nos conhecimentos científicos.

Importante salientar que, para simplificar e facilitar a compreensão dos esquemas apresentados nas Figuras 3 a 8, optamos por não trazer as explicações e justificações na íntegra, como foram expostas e apresentadas nos textos. Ao invés disso, trouxemos como meio de exemplificação esquemas com os nomes das técnicas forenses utilizadas por eles para fundamentarem as conclusões propostas e, em seguida, por meio de uma análise descritiva, detalhamos os conhecimentos com os quais cada grupo apoiou suas justificativas para fundamentarem suas conclusões e, por conseguinte, construírem seus argumentos.

De modo a auxiliar nesse reconhecimento, procuramos identificar, primeiramente, as conclusões a que chegou cada grupo, como exposto no Quadro 5 e, em seguida e a partir delas, detectar o que era tido como dado (D) e o que era tido como justificativa (J).

As Figuras 3 a 8 ilustram o enquadramento dos componentes dos argumentos presentes nas produções textuais e das apresentações orais dos grupos sobre a resolução do caso investigativo proposto. Nelas, (D) refere-se aos dados e os números, a ordem em que eles foram apresentados nas produções textuais ou orais; (J) refere-se às justificativas e os números relacionam-se com as justificativas para aquele determinado dado; e (C) às conclusões.

A Figura 3, por exemplo, representa a forma pela qual esse grupo elaborou o seu argumento. Nela, são apresentados dois dados (D1) e (D2) e duas justificativas, sendo que J1 se refere a D1 e J2 se refere a D2 e, em outros, quando houver a presença somente de (J), sinaliza que não se relaciona com nenhum dos dados apresentados. Essa estrutura é válida para todos os exemplos que virão posteriormente.

3.3 PERCEPÇÃO DOS DOCENTES E DOS ESTUDANTES ACERCA DO EnCI E DA SEI

De modo a compreendermos de forma mais ampla as percepções dos docentes e dos estudantes em relação ao produto educacional e às atividades nele imbricadas, aplicamos questionários aos participantes da pesquisa.

O formulário destinado aos docentes (Apêndice D), constituído por dez questões, teve como objetivo investigar as concepções, as possibilidades e os desafios encontrados pelos docentes ao desenvolverem a sequência de ensino investigativa. Os docentes participantes foram perguntados sobre o engajamento dos estudantes nas atividades propostas durante a SEI; a mudança de percepção dos estudantes acerca da disciplina; as vantagens e a influência da abordagem de ensino por investigação na sua prática pedagógica; os desafios encontrados durante a aplicação da SEI e as sugestões para essa intervenção em contexto presencial.

Depois do retorno das informações dos três docentes que o responderam, analisamos e, em seguida, algumas sugestões nos apontaram algumas modificações a serem realizadas na versão final do produto educacional.

O formulário destinado aos estudantes (Apêndice E) constou de 20 questões, das quais 18 foram fechadas e duas abertas. O objetivo foi obtermos um conhecimento mais aprofundado, a partir das suas percepções, acerca do EnCI, das atividades elaboradas para a SEI, assim como para a apreensão de conhecimentos científicos das três áreas envolvidas. As perguntas relacionam as atividades realizadas durante a sequência didática; a importância do ensino por investigação para o aumento de interesse e motivação, curiosidade e aprendizagem dos conteúdos nas disciplinas abordadas; a importância das atividades em grupo para a apreensão dos conhecimentos científicos e para a resolução do caso investigativo; e as sugestões para essa intervenção em contexto presencial. No total, 20 estudantes responderam ao formulário.

As questões objetivas de ambos os questionários foram formuladas com base na escala de *Likert* de 5 pontos, sendo 1- Discordo totalmente; 2 - Discordo parcialmente; 3 - Não discordo e nem concordo; 4 - Concordo parcialmente; 5 - Concordo totalmente, por meio de formulário eletrônico produzido a partir da plataforma Google Formulários.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 O PRODUTO EDUCACIONAL

A nossa Sequência de Ensino Investigativa foi apresentada sob a forma de um caderno pedagógico intitulado “O ensino de Ciência Forense: uma abordagem investigativa”.

O caderno tem como objetivo apresentar aos docentes da área de ciências os pressupostos teóricos e metodológicos necessários para a construção de uma sequência didática baseada em uma perspectiva investigativa bem como a SEI aplicada durante a nossa pesquisa. Ela teve como ponto de partida um caso investigativo relacionado à Ciência Forense, em que os estudantes assumiram o papel de peritos criminais e percorreram as etapas de uma investigação científica para solucionar o problema proposto.

Tomando-se como referência a abordagem de ensino de ciências por investigação (EnCI), pretendeu-se aproximar os estudantes da cultura científica e, portanto, colaborar para a apropriação dos conhecimentos da ciência e sobre a ciência, de modo que possam articulá-los em contextos sociais, potencializando a compreensão acerca da própria realidade e da sociedade em que estão inseridos.

De modo a termos condições de criar um ambiente investigativo no qual fosse possível contribuir para o engajamento dos estudantes nas atividades e, ao mesmo tempo, suscitar habilidades do Letramento Científico, propomos além das aulas previstas na SEI encontros com os grupos de estudantes.

O instrumento em tela busca sugerir possibilidades de desenvolvimento de práticas pedagógicas que extravasam o contexto atual, tendo em vista que prioriza, no plano social da sala de aula, a interação dos estudantes com os objetos de aprendizagem, de modo a possibilitar o compartilhamento e a negociação de ideias, a proposição de hipóteses para a resolução do problema, assim como a elaboração das justificativas baseadas nos conhecimentos científicos trabalhados, além da aquisição de competências sociais e de comunicação.

O caderno pedagógico está organizado em dois capítulos: o primeiro refere-se aos pressupostos referenciais para a elaboração e implementação de uma sequência de ensino investigativa e o segundo, a SEI aplicada ao contexto da nossa

pesquisa como estratégia pedagógica para suscitar habilidades do LC a partir do processo investigativo.

Salientamos, portanto, que o tema aqui proposto serviu de pano de fundo para a investigação a que se propôs. Porém, o docente pode, conforme a necessidade e realidade do seu trabalho, implementá-la em vários contextos e níveis de ensino de modo que os pressupostos teóricos e metodológicos dessa abordagem sejam contemplados.

Em vista do que foi dito, destacamos que a referida proposta se caracteriza como um recurso didático com o objetivo de promover aos professores e aos estudantes um estímulo para o processo de ensino e aprendizagem no contexto das aulas nas disciplinas de biologia, física e química, na medida em que se desenvolve um ambiente de interação a partir do processo investigativo.

4.2 O IMPACTO DA SEI PARA PROMOÇÃO DO LC

De forma a entender como se apresentou a apropriação dos conhecimentos científicos disponibilizados durante a SEI, propusemo-nos, a partir da análise dos textos produzidos pelos estudantes, a verificar as habilidades argumentativas apresentadas por eles durante essa atividade.

Para responder ao caso investigativo, os estudantes buscaram estabelecer a relação existente entre os casos um e dois e, por consequência, justificaram-na a partir dos conhecimentos científicos apresentados durante a sequência de aulas de biologia, física e química, assim como no processo de pesquisa e nos trabalhos em grupo.

Para isso, foi importante que os estudantes considerassem, principalmente: (I) - a detecção de sangue na balaclava, cena de crime 1, pela técnica do uso do luminol e sua comparação com o sangue encontrado na cena de crime 2, a partir da técnica de análise de DNA (extração, amplificação e análise/leitura dos perfis genéticos); (II) - comparação dos DNAs encontrados nas cenas de crime 1 e 2 com o Banco de Perfis Genéticos de modo que pudessem apontar a autoria dos crimes a partir do perfil genético disponível nesses registros; (III) - identificação da extração de DNA a partir de diferentes materiais biológicos encontrados nas cenas dos crimes (vestígios como fios de cabelo, sangue, saliva e arcada dentária) para identificação

da gerente do banco e/ou dos suspeitos; (IV) - Identificação de suspeitos a partir de análises papiloscópicas e (V) - análise pericial da rede elétrica da casa incendiada.

Abaixo são demonstrados alguns recortes dos textos produzidos e das transcrições das apresentações orais referentes aos conhecimentos científicos utilizados pelos grupos para a elaboração dos argumentos:

A gente tem o DNA encontrado na balaclava, então a gente pode pegar essa mancha de sangue, tirar o DNA dela e bater com o DNA das manchas de sangue encontradas no incêndio pra ver se tem se um dos suspeitos estava sangrando e pra saber se os dois casos estavam ligados um ao outro (GRUPO AZUL).

[...] Assim demos início com a análise de DNA da amostra das gotas de sangue encontrada no quintal do imóvel (após coleta do sangue, ele é enviado para um laboratório, onde é armazenado em recipientes e analisado [...]) (GRUPO AMARELO).

Após a extração do DNA depois de comprovado se é sangue ou não usando líquido revelador. Aí você leva ele pro laboratório pra então amplificá-lo, utiliza a eletroforese em gel para então analisar o DNA [...] (GRUPO ROXO).

O sangue foi coletado e levado para o laboratório de biologia, lá foi feito um exame de DNA, comparado o sangue do quintal com a mancha vermelha na balaclava encontrada no local "A" (GRUPO VERMELHO).

[...] mas, para comprovar essa hipótese comparamos o DNA da mancha vermelha (que era mancha de sangue bucal) encontrado na balaclava do primeiro banco assaltado com o DNA de sangue encontrado no quintal da casa que havia sido incendiada, e vimos que pertencem a mesma pessoa, assim comprovando que o assaltante do caso 1 também estava presente no outro caso, no incêndio [...] (GRUPO MARROM).

Com a análise feita na mancha vermelha na balaclava, foi comprovado que é sangue por meio da técnica de luminol, a partir disso foi feito o recolhimento do DNA para ser realizada a análise de eletroforese com outros DNAs recolhidos (GRUPO PRETO).

No Quadro 5, estão explicitadas as conclusões a que chegaram os grupos ao solucionarem o caso investigativo:

Quadro 5 – Conclusões dos grupos de estudantes para o caso investigativo

Grupos	Conclusões
AZUL	"Mas espelhando num fato teórico, numa experiência teórica com as análises que nós podemos oferecer é bem plausível que os dois casos estejam interligados e isso devido a quantidade de provas que a gente tem baseado em análise de sangue, em análise de digital e outros tipos de análise..."
AMARELO	"Começamos nossa investigação já tendo como base que os dois casos foram realizados pelas mesmas pessoas, dado que as localizações dos eventos foram próximas, e pelo fato de que a cor do carro utilizado (prateada) são as mesmas e ambos serem feitos por três assaltantes..."

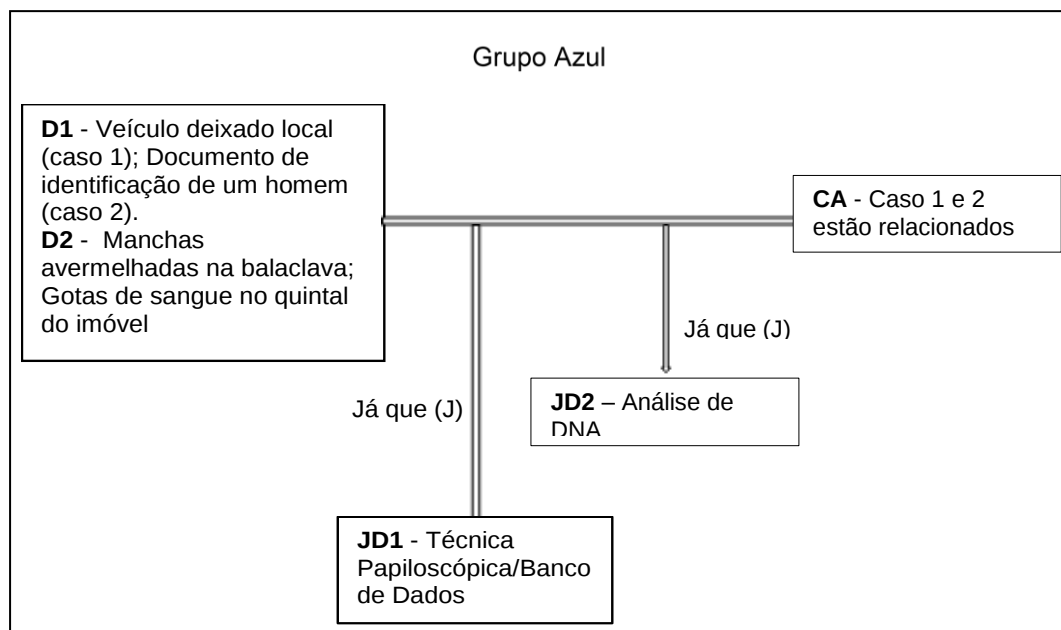
ROXO	“é que os dois casos estão interligados...a gente considera isso por conta do modus operandi dos dois casos e também dos fatos em comum como por exemplo ser em agência bancária, terem três indivíduos e também uma refém...”.
VERMELHO	“Contudo, a comparação dos exames mostrou que os casos estão interligados, logo o sangue da balaclava pertence à mesma pessoa das gotas de sangue do quintal e o rastro de pneu encontrado no caso 1 é o mesmo rastro encontrado no caso 2”.
MARROM	“Tendo em mente que ambos os assaltos tiveram 3 assaltantes, foram efetuados em horários próximos e foi roubado praticamente a mesma quantia de dinheiro, presumimos que foram realizados pelas mesmas pessoas”.
PRETO	“A partir de análises de impressões papiloscópicas é possível comprovar que pelo menos três indivíduos estiveram no banco assaltado no local A, no banco assaltado do local B e na casa onde foi encontrado o corpo carbonizado”.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Notou-se com as leituras desses trechos que, embora todos os grupos chegaram à conclusão de que os casos 1 e 2 estavam relacionados, as justificativas diferiram entre os grupos, sugerindo que cada um deles procurou, de forma independente, estabelecer os argumentos para justificarem essa escolha para a resolução da situação problema.

O grupo AZUL, como demonstrado na Figura 3, apresentou duas justificativas na elaboração do argumento empregado durante a apresentação da sua conclusão. Na transcrição foi possível verificar que, ao passar do dado (D) para a conclusão (C), incorporaram alguns conceitos científicos, mas apresentaram dificuldades em descrever os procedimentos das técnicas papiloscópicas e de análise de DNA utilizados por eles na argumentação.

Figura 3 – Enquadramento do argumento apresentado pelo grupo Azul para a resolução do caso investigativo, segundo o modelo de Esquema de Argumento de Toulmin



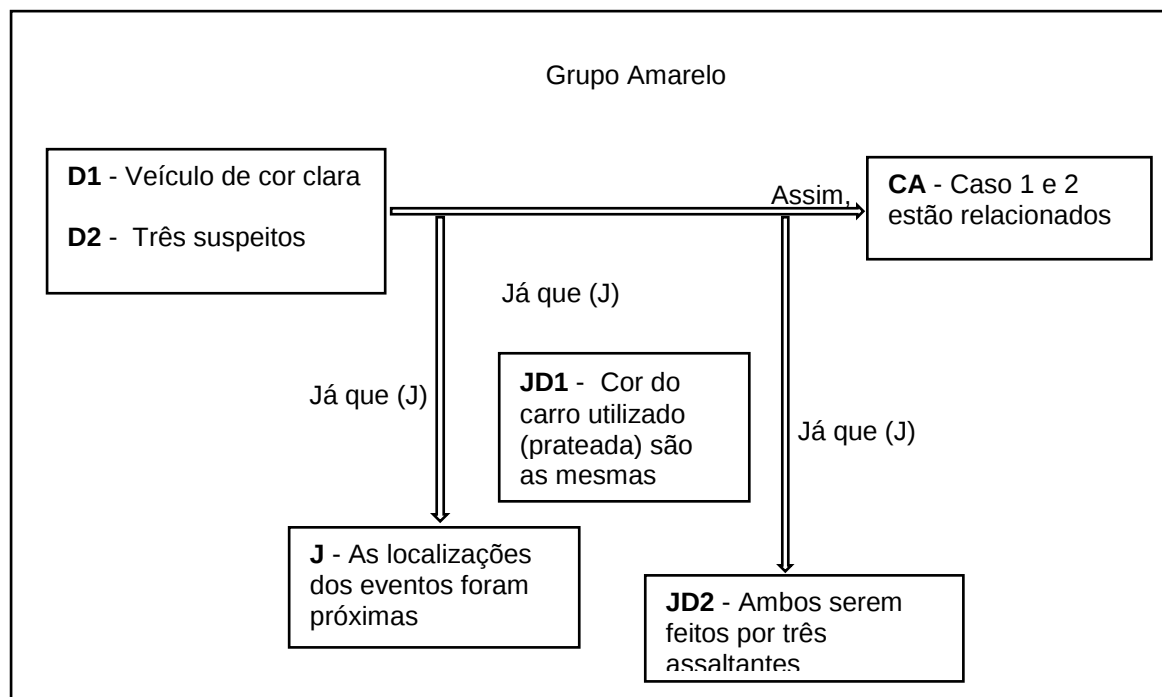
Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Para as técnicas papiloscópicas, utilizaram-se como explicação as relações entre as impressões retiradas do carro encontrado na primeira cena do crime, as quais foram relacionadas com o Banco de Impressões digitais para verificação de registros e, depois, comparadas com a identidade encontrada no local de crime 2. No que se refere à análise de DNA, foi mencionada a extração do material genético da balaclava para comparar com o DNA do sangue do local do crime 2. Notou-se, portanto, que, embora tenha assumido que a mancha vermelha na balaclava seja sangue, esse grupo não fez menção ao uso do luminol e, também, não detalhou como poderia ser realizada essa análise de identificação humana, como pode ser visto no trecho abaixo:

Então, normalmente é usado um pequeno cotonete junto com um líquido químico que eu esqueci o nome para pegar uma parte desse sangue e colocar em uma plaqueta de análise para ser mandada para o laboratório e no laboratório o DNA ser analisado para a gente bater com outros DNAs em contatos em a nossa cena.

O grupo AMARELO, apesar de ter apresentado três justificativas, não as apoiou em conhecimentos científicos, ao contrário, ao invés disso, ele as apresentou a partir de uma hipótese e por duas deduções, como demonstrado na Figura 4.

Figura 4 – Enquadramento do argumento apresentado pelo grupo Amarelo para a resolução do caso investigativo, segundo o modelo de Esquema de Argumento de Toulmin



Fonte: Elaborada pela autora (2021).

No texto apresentado por esse grupo, foi citada a técnica de DNA quando propuseram a hipótese de que a mancha de sangue encontrada no quintal é da vítima carbonizada e, portanto, assumiram que, pela extração de DNA da polpa do dente, poderiam constatar que se tratava da mesma pessoa, mas não relataram de que forma se daria essa análise e não a relacionaram com a primeira cena do crime.

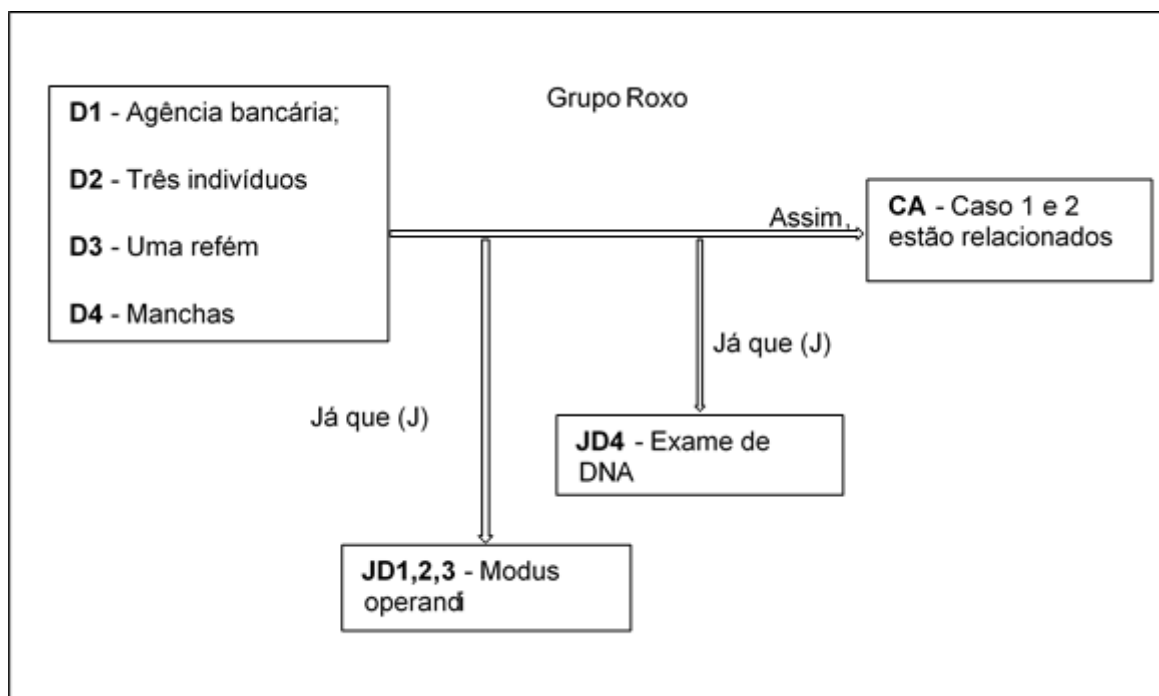
O grupo assumiu, também, que a mancha avermelhada na balaclava era sangue e explicou detalhadamente como ocorre essa identificação, como explicitado no trecho a seguir:

A mancha vermelha da balaclava, foi levada para análise onde usou-se a hematologia para identificar se era ou não sangue, e pelo teste de luminol (que o resultado da mistura do luminol com a água oxigenada, que reage lentamente, causando o fenômeno da quimiluminescência, essa solução quando borrifada nos locais suspeitos, reage em contato com o ferro presente na hemoglobina do sangue e libera uma luz azulada, suficientemente forte para ser vista no escuro) [...]. O resultado é uma luz azulada que identifica o local onde estão vestígios de sangue. Esse processo deu positivo para sangue, a vítima do primeiro caso se manteve com seu mesmo depoimento como os moradores também.

De uma forma geral, esse grupo conseguiu passar dos dados à conclusão, mas apresentou as técnicas de forma isolada no texto, sem relacioná-las diretamente com a conclusão proposta.

O grupo ROXO apresentou duas justificativas para relacionar o caso 1 com o caso 2, mas somente em uma recorreu a conhecimentos básicos para dar suporte, como exemplificado na Figura 5.

Figura 5 – Enquadramento do argumento apresentado pelo grupo Roxo para a resolução do caso investigativo, segundo o modelo de Esquema de Argumento de Toulmin



Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Como conhecimento científico para apoiar a justificativa (JD4), esse grupo recorreu à extração de DNA e à análise dessa amostra com banco de dados, como exposto no trecho a seguir:

Após a extração do DNA depois de comprovado se é sangue ou não usando líquido revelador. Aí você leva ele para o laboratório para então amplificá-lo, utiliza a eletroforese em gel para então analisar o DNA e logo se possível, posso dizer que esse mesmo DNA esteja registrado no banco de dados interno da própria agência para obter então a identidade da qual pertence o DNA aí acaba com isso.

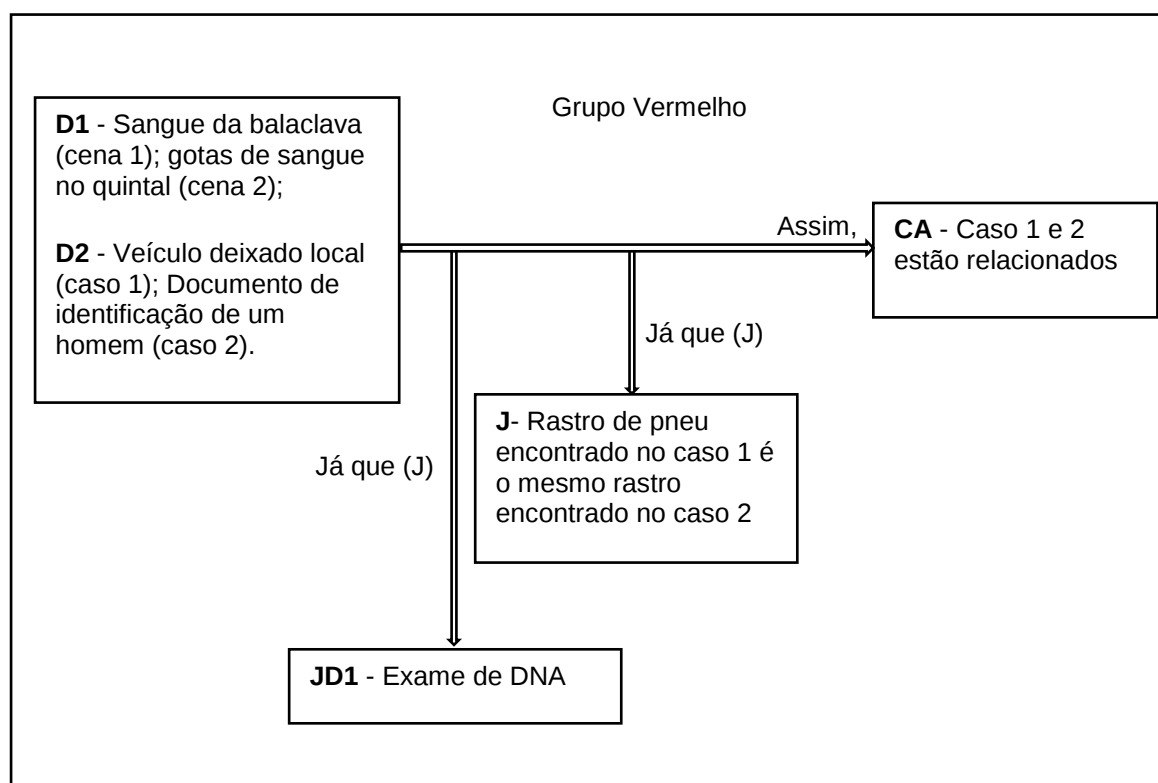
A segunda justificativa (JD1,2,3) relacionou-se com a forma como se desenvolveram os fatos nos dois casos e, portanto, é explicada a partir dos próprios dados retirados do texto:

[...] A gente considerou que os dois casos estão interligados por conta do modus operandi dos dois casos e também dos fatos em comum como, por exemplo, ser em agência bancária, três indivíduos e também ter um refém.

A partir da análise da transcrição da apresentação oral desse grupo, foi possível constatar que os membros apresentaram dificuldades em estabelecer um raciocínio lógico e faltam elementos para garantir o argumento proposto.

Assim como o grupo AMARELO, o grupo VERMELHO também apresentou três justificativas para o seu argumento. No entanto, nesse grupo, foram apresentadas duas justificativas que se apoiam em conhecimentos científicos e uma como hipótese para corroborar a construção do argumento.

Figura 6 – Enquadramento do argumento apresentado pelo grupo Vermelho para a resolução do caso investigativo, segundo o modelo de Esquema de Argumento de Toulmin



Fonte: Elaborada pela autora (2021).

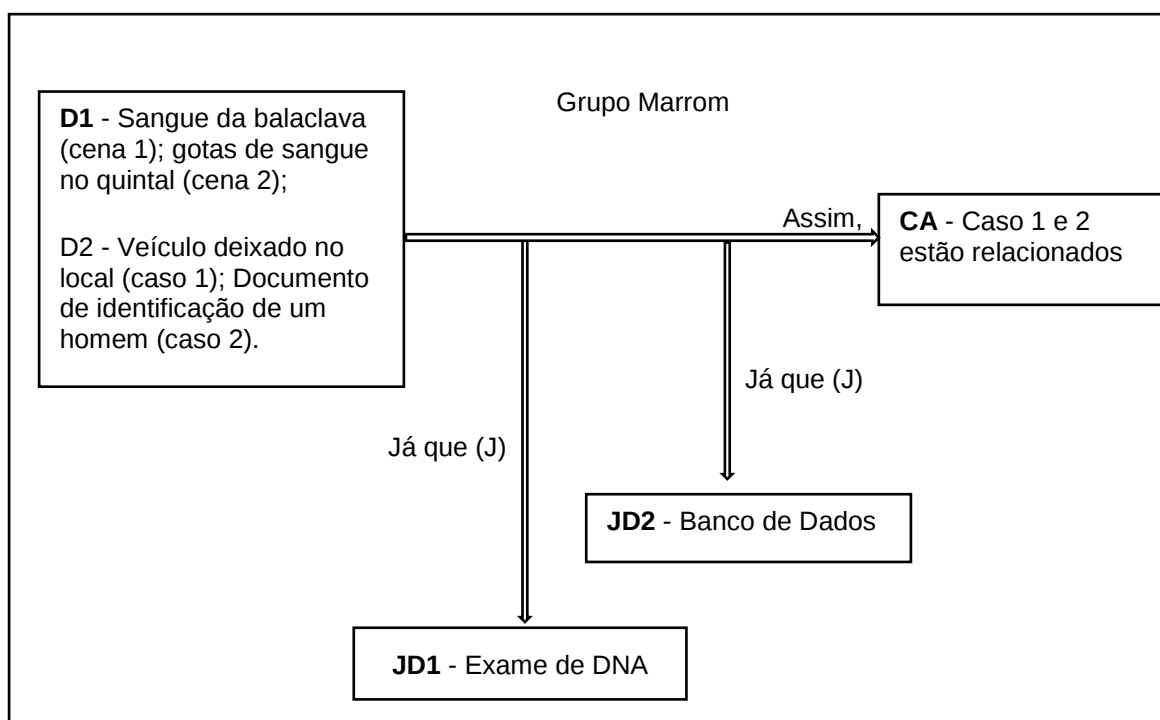
No texto produzido, para as duas primeiras justificativas, foram apresentados os procedimentos de detecção de sangue a partir do luminol e feitas as menções à coleta de digitais do carro deixado no local do primeiro crime e sua possível análise a partir da base de dados depositados com fins de identificação, porém, para a terceira, assumiu-se que a hipótese dos rastros de pneu poderia também sustentar aquela justificativa.

O procedimento consiste em usar um produto químico (luminol), que quando entra em contato com o ferro presente na hemoglobina entra em reação química liberando uma luz. Com o fim do procedimento os peritos identificaram se o sangue presente era humano ou poderia ser de algum animal.

Os peritos coletaram impressões digitais a partir de papilas dérmicas encontradas no carro onde foi encontrado a balaclava e usando o procedimento com o auxílio do pó de grafite e uma fita, as impressões foram levadas para ser analisadas no banco de dados AFIS.

Como demonstrado na Figura 7, o grupo MARROM apresentou os mesmos dados quando comparados com o grupo A e o grupo D, porém, não os relacionou com análises papiloscópicas assim como aqueles fizeram.

Figura 7 – Enquadramento do argumento apresentado pelo grupo Marrom para a resolução do caso investigativo, segundo o modelo de Esquema de Argumento de Toulmin



Em relação à análise de DNA, esse grupo mencionou a extração de DNA presente na balaclava e as gotas de sangue encontradas no quintal da casa no caso 2 e sua análise para identificação dos suspeitos, porém, não explicou os procedimentos realizados.

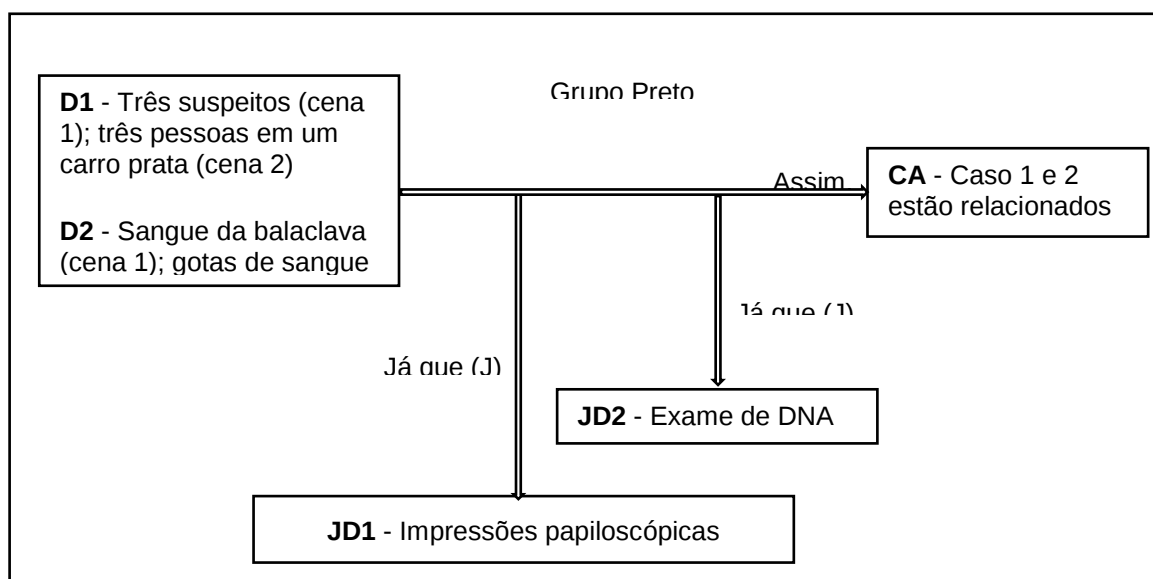
[...] Comparamos o DNA da mancha vermelha (que era mancha de sangue bucal) encontrado na balaclava do primeiro banco assaltado com o DNA de sangue encontrado no quintal da casa que havia sido incendiada, e vimos que pertencem a mesma pessoa, assim comprovando que o assaltante do caso 1 também estava presente no outro caso, no incêndio.

Os membros do grupo apresentaram, também, como identificação dos suspeitos, além da técnica de DNA, a análise das digitais em banco de dados e a comparação com o documento de identificação encontrado no local de crime 2, mas, como na técnica anterior, não explicaram os procedimentos.

Para comprovar ambas as identidades, puxamos no banco de dados as digitais encontradas nos locais dos crimes com as do contrato de locação e do documento de identificação.

No argumento do grupo PRETO, ilustrado na Figura 8, verificamos que este apresenta duas justificativas apoiadas em conhecimentos científicos para garantir a sua conclusão.

Figura 8 – Enquadramento do argumento apresentado pelo grupo Preto para a resolução do caso investigativo, segundo o modelo de Esquema de Argumento de Toulmin



Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Em relação a JD1, o grupo preto citou em seu texto a análise de impressões papiloscópicas para justificar a presença dos mesmos suspeitos no banco assaltado no local A, no banco assaltado do local B e na casa onde foi encontrado o corpo carbonizado. Contudo, o grupo não explicou como ocorre essa identificação e tampouco a análise, como apresentado no trecho a seguir:

A partir de análises de impressões papiloscópicas é possível comprovar que pelo menos três indivíduos estiveram no banco assaltado no local A, no banco assaltado do local B e na casa onde foi encontrado o corpo carbonizado.

No tocante à análise do perfil genético dos envolvidos nas cenas dos crimes, o grupo apresentou a eletroforese em gel como técnica:

Na realização da eletroforese, comparando o sangue da balaclava, o sangue do quintal, o DNA recolhido na arcada dentária e dos folículos capilares da gerente, foi comprovado que a vítima carbonizada é a gerente do banco do local B e que a poça de sangue do quintal também pertence a gerente do banco, já o sangue da balaclava não teve correspondência com as demais amostras.

Notou-se, portanto, que esse grupo apresentou as suas justificativas de forma coerente e as relacionou diretamente com a conclusão proposta.

Após a análise dos argumentos e da forma com a qual foram construídos, concluímos que, de uma forma geral, em menor ou maior grau, todos os grupos foram capazes de estabelecer argumentos que apresentavam conclusões fundamentadas em justificativas. Porém, somente o grupo ROXO não as apresentou com o uso de conhecimentos básicos, denotando, portanto, que a maioria dos nossos estudantes foram capazes de desenvolver habilidades argumentativas para comunicar e expor suas ideias à medida que não se restringiram somente a explicações simples, mas, em muitos momentos, relacionaram as justificativas aos conhecimentos científicos apreendidos para assegurar as suas conclusões, corroborando, assim, com o que Carvalho e Sasseron (2015) nos apresentam quando dizem que, “ao argumentarem, vão buscar as garantias, os qualificadores e os conhecimentos básicos dentro do campo das Ciências e dentro do conteúdo que estão estudando” (p. 6).

Dado que as justificativas foram coerentes e a quase totalidade delas se mostrou suficiente para suportar as afirmações dos argumentos propostos pelos grupos, concluímos que estão demonstrados os esforços dos alunos na busca por

informações para subsidiar os argumentos na construção do conhecimento científico acerca do tema estudado.

Em relação ao conteúdo dos argumentos, constatamos que as áreas de conhecimento mais utilizadas por eles para fundamentar as suas justificativas foram a biologia e, em seguida, a química. Os conhecimentos da área da física foram utilizados quando explicaram a forma pela qual se deu o incêndio na segunda cena do crime e, como não fizeram relação direta para justificar sua relação com a cena do primeiro crime, não a levamos em consideração para as análises dos argumentos, conforme dito anteriormente.

Assim, notamos que os grupos compreenderam e aplicaram os conceitos científicos que foram apresentados na SEI e os relacionaram de forma lógica e coerente na passagem dos dados para a conclusão, demonstrando-nos, por conseguinte, que a proposta de ensino de ciências por investigação em tela se mostrou adequada para desenvolver a capacidade argumentativa dos mesmos, além de proporcionar o desenvolvimento de outras habilidades pertinentes ao LC, como comunicação oral e escrita, trabalho em grupo e desenvolvimento de atitudes e capacidades de pensamento necessárias à tomada de decisões e à formação do senso crítico.

Embora essas últimas não possam ser mensuradas ou avaliadas fora do contexto da sala de aula, espera-se que, ao realizarem esse exercício de escolha e tomada de decisão de forma crítica e baseada nos conhecimentos científicos apreendidos, os estudantes possam se posicionar em outras situações e contextos para além do escolar, uma vez que essas práticas científicas têm o potencial de contribuir, assim como nos indica Sasseron e Souza (2019), “para o desenvolvimento de análises críticas de informações e contextos para posicionamento e atuação na sociedade” (SASSERON e SOUZA, 2019, p. 2).

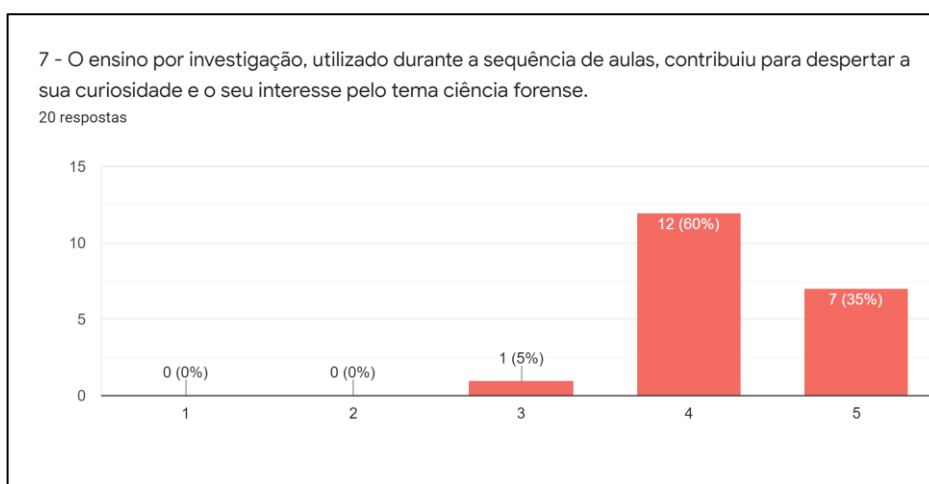
Assim, vale ressaltar que, igualmente importante ao produto, no caso a produção de argumentos pelos estudantes, foi o processo de argumentação. Nesse sentido, entendemos que a SEI propiciou aos estudantes do curso, aos quais nos propusemos aplicá-la, condições de avançarem no sentido de ativamente apresentar opiniões, descrever ideias, analisar os resultados que obtiveram, justificando suas

conclusões para o caso investigativo, assim como o envolvimento nas atividades propostas.

4.3 PERCEPÇÃO DOS DOCENTES E DOS ESTUDANTES ACERCA DO EnCI E DA SEI

Quando perguntados se a abordagem de ensino por investigação contribuiu para despertar a curiosidade e o interesse pelo tema em estudo, 95% dos estudantes respondentes demonstraram consenso em concordar ou concordar totalmente com a afirmativa, como demonstrado na Figura 9.

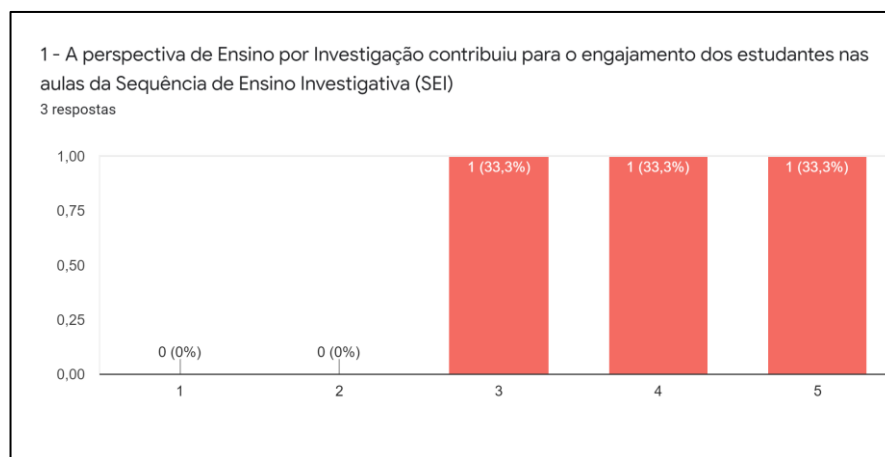
Figura 9 – Respostas dos estudantes acerca do EnCI como estratégia para despertar a curiosidade e o interesse pelo tema Ciência Forense



Fonte: Resultados da pesquisa.

Indo ao encontro do que foi dito pelos estudantes, dois dos três docentes participantes da pesquisa também concordaram acerca do engajamento dos estudantes nas aulas da SEI, como indicado na Figura 10.

Figura 10 – Respostas dos docentes acerca do EnCI como estratégia para promoção do engajamento dos estudantes nas aulas da SEI



Fonte: Resultados da pesquisa.

Notamos que as aulas do docente D2 concentraram-se na demonstração de experimentos relacionados ao caso investigativo e, portanto, inferimos que a sua neutralidade acerca do envolvimento dos estudantes em suas aulas esteja relacionada ao tipo de atividades executadas.

Fato esse também notado por nós nas aulas em que ocorreram menos ações por parte dos estudantes, contrastando, portanto, com aquelas que lhes exigiram uma postura mais dinâmica, a exemplo das realizadas em grupos e as destinadas à elaboração e apresentação dos seminários.

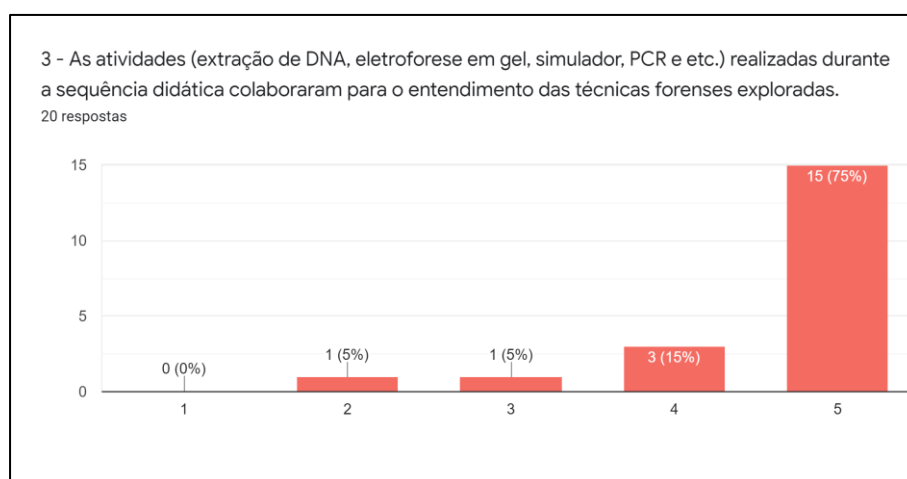
Em relação ao exposto, Sasseron e Souza (2019) nos colocam que o engajamento dos estudantes em aulas investigativas não está relacionado unicamente com a aprendizagem e o envolvimento com os conceitos trabalhados em uma determinada disciplina, mas, também, relaciona-se com a participação ativa deles nas investigações.

Nesse sentido, Sasseron e Duschl (2016) nos pontuam que o docente tem um importante papel no engajamento dos estudantes em situações de ensino. Para eles, os docentes são “parceiros que colaboram para a execução de práticas e oferecem feedback que ajudam a delinear novas práticas e caminhos” (p. 58), bem como “o envolvimento dos estudantes com a investigação e, assim, com o desenvolvimento de

um engajamento entre os estudantes com a situação escolar que lhes permita compreendê-los e utilizá-los em outros contextos (p. 58).

Outro aspecto a ser destacado, em relação à diversificação de atividades durante a SEI, além do engajamento foi a apreensão dos conhecimentos científicos pelos estudantes. Ao serem questionados quanto à importância daquelas atividades para o entendimento das técnicas forenses exploradas, 90% dos estudantes afirmaram concordar com a afirmativa, como demonstrado na Figura 11.

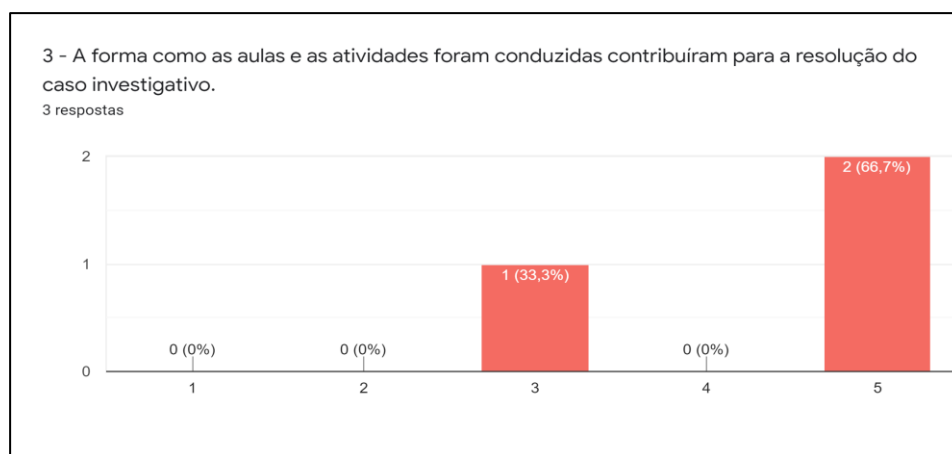
Figura 11 – Respostas dos estudantes quanto à relação das atividades propostas durante a SEI e a apreensão do conhecimento referente às técnicas forenses



Fonte: Resultados da pesquisa.

Nesse sentido, quando os docentes foram questionados se a forma pela qual as aulas e as atividades foram conduzidas contribuiu para a resolução do caso investigativo, dois deles concordaram, assim como demonstrado na Figura 12.

Figura 12 – Respostas dos docentes acerca da relação das aulas e atividades propostas durante a SEI para a resolução do caso investigativo pelos estudantes



Fonte: Resultados da pesquisa.

O fato de não ter acompanhado a evolução e o resultado dos estudantes nas apresentações do último encontro da SEI provavelmente foi o motivo pelo qual o docente D2 não se manifestou em relação ao caso investigativo, contrapondo-se aos demais professores participantes que concordaram com o engajamento e o aprendizado a partir dessa abordagem de ensino.

Concluimos, portanto, que, na percepção da maioria dos docentes e dos estudantes, o ensino de ciências por investigação, assim como as atividades nele imbricadas se mostraram em potencial para suscitar o engajamento e o aprendizado dos conteúdos abordados, fatos esses evidenciados na literatura apresentada durante a pesquisa e, em especial, nos estudos de Sasseron e Sousa (2019), que trataram do engajamento dos estudantes em aulas de física, e Scarpa, Sasseron e Silva (2018), que trabalharam com uma atividade investigativa em ecologia, de modo a promover a argumentação.

Contudo, muitos dos nossos estudantes mostraram seus anseios quanto à forma pela qual as atividades foram desenvolvidas nesse contexto de pandemia, como demonstrado nos trechos a seguir:

Todas as atividades ministradas na forma online seriam de grande ajuda e consideráveis para a forma presencial (E3).

Faria os experimentos em parte prática (E5).

Se houvesse exemplos/exercícios, práticos sem ser por simuladores ou semelhantes, oferecidos para os próprios alunos resolverem (E20).

Percebemos que muitos dos comentários expostos por eles convergiram para aulas presenciais e o uso de laboratórios para a execução de muitas atividades realizadas durante a nossa proposta de trabalho.

Da mesma forma, dois dos três professores respondentes nos colocaram que um dos desafios encontrados durante a execução da sequência de ensino foi o fato de as aulas terem sido ministradas remotamente:

Por ser síncrono, acredito que a dificuldade foi trazer o experimento para o modelo on-line (D2).

Seria a dificuldade com o período remoto, em termos de sentar e refletir com os grupos de alunos; também, o diálogo com os docentes das demais disciplinas, já que nem sempre compartilhamos dos mesmos pressupostos pedagógicos e epistemológicos (D4).

Diante do exposto anteriormente, os estudantes poderiam ter demonstrado um empenho mais satisfatório nas etapas desse projeto. Na busca de uma dedicação efetiva nas discussões em grupo e nas apresentações. Assim, poderiam trazer uma resolução mais robusta do caso investigativo e maior interdisciplinaridade entre as áreas envolvidas (D3).

Aqui, chamamos a atenção porque ambos, professores e estudantes, demonstraram-nos inquietações acerca das limitações do ensino remoto. Fato esse compartilhado com outras instituições de ensino. Barin *et al.* (2020), por exemplo, ao pesquisarem as dificuldades encontradas por professores da Educação Profissional e Tecnológica destacam o acesso aos recursos tecnológicos, principalmente por parte dos estudantes; a organização do tempo de trabalho e a transposição de saberes. Por outro lado, autores como Feitosa *et al.* (2020) nos colocam que as principais dificuldades apresentadas pelos estudantes foram a adaptação ao novo modo de aulas; os problemas de conexão e a falta de interação que ocorreria se fosse em ensino presencial.

Embora muitas dessas dificuldades estivessem presentes no contexto da nossa pesquisa, salientamos o empenho tanto dos estudantes quanto dos docentes acerca da execução da nossa proposta de trabalho.

A docente D3, ao contrário dos demais, não apontou o ensino remoto emergencial, e sim o empenho dos estudantes nas etapas das discussões em grupo e nas apresentações. Para ela, os conhecimentos científicos das áreas de biologia, física e química não foram distribuídos uniformemente nas explanações dos

estudantes e, por isso, sugeriu o uso dos *slides* para conseguir maiores esclarecimentos e ainda detalha:

Esse caso investigativo foi elaborado de forma a propiciar a integração das áreas citadas e os estudantes vislumbraram essa interdisciplinaridade. No entanto, nas apresentações poderiam ter citado mais os conteúdos trabalhados em sala e relacioná-los com o caso investigativo como, luminol (relacionar os aspectos físicos, químicos e ação biológica), condução elétrica (relacionar os aspectos físicos e biológicos) e eletroforese (relacionar os aspectos químicos e biológicos), por exemplo (D3).

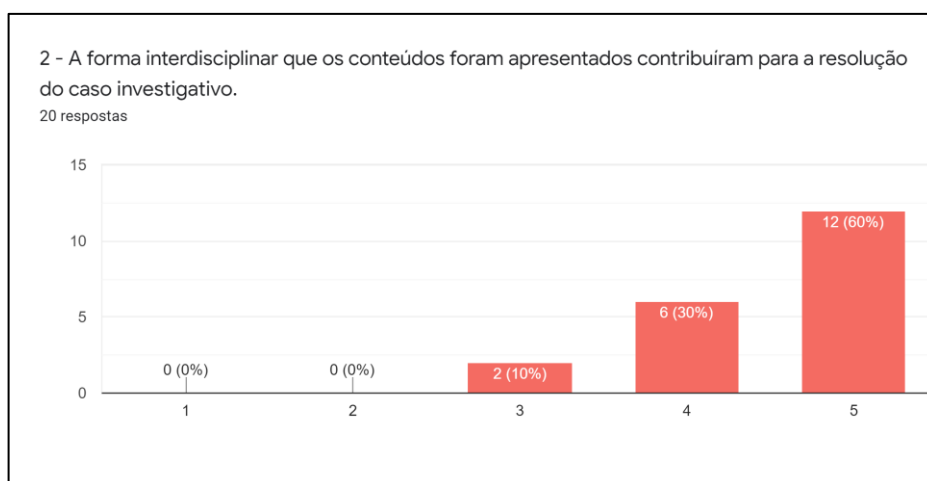
Podemos inferir, portanto, que um dos motivos pelos quais os estudantes não tenham conseguido abarcar os conhecimentos das três áreas para o desenvolvimento das suas conclusões foi a falta de contato com essa prática pedagógica, como explicitado por eles no último encontro da SEI:

[...] a gente não estava acostumado, se eu não me engano foi mesmo o primeiro projeto interdisciplinar então como a gente não estava acostumado, a gente não sabia exatamente o que fazer, essas coisas assim entendeu? (E5).

Mas de interdisciplinar eu acho que esse foi o primeiro que eu me lembro[...] (E17).

O fato de indicarem a ausência da interdisciplinaridade e apresentarem dificuldades em lidar com os conhecimentos vinculados às disciplinas de biologia, física e química não os impediu em concordar com a sua importância para a resolução do caso investigativo, como mostra a Figura 13.

Figura 13 – Respostas dos estudantes quando questionados sobre a importância da interdisciplinaridade para a resolução do caso investigativo proposto na SEI



Fonte: Resultados da pesquisa.

Isso revela a importância de nos esforçarmos no planejamento, na organização de atividades e na formulação de situações que propiciem aos alunos oportunidades de aprendizagem mais ampliadas, de modo a mitigar a fragmentação dos conteúdos disciplinares.

No último encontro da SEI, após as apresentações, solicitamos aos docentes participantes que manifestassem as suas impressões em relação ao que foi exposto pelos grupos. Abaixo, estão explicitados os seus depoimentos:

De uma forma geral eu gostei muito das apresentações, das conclusões que os estudantes chegaram, conseguir visualizar algumas conclusões diferentes e pontos em comum entre os grupos, eu acredito que eles utilizaram tudo o que foi aprendido nas disciplinas, de uma forma geral gostei muito mas existem diferenças entre elas, [...] só mais uma observação, como essa apresentação envolve três disciplinas, os grupos poderiam ter feito slides né, especificando quais as contribuições voltadas a biologia, a física, a química [...] percebi segurança nos estudantes para apresentar e também percebi que eles tiveram reuniões com você e eles utilizaram muito a palavra hipótese e as conclusões que cada grupo chegou e então conseguir perceber esses momentos de reuniões [...] (D3).

Então, gostei das apresentações, achei bastante interessante, eu concordo com a professora D3 que eles deveriam ter realizadas as apresentações com slides, mas eu gostei das articulações dos meninos [...] a partir do que o estudante X escreveu no chat: Professora, só uma dúvida final, assim como divertimos em conclusões e hipóteses, será que isso também acontece com a investigação de diferentes equipes de perícia? O que modificaria a interpretação de um caso investigativo? ' Então, nossa, eu estava esperando os meninos quando apresentassem visualizasse as divergências de conclusões entre os grupos, porque o dele está certo e o outro não estaria certo, entendeu? Então assim, cada um prestar atenção em que cada um falou porque não pode ser achismo, [...] que seria interessante essa discussão, né? Esse bate entre um e o outro, porque está certo, porque está errado, porque a gente vai exercitar também a ver que os outros podem pensar de maneira diferente, que a gente pode ter a cabeça aberta [...] (D4).

Assim, eu gostei de ouvir vocês, é sempre bom ouvi-los tentarem fazer os argumentos, todas as apresentações mostraram que vocês se esforçaram e seguiram o caminho de vocês, eu achei muito legal, vocês tentaram produzir uma argumentação e isso é muito legal e gostei de ver isso assim...de uma forma geral é isso, gostei de ouvir vocês falarem do jeito de vocês, construindo os argumentos da forma que vocês acham que devem ser construído e tal e eu acho que certamente isso fez vocês pensarem sobre como pode ser feito e como as coisas do nosso mundo é feito [...] (D1).

Nota-se, a partir dos discursos desses professores, que eles gostaram das apresentações e da forma com a qual os estudantes utilizaram os conhecimentos das áreas de conhecimento para proporem as suas conclusões e construírem os seus

argumentos. Contudo, foi exposta por dois desses docentes a falta de elaboração de *slides* por alguns grupos no momento das apresentações.

Ressaltamos, a partir do que foi exposto, que não foi solicitado aos estudantes que as apresentações fossem elaboradas com o uso dessa ferramenta e tampouco foi exigido quem iria realizá-las. Preferimos, ao contrário, estabelecer um ambiente de aprendizagem no qual os estudantes tivessem autonomia para conduzir as etapas do processo investigativo, assim como liberdade para a tomada de decisões.

Ao final dessa última etapa, ao perguntarmos as impressões dos estudantes em relação ao trabalho realizado, as respostas relacionaram o conhecimento quanto às disciplinas; a influência com a profissão de perito; a contextualização e fuga do método tradicional, como apresentado nos trechos a seguir:

Bom, particularmente eu gostei muito da experiência, ainda mais porque levando em consideração essa fase da nossa vida, as coisas que temos que decidir, o nosso futuro, é muito interessante que a gente tenha contato com diversas áreas diferentes [...] (E5).

Em geral eu gostei porque a gente fugiu do cotidiano, só que continuou aprendendo coisas sobre as matérias, por mais que a gente aprende coisas a gente pensa pô como é que eu vou usar isso na minha vida que nem a extração de DNA? E através desse projeto a gente viu como que a gente pode usar. Então no geral eu gostei demais (E17).

Nota-se, a partir desses relatos, que as atividades investigativas baseadas no EnCI proporcionaram diálogo e interação entre as várias áreas do conhecimento; aplicação do ponto de vista social; pensamento crítico e modificação pessoal, assim como maior interesse dos estudantes na medida em que foram apresentadas atividades que fugiram do ensino com o qual estão familiarizados.

Quanto aos professores, quando perguntados se foi interessante participar da nossa pesquisa, os seguintes relatos foram anunciados:

Sim. Mostrou que outras formas de ensino são possíveis e viáveis (D2). Foi muito bom participar, gostaria de estar sempre participando de projetos deste porte. Foi surpreendente e enriquecedor. Apreendi muito com os docentes, alunos, a perita convidada e a pesquisadora que está a frente do projeto (D4).

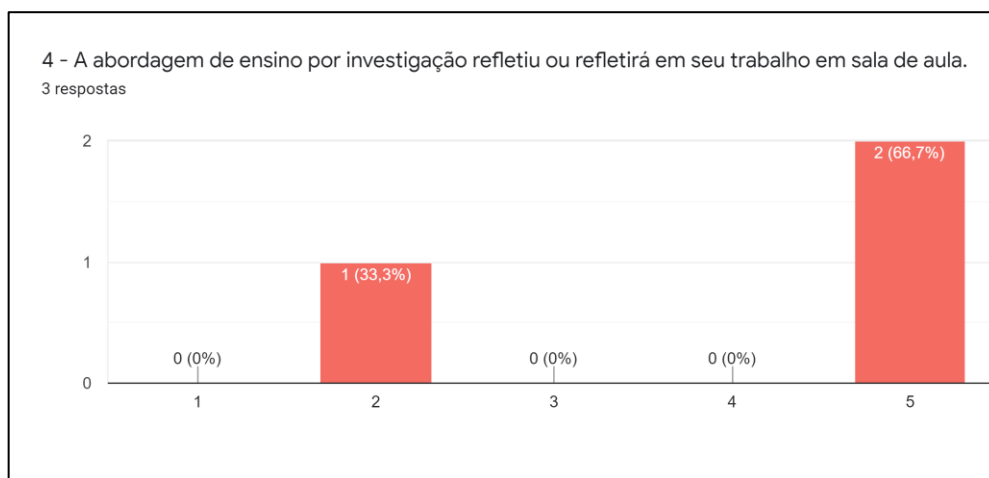
Apesar de todo contexto de atividade acadêmica em modo remoto, avalio como positiva minha experiência nessa pesquisa. A proposta didática proporcionou aos estudantes o uso do conhecimento científico, com exemplos de suas aplicações. Espero ter contribuído em todas as etapas propostas (D3).

A partir dessas declarações, foi possível constatar que os motivos pelos quais a pesquisa se mostrou interessante para os docentes foram distintos. O primeiro,

docente D2, relacionou o seu interesse com o entendimento de que não é só possível, mas também viável a adoção de outras práticas pedagógicas além daquelas já realizadas em sala de aula; a docente D4 reconheceu o favorecimento das interações estabelecidas a partir dessa proposta pedagógica para o seu próprio aprendizado e, por último, a docente D3 o fez a partir da identificação dessa abordagem para a aplicação do conhecimento científico.

Ainda sobre a percepção dos docentes acerca do ensino de ciências por investigação, quando perguntados acerca da influência dessa abordagem em suas práticas pedagógicas, dois docentes concordaram em dizer que ela refletiu ou refletirá em seu trabalho em sala de aula e apenas um declarou não concordar totalmente, como demonstrado na Figura 14.

Figura 14 – Respostas dos docentes quando perguntados acerca da influência do EnCI em suas práticas pedagógicas



Fonte: Resultados da pesquisa.

Mesmo que o número de docentes participantes tenha sido pequeno e, portanto, não represente a classe de docentes do nosso *campus*, arriscamos em dizer que ainda há resistências por parte de alguns dos docentes para o desenvolvimento desse modelo de abordagem como meio de mediação do processo pedagógico e construção do conhecimento. Carvalho (2015) relaciona essas resistências ao ensino exclusivamente tradicional ao qual foram submetidos em sua formação; às dificuldades em realizar as mudanças necessárias por desconhecerem os resultados

dessas práticas em suas aulas, o que causa sentimentos de desconforto e suspeita ao desenvolvê-las.

Como alternativa, a mesma autora sinaliza a necessidade também do construtivismo nos cursos de formação, de modo que possam superar suas concepções alternativas acerca do processo de ensino e aprendizagem, assim como ações metacognitivas que contribuem para “um desapego que autoriza críticas e permite a descentração, sendo, dessa maneira, uma atividade facilitadora na busca da reelaboração didática (CARVALHO, 2015, p. 10).

Por outro lado, ao darem sugestões para aplicação da sequência de ensino em contexto presencial, os professores declararam o seguinte:

Fazer com que os alunos realizassem a experimentação (D2).
Acredito que da mesma forma, contudo, teríamos mais possibilidades de diálogo, de ajuda mútua (D4).
Inicialmente, essa metodologia poderia ser publicizada, como apostila ou um guia, por exemplo. Além da realização de aulas práticas no Laboratório de Biologia e uma visita técnica para observação da técnica de eletroforese e suas aplicações. Finalmente, adicionaria uma apresentação prévia dos grupos, em separado, onde o docente poderia contribuir na resolução do caso investigativo apresentado (D3).

Conforme relatado, dois dos três professores colaboradores, D2 e D3, anunciaram a necessidade de os experimentos serem realizados em laboratórios, além do último sugerir a visita técnica à universidade de modo que os estudantes pudessem observar o experimento que envolve a eletroforese em gel de agarose e sua aplicação. Salientamos, no entanto, que, para a construção final do nosso produto educacional, essas sugestões foram consideradas. A docente D3 sinaliza também que o produto educacional seja publicado em forma de apostila ou de um guia. Esse dado nos revela uma avaliação positiva, assim como aceitação do nosso produto nesse contexto e, portanto, nos apresenta a necessidade de divulgá-lo como meio de incorporar outras metodologias de ensino e de estratégias pedagógicas na atuação dos docentes do *campus*, tendo em vista algumas dificuldades encontradas em sala de aula tanto por eles quanto pelos estudantes.

A docente D3, ainda, nos dá encaminhamentos para a realização de uma apresentação prévia dos grupos de modo que pudéssemos contribuir para a resolução do caso investigativo. Esse, de fato, seria um ótimo momento para que pudéssemos direcionar os estudantes a tomar consciência de como o caso investigativo foi

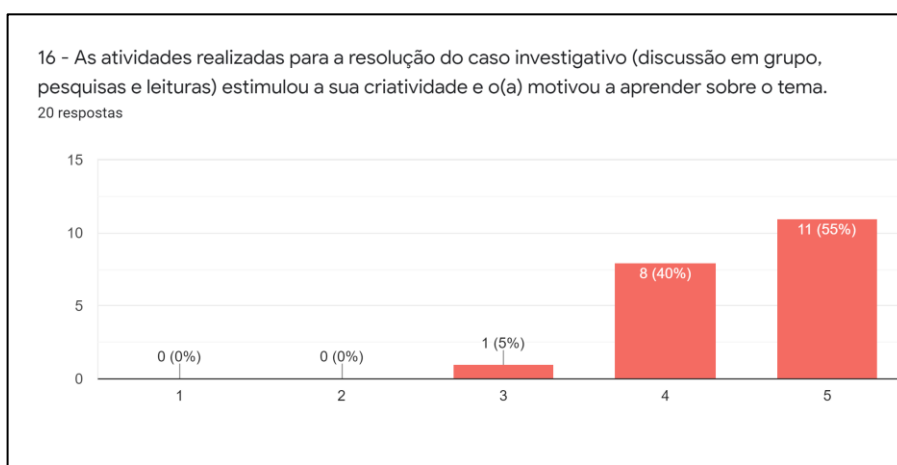
resolvido e o porquê suas ações os levaram a obter aquela determinada resposta, como nos alerta Carvalho (2018). Contudo, destacamos que, embora não tivéssemos tido a oportunidade de nos encontrar com os grupos de estudantes para que pudessem realizar uma apresentação anterior à do último encontro e proporcionar esse momento, procuramos acompanhá-los nesse sentido durante os encontros que foram realizados.

Por fim, depois de analisadas as concepções dos estudantes e dos professores colaboradores acerca do ensino de ciências por investigação, assim como o seu desenvolvimento a partir da aplicação do nosso produto educacional, passaremos a analisar as atividades realizadas pelos estudantes em grupo.

Essa etapa foi muito importante para esta pesquisa, uma vez que nos possibilitou oportunizar a eles a reflexão sobre a resolução do caso e, ao mesmo tempo, estabelecer as condições necessárias e um cenário propício ao debate argumentativo.

Ao serem questionados, por exemplo, acerca das atividades realizadas para a resolução do caso investigativo (discussão em grupo, pesquisas e leituras), 95% dos estudantes concordaram que elas contribuíram para a criatividade e a motivação para aprender sobre o tema, conforme sinalizado na Figura 15.

Figura 15 – Respostas dos estudantes quando perguntados acerca da influência das atividades realizadas para a resolução do caso investigativo e a motivação e criatividade apresentadas por eles



Fonte: Resultados da pesquisa.

O fato de termos oportunizado momentos em que fosse possível os estudantes argumentarem e sustentarem seus pontos de vista a partir da dialogicidade, da interatividade e dos conhecimentos científicos adquiridos nos possibilitou inseri-los na lógica e na prática científica e proporcionou a eles a chance de entenderem o que estava sendo estudado sob o ponto de vista da ciência.

Dos dados apresentados podemos inferir que esse movimento de dialogicidade, de negociação e exposição de pontos de vista proporcionado pela interação em grupo contribuiu para a resolução do caso investigativo e, portanto, para a construção dos argumentos científicos ao serem propostas soluções para o caso investigativo.

Outro aspecto a ser considerado durante esses encontros foram as dificuldades que alguns dos estudantes apresentaram ao trabalhar com uma situação problema cuja solução demanda reflexão e pesquisa ao mesmo tempo em que não apresenta uma resposta imediata. Isso foi demonstrado no último encontro da SEI quando debatíamos o caso investigativo:

Eu achava que todos acabariam nas mesmas conclusões porque o caso é o mesmo e só poderia ter acontecido uma coisa, óbvio, eu achava que era assim? ... e eu acabei de ver que não, porque cada um teve uma interpretação diferente, teve uma ideia diferente e isso até acabou levando muito mais além do próprio objetivo do projeto, foi muito mais do que isso, entendeu? (E5).

Dar ao caso investigativo uma única solução e fazer aulas práticas com as técnicas aprendidas (E15).

O exposto vai ao encontro do que Carvalho (2013) pontua acerca da dificuldade apresentada pelos estudantes e professores no que se refere à mobilização intelectual. Para a autora, em muitos casos, é muito mais fácil para os docentes abordarem os conteúdos de forma direta a “conduzir intelectualmente o aluno por meio de questões, de sistematizações de suas ideias e de pequenas exposições” (pág. 02), enquanto, para os estudantes, é muito mais fácil receber as informações prontas a se mobilizarem para a construção do seu próprio conhecimento.

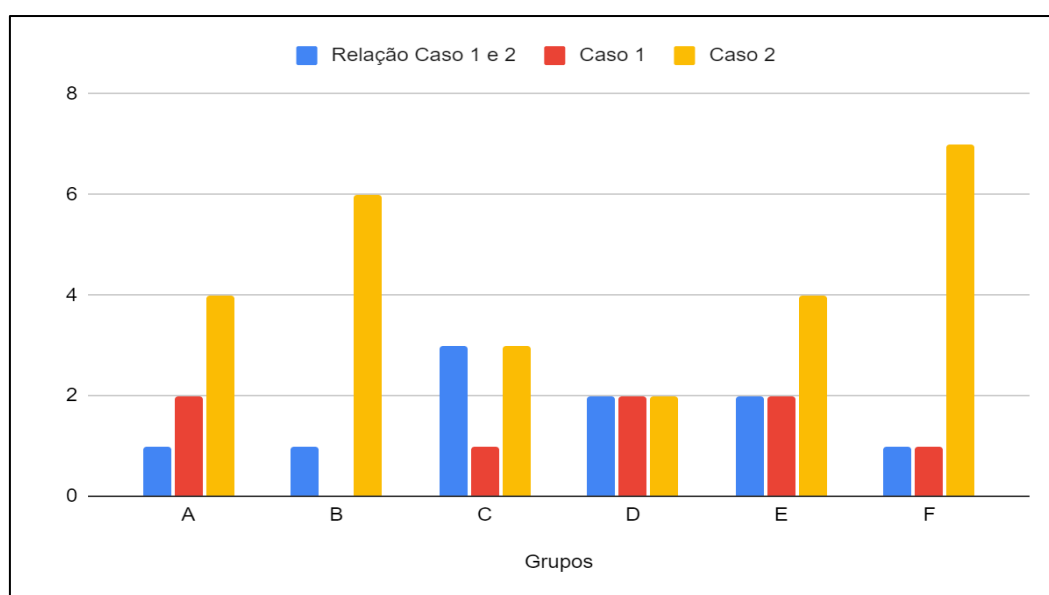
Para contornar essa dificuldade, propusemos, durante a pesquisa, assim como aconselha Carvalho (2013), instigar os estudantes a assumirem a condição de peritos e apropriar-se da situação problema de modo que a reconhecessem como sua

e, portanto, sendo interessante para eles de tal modo que se envolvessem na busca de soluções.

Isso foi evidenciado quando os grupos, ao participarem da proposta, se disponibilizaram a, a partir do reconhecimento da situação problema, proporem uma série de hipóteses na tentativa de explicação para resolução do problema proposto.

Na figura 16, apresentamos a quantidade de hipóteses propostas por nossos estudantes em relação aos casos um (1) e dois (2), assim como a maneira pela qual foram distribuídas entre os grupos.

Figura 16 – Demonstração do quantitativo de hipóteses propostas pelos grupos de estudantes ao solucionarem o caso investigativo



Fonte: Resultados da pesquisa.

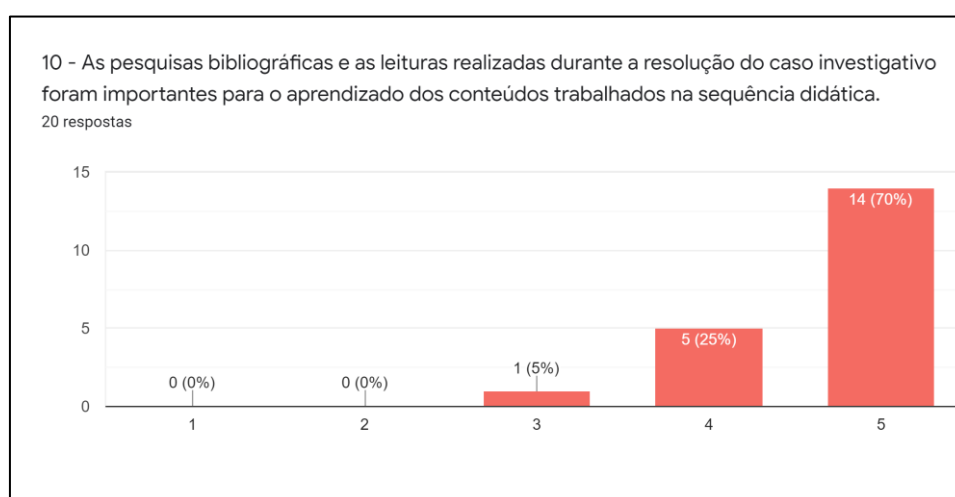
Embora todos os grupos mantivessem a hipótese que relacionasse os casos 1 e 2, com as análises, foi possível identificar que muitas delas, inicialmente apresentadas no Roteiro para Resolução do Caso Investigativo, foram excluídas do texto construído por eles, demonstrando-nos que, depois do processo de pesquisa e apreensão do conhecimento, eles mesmos perceberam que nem todas elas contribuíram para a elaboração das conclusões e resolveram desconsiderá-las. Fato esse muito importante porque, ao refletirem sobre os erros e caminhar no sentido de procurar a melhor alternativa para o caso investigativo, os estudantes construíram

novos conhecimentos, como nos indica Carvalho (2013). Para a autora, “o erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno, ensina mais do que muitas aulas expositivas quando um aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio” (CARVALHO, 2013, p. 2).

Essa fase do ciclo investigativo foi muito importante, porque propiciou aos estudantes a mobilização de seus conhecimentos prévios para dar explicações ao caso investigativo ao mesmo tempo em que foram estabelecidos momentos de diálogo e interação entre eles, uma vez que tiveram que negociar suas opiniões para estabelecer a explicação mais razoável para a resolução do caso em questão.

Após a proposição de hipóteses, os estudantes realizaram um intenso trabalho de pesquisa com a finalidade de irem em busca de dados secundários, de modo que pudessem sustentar as suas justificativas de forma científica. Percebemos, no entanto, que à medida que a utilizaram para responder ao caso investigativo, apreenderam os conteúdos trabalhados nas disciplinas de biologia, física e química, como demonstra a Figura 17.

Figura 17 – Respostas dos estudantes quando solicitados a relacionar as atividades realizadas para a resolução do caso investigativo e a aprendizagem dos conteúdos apresentados durante a SEI



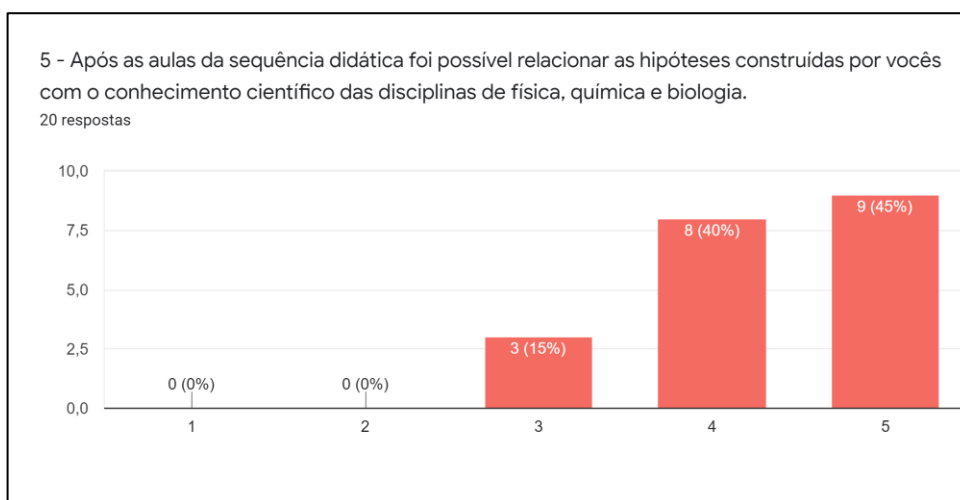
Fonte: Resultados da pesquisa.

Constatamos, portanto, que 90% dos estudantes concordaram sobre a importância das pesquisas e leituras para a apreensão do conhecimento científico e

isso refletiu sobremaneira na elaboração dos argumentos elaborados por eles, como demonstrado na seção anterior.

Os conhecimentos apreendidos a partir dessas práticas, assim como aqueles advindos das aulas da SEI foram importantes para os estudantes interpretarem os seus resultados na medida em que estabeleciam as relações entre as hipóteses e o corpo teórico das disciplinas em estudo, como sinalizado na Figura 18.

Figura 18 – Respostas dos estudantes ao serem questionados quanto à contribuição das aulas durante a SEI para relacionarem as hipóteses com os conhecimentos científicos apresentados



Fonte: Resultados da pesquisa.

Como demonstrado, 85% dos nossos estudantes assumiram que, depois da SEI, foram capazes de relacionar as hipóteses levantadas aos conhecimentos científicos, corroborando, assim, com Carvalho e Sasseron (2015), quando nos dizem que, a partir dessa relação, os estudantes são capazes de estabelecer explicações as quais podem ou não ser acompanhadas por garantias ou justificativas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O nosso produto educacional foi pensado inicialmente como material de apoio aos professores de ciências do Instituto Federal de Brasília interessados em dinamizar o processo de ensino e de aprendizagem dentro de uma lógica que é própria da cultura científica.

Porém, verificamos, no decorrer do processo, a necessidade de incorporação de conhecimentos pertencentes à língua portuguesa, bem como aspectos sociais e históricos relativos à ciência de modo a viabilizar ações que relacionassem as diferentes áreas do conhecimento, tendo em vista a necessidade de compreensão do tema proposto, assim como a elaboração dos argumentos.

Embora o produto tenha sido aplicado em contexto pandêmico e esse aspecto não tenha sido considerado um fator que inviabilizasse o alcance dos objetivos pretendidos com esta pesquisa, preconizamos a participação ativa dos estudantes em todas as etapas do processo investigativo de forma que os possibilite, a partir da aprendizagem conceitual, desenvolver habilidades características de práticas científicas.

Ressaltamos também que, ao inseri-los nessas práticas próprias da comunidade científica – compartilhamento e negociação de ideias; proposição de hipóteses; construção coletiva de explicações para a resolução do problema; avaliação e pesquisas; assim como a elaboração de justificativas para os argumentos – proporcionou aos estudantes participantes o engajamento, a curiosidade e a criatividade para encontrar a solução para o problema proposto, propiciando forte diálogo e interação dentro dos grupos para se alcançar os objetivos pretendidos.

Além disso, a aplicação do produto com essa abordagem de ensino contribuiu para a aprendizagem e o entendimento sobre a Ciência Forense, assim como os conhecimentos científicos acerca dos conteúdos relacionados às disciplinas envolvidas para a resolução do caso investigativo.

Destaca-se, ainda, que a proposta favoreceu o desenvolvimento da comunicação e da argumentação entre os estudantes pesquisados, tendo em vista a instauração de interações discursivas para a construção dos argumentos científicos entre os estudantes.

Sinalizamos, por consequência, que a elaboração dos argumentos entre os grupos de estudantes, evidenciados durante a análise, favoreceu que as dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais da ciência estivessem presentes ao longo das atividades propostas na SEI.

Concluímos, também, que esse fato se relacionou diretamente com o tipo de problema proposto e o grau de autonomia dada aos estudantes para que pudessem trabalhar com seus pares para proporem a melhor solução para o caso investigativo.

Porém, detectamos, inicialmente, entre alguns grupos de estudantes, a dificuldade na construção dos seus argumentos a partir dos conhecimentos científicos, assim como nas relações entre as disciplinas. E esse dado nos faz recomendar a importância de que a argumentação esteja explícita nos objetivos pretendidos no planejamento docente, de modo a favorecer a instauração de um espaço interativo de argumentação colaborativa no contexto do ensino de ciências, assim como indica Ferraz e Sasseron (2017b).

Acreditamos que o fato de o produto educacional e, portanto, a sequência didática ter tido como foco atividades investigativas tenha sido a motivação para que nossos estudantes se envolvessem com as discussões ocorridas entre os grupos e, assim, despertar as habilidades do letramento científico, como a proposição e seleção das hipóteses de modo a responder o caso investigativo; a organização e classificação das informações a partir das pesquisas realizadas; o raciocínio lógico e proporcional à medida que o conhecimento científico era construído; a justificativa e explicação para a conclusão, bem como a estruturação da linguagem científica para a comunicação dos seus resultados.

Destaca-se que, embora o desenvolvimento do projeto tenha apresentado resultados positivos com relação ao processo de ensino e aprendizagem de ciências, principalmente quando consideramos que os objetivos foram atingidos, na medida em que o EnCI se mostrou capaz de ampliar a visão dos alunos sobre a ciência, a interdisciplinaridade do tema abordado e, por consequência, a SEI, pelas atividades nela imbricadas proporcionarem a interação e o engajamento entre os estudantes, além da assimilação do conhecimento científico das áreas de biologia, física e química, salientamos a importância de estudos dessa temática no contexto da EPT, principalmente por considerar a escassez de trabalhos referentes ao ensino médio

técnico integrado.

De modo a contribuir para a integração da prática e da teoria assim como das disciplinas relacionados ao ensino propedêutico e técnico, recomendamos o planejamento do processo de ensino e aprendizagem com perspectivas investigativas de modo que os estudantes possam, a partir de uma visão mais ampla dos conteúdos das diferentes disciplinas presentes no currículo, realizar investigações e intervenções em cenários reais a partir da perspectiva científica.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, R. M. DE L.; FRIGOTTO, G. Práticas pedagógicas e ensino integrado. **Revista Educação em Questão**, v. 52, n. 38, p. 61-80, 15 ago. 2015.

BARATO, J. N. Conhecimento, trabalho e obra: uma proposta metodológica para a educação profissional. **Boletim Técnico do Senac**, v. 34, n. 3, p. 4-15, 2008.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Tradução: Luís Antero Reto; Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70, 2016. 279p.

BARIN, C. S.; MANZONI, J.; CORDENONSI, A. Z.; MENEGATTI, F.; GARCIA, T. Desafios do Ensino Remoto na Educação Profissional e Tecnológica. **Revista Educacional Interdisciplinar**, v. 9, n. 1, p. 21-35, 30 dez. 2020.

BORGES, T. D. B.; LIMA, V. M. R. Argumentação em sala de aula: aspectos favorecedores do seu desenvolvimento e aproximações com a educação pela pesquisa. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 12, n. 6, p. 1-17, 29 dez. 2021.

BRASIL. **Lei nº. 9.394, de 20 dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília: Senado Federal [1996]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: set. 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC/SEB, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>. Acesso em: set. 2021.

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. 5, p. 462-479, 2018.

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**, p. 1025-1059, 15 dez. 2018.

CARVALHO, A. M. P. Critérios estruturantes para o ensino das ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2015. p. 1-17.

_____. 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, 2013. p. 1- 20.

_____. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 765-794, 15 dez. 2018.

CARVALHO, A. M. P. DE; SASSERON, L. H. Ensino de Física por Investigação: Referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino sobre calor e temperatura. **Ensino em Re-Vista**, v. 22, n. 2, p. 249-266, 15 dez. 2015.

_____. Ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio e a formação de professores. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 43-55, dez. 2018.

CARVALHO, R.; DE-CARVALHO, P.; MIRANDA, S. O Ensino de Ciências por Investigação à luz da aprendizagem significativa. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 35, 30 mar. 2021.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 8. ed. Ijuí: Unijuí, 2018.

COHEN, M. C. R.; MARTINS, I. Aproximações entre fluxo da interação verbal e argumentação: análise de textos autorados por professores de ciências da escola básica In: NASCIMENTO, S. S.D.; PLANTIN (Org.). **Argumentação e Ensino de Ciências**. Curitiba: CRV, 2009.

CORADINI, N. H. K.; BORGES, A. F.; DUTRA, C.E.M. Tecnologia Educacional Podcast na Educação Profissional e Tecnológica. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar** (Mossoró), v. 6, n. 16, p. 2016-231, abril, 2020.

FEITOSA, M.C.; MOURA, P.S.; RAMOS, M.S. F.; LAVOR, O. P. Ensino Remoto: O que Pensam os Alunos e Professores? In: Congresso sobre Tecnologias na Educação (CTRL+E), 2020, Evento Online. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020, p. 60-68. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/ctrl/article/view/11383/11246>. Acesso em: 25 abr. 2022.

FERNANDES, G.; RODRIGUES, A. M. FERREIRA, C. A. Os fundamentos essenciais da argumentação no ensino de Ciências: um estudo a partir das unidades, elementos taxonômicos e qualidade do argumento. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 1020-1059, 18 dez. 2018.

FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 1, p. 42, 18 abr. 2017a.

FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover argumentação em aulas investigativas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 19, n. 0, 23 out. 2017b.

FRANCO, L. G.; MUNFORD, D. M. O Ensino de Ciências por Investigação em Construção: Possibilidades de Articulações entre os Domínios Conceitual, Epistêmico e Social do Conhecimento Científico em Sala de Aula. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, n. u, p., p. 687-719, jan. 2020.

GUIMARÃES, R. R.; MASSONI, N. T. Relato crítico de uma experiência didática acerca de uma temática científica aplicada na educação básica: algumas reflexões epistemológicas e a defesa de um ensino de ciências fundamentado na argumentação dialógica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 695-717, 12 ago. 2020.

INSTITUTO FEDERAL DE BRASÍLIA. **Plano de Curso. Curso Técnico em Eletromecânica Integrado ao Ensino Médio, 2014**. Disponível em: <[https://www.ifb.edu.br/attachments/article/6397/Resolu%
c3%a7%c3%a3o%2019%20-----PC_Integrado_Eletromec%
c3%a2nica.pdf](https://www.ifb.edu.br/attachments/article/6397/Resolu%c3%a7%c3%a3o%2019%20-----PC_Integrado_Eletromec%c3%a2nica.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2020.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E.D.A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U, 2018.

MOREIRA, J. R.; RIBEIRO, J. B. P. Práticas pedagógicas baseadas em metodologias ativas: aprendizagem sob a perspectiva do letramento informacional para o ensino na educação profissional. **Outras Palavras**, v. 12, n. 2, p. 93-113, 2016.

MOTOKANE, M. T. Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, n. spe, p. 115-138, nov. 2015.

OLIVEIRA, F. S.; Cruz, M. C. P. C.; SILVA, A. C. T. Desenvolvimento da argumentação em uma sequência de ensino investigativa sobre termoeletrônica. **Química Nova na Escola**, v. 42, n 2, p. 186-201, maio 2020.

PEDASTE, M. *et al.* Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, v. 14, p. 47-61, fev. 2015.

PEZARINI, A. R.; MACIEL, M. D. Argumentação no ensino de ciências por intermédio de um modelo didático misto: um produto educacional. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Ensino - Universidade Estadual do Norte do Paraná**, v. 5, n. 1, p. 79-108, 2021.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no ensino superior de química. *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 2035-2042, nov. 2007.

SANTOS, D. S.; NADALETTI, C. L.; SOARES, M. S. O ensino Médio Integrado à educação profissional: avanços e desafios. In: Silva, C. N. N.; Araújo, A. C (Org.). **Ensino Médio Integrado no Brasil: fundamentos, práticas e desafios**. Brasília: IFB, 2017.

SANTOS. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, v. 12, n. 36, p. 474-550, set./dez. 2007.

SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: Relações entre Ciências da Natureza e Escola. **Revista Ensaio**, v.17, n. especial, 49-67, nov. 2015.

_____. Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 1061-1085, 15 dez. 2018.

_____. Interações Discursivas e Argumentação em Sala De Aula: A construção de conclusões, evidências e raciocínios. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 22, e20073, p. 1-29, 2020.

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**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

_____. Uma Análise de Referenciais Teóricos sobre a Estrutura do Argumento para Estudos de Argumentação no Ensino De Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 13, n. 3, p. 243-262, dez. 2011.

_____. Ações e Indicadores da Construção do Argumento em aula de Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 15, n. 2, p. 169-189, ago. 2013.

SASSERON, L. S.; DUSCHL, R. A. Ensino de Ciências e as Práticas Epistêmicas: O papel do professor e o engajamento dos estudantes. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, p. 52-67, 2016.

SASSERON, L. H.; SOUZA, T. N. O Engajamento dos Estudantes em aula de Física: Apresentação e Discussão de uma Ferramenta de Análise. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 1, p. 139, 30 abr. 2019.

SAVIANI, D. Trabalho e educação: fundamentos ontológicos e históricos. **Revista Brasileira de Educação**, v. 12, n. 34, p. 152-165, abr. 2007.

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 25-41, dez. 2018.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; E SILVA, M. B. O Ensino por Investigação e a Argumentação em aulas de Ciências Naturais. **Tópicos Educacionais**, v. 23, n. 1, 16 mar. 2018.

SEDANO, L.; CARVALHO, A. M. P. DE. Ensino de Ciências por Investigação: oportunidades de interação social e sua importância para a construção da autonomia moral. Alexandria: **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 199, 30 maio, 2017.

SILVA, M. O. DA. A Interdisciplinaridade como uma possibilidade no processo ensino aprendizagem da Educação Profissional de nível Tecnológico para o mundo do trabalho. **Revista Brasileira de Educação Profissional e Tecnológica**, v. 2, n. 13, p. 13, 18 dez. 2017.

SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. Abordagem Temática Freireana e o Ensino de Ciências por Investigação: Possíveis Relações Epistemológicas e Pedagógicas. **Investigações e o Ensino de Ciências**, v. 19, n. 01, p. 141-162, dez. 2014.

SOUZA, D. A. Currículo e abordagens de ensino para a Física no curso Técnico Integrado em Edificações do Instituto Federal da Bahia a partir das Bases Teóricas da EPT. **Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 8, n. jan./dez., p. e189 - 322, 2022.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2011.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por Investigação: Eixos Organizadores para Sequências de Ensino de Biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 17, n. spe, p. 97-114, nov. 2015.

VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S. S. A Argumentação em Sala de Aula de Física: Limites e Possibilidades de Aplicação do Padrão de Toulmin In: NASCIMENTO, S. S.D.; PLANTIN (Org.). **Argumentação e Ensino de Ciências**. Curitiba: CRV, 2009.

VILANI, C. E. P.; NASCIMENTO, S. S. DO. A Argumentação e o Ensino de Ciências: Uma atividade experimental no laboratório didático de Física do Ensino Médio. **Investigações no Ensino de Ciências**, v. 8, n. 3, p. 187-209, 2003.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

O ensino de

CIÊNCIA FORENSE

UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA



DENISE DOS SANTOS BATISTA
MARCELO DE FARIA SALVIANO

2022



INSTITUTO FEDERAL DE BRASÍLIA
CAMPUS BRASÍLIA

CADERNO PEDAGÓGICO

O ENSINO DE CIÊNCIAS FORENSE: UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA





Sumário

1	Apresentação	4
2	Sequência de Ensino Investigativa (SEI)	7
3	Sequência Didática - Apresentação	10
3.1	Mesa Redonda	14
3.2	Conhecimentos da Biologia	23
3.3	Conhecimentos da Química	31
3.4	Conhecimentos da Física	38
3.5	Trabalhando o Caso Investigativo	45
3.6	Roda de Conversa	49
4	Avaliação	54
5	Referências Bibliográficas	59





Apresentação

Prezado Professor (a),

Apresentamos a você um caderno pedagógico intitulado “O ensino de Ciência Forense: uma abordagem investigativa”. Trata-se de um produto educacional fruto de uma pesquisa de mestrado realizada no âmbito do Programa de Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica (PROFEPT) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFB), localizado em Brasília/DF, assentado na linha de pesquisa Práticas Educativas em Educação Profissional e Tecnológica elaborado pela mestrande Denise dos Santos Batista sob a orientação do professor Dr. Marcelo de Faria Salviano.

Esse caderno pedagógico tem por objetivo apresentá-lo a uma sequência de ensino investigativa (SEI), bem como os pressupostos teóricos e metodológicos necessários para a sua construção. Baseada em uma perspectiva investigativa, ela teve como ponto de partida um caso investigativo relacionado à Ciência Forense em que os estudantes do terceiro ano do Curso Técnico Integrado ao Ensino Médio em Eletromecânica assumiram o papel de peritos criminais e percorreram as etapas de uma investigação científica para solucionarem o problema proposto.

Para tanto, foi necessária a apreensão dos conhecimentos das áreas da biologia, física e química além dos conhecimentos relacionados aos elementos estruturantes do processo investigativo e dos conhecimentos relacionados à produção de textos argumentativos.



Tomando-se como referência a abordagem de ensino de ciências por investigação (EnCI), pretendeu-se aproximar os estudantes da cultura científica e, portanto, colaborar para a apropriação dos conhecimentos da ciência e sobre a ciência de modo que possam articulá-los em contextos sociais, potencializando a compreensão acerca da própria realidade e da sociedade o qual estão inseridos.

De modo a termos condições de criar um ambiente investigativo em que seja possível contribuir para o engajamento dos estudantes para as atividades e habilidades do Letramento Científico, recorreremos à proposta elaborada por Carvalho (2013) adaptada para o nosso contexto, ensino de ciências, assim como o ciclo investigativo de Pedaste et al (2015).

O instrumento em tela como material de apoio pedagógico para os docentes que pretendem trabalhar a partir da perspectiva investigativa busca sugerir, para o contexto de aulas de ciências, possibilidades de desenvolvimento de práticas pedagógicas que extravasam o contexto atual tendo em vista que prioriza que o estudante, no plano social da sala de aula, possa interagir com os objetos de aprendizagem de modo a compartilhar e negociar ideias, propor hipóteses para a resolução do problema, assim como elaborar justificativas baseadas nos conhecimentos científicos trabalhados, além da aquisição de competências sociais e de comunicação.

De posse dessas habilidades, os estudantes caminham no sentido de realizar investigações e intervenções em situações reais a partir da perspectiva científica tendo em vista que o ENCI proporciona uma aprendizagem a partir das dimensões aprender ciência”, “aprender a fazer ciência” e “aprender sobre ciências”.



O caderno pedagógico está organizado em dois capítulos: o primeiro refere-se aos pressupostos referenciais para a elaboração e implementação de uma sequência de ensino investigativa e, por último, a SEI aplicada ao contexto da nossa pesquisa como estratégia pedagógica para suscitar habilidades do LC a partir do processo investigativo.

Salientamos que o tema aqui proposto serviu de pano de fundo para a investigação a que se propôs. Porém, o docente pode, conforme a necessidade e realidade do seu trabalho, implementá-lo em vários contextos e níveis de ensino de modo que os pressupostos teóricos e metodológicos dessa abordagem sejam contemplados.

Em vista do que foi dito, destacamos que a referida proposta se caracteriza como um recurso didático com o objetivo de promover aos professores e aos estudantes um estímulo para o processo de ensino e aprendizagem no contexto das aulas nas disciplinas de biologia, física e química na medida que se desenvolve um ambiente de interação a partir do processo investigativo.



Sequência de Ensino Investigativa (SEI)

A SEI a que se propôs esse trabalho procurou dialogar com os pressupostos da investigação bem como os da argumentação a partir do EnCI no contexto das disciplinas de biologia, física e química.

De modo a criar um ambiente investigativo onde fosse proporcionar aos estudantes atividades relacionadas ao questionamento, a investigação e a resolução do caso investigativo proposto propusemos essa estratégia de ensino de acordo com a proposta de Carvalho (2013) adaptada para o nosso contexto, ensino de ciências e Pedaste et al (2015).

Baseados em pressupostos próprios da epistemologia da ciência, como a produção, comunicação, avaliação e legitimação de ideias (Sasseron, 2020), Carvalho (2013) sugere que na elaboração de uma sequência didática que visa a investigação sejam consideradas as seguintes etapas:



PROPOSIÇÃO DO PROBLEMA

De cunho experimental ou não, o seu objetivo é engajar os estudantes na sua resolução ao mesmo tempo que direciona as atividades pedagógicas.



SISTEMATIZAÇÃO

Refere-se ao momento no qual os estudantes são convidados a (re) construir o seu conhecimento em torno do tema e/ou conteúdo que estão sendo trabalhados pelos docentes.



CONTEXTUALIZAÇÃO

Momento no qual os estudantes têm a oportunidade de relacionar os conhecimentos científicos às situações do seu cotidiano.



Outro ponto a ser destacado na elaboração da SEI é como os estudantes serão avaliados. Além de destacar a necessidade de uma atividade avaliativa a cada ciclo, Carvalho (2018) nos orienta que ela seja formativa de modo que tanto os estudantes quanto o professor possam avaliar se estão ou não aprendendo e também possibilitar que esse último possa direcionar, a partir dos resultados, a sua prática pedagógica.

A SEI também deve permitir “interações com outros mais experientes nos usos das ferramentas intelectuais” (CARVALHO, 2018, p. 5) principalmente aquelas entre docente e estudante, uma vez que a partir delas é possível suscitar habilidades argumentativas e, por consequência, ao letramento científico.

Tomando como parte do processo as interações circunscritas nessa perspectiva de ensino e considerando o papel essencial dos estudantes nessa abordagem, recorreremos, também, ao estudo de Pedaste et al (2015) acerca do EnCI para a elaboração e aplicação das atividades investigativas no contexto da nossa pesquisa.

Pedaste e colaboradores (2015) propuseram o “Ciclo Investigativo” cuja estrutura alcança tanto as características dos ciclos de investigação do ponto de vista da aprendizagem, ou seja, a partir da perspectiva do estudante, quanto o seu processo de desenvolvimento, como explicitado abaixo:

- ◆ **Orientação:** O docente apresenta o tema que norteará a investigação ao mesmo tempo que estimula a curiosidade dos estudantes para explorá-lo;
- ◆ **Conceituação:** Os estudantes são estimulados a elaborar as questões de investigação e a proporem as hipóteses;



- ♦ **Investigação:** os estudantes coletam dados e informações por meio das mais diversas estratégias em resposta ao problema e as questões levantadas para estabelecer algumas interlocuções teóricas;
- ♦ **Conclusão:** a partir do processo de reflexão e discussão os estudantes elaboram as suas explicações de acordo com os conhecimentos adquiridos.

Salientamos que as subfases de discussão, reflexão e comunicação permearam todo o processo investigativo.

No próximo capítulo apresentaremos a SEI desenvolvida no contexto da nossa pesquisa, assim como as etapas que a compuseram.



SEI - O ensino de Ciências Forense: Uma Abordagem Investigativa

Tendo em vista as dificuldades que os estudantes apresentam no tocante à compreensão da linguagem científica; explicação dos fenômenos cientificamente além de não apresentarem os conhecimentos e habilidades científicas apropriadas para compreender a natureza da ciência e o seu papel na sociedade, nos propusemos nesse trabalho a realizar uma sequência de ensino com pressupostos investigativos de modo a suscitar competências do Letramento Científico bem como o engajamento nas disciplinas de biologia, física e química.

De modo a tornar as aulas mais atrativas e contextualizadas, elaboramos um caso investigativo como situação problema cuja temática inseriu-se no cenário de crimes e, portanto, envolveu a Ciência Forense.

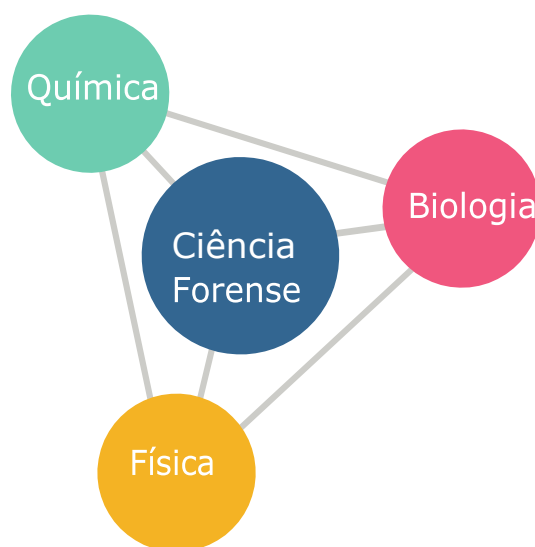
Santos e Ribeiro (2020) pontuam que o interesse nessa área vai além das esferas oficiais. Com a exibição de séries americanas como CSI (*Crime Scene Investigation*), esse assunto tem despertado o interesse nos jovens e também tem se apresentado como estratégia potencial para o ensino de ciências, uma vez que, para sua compreensão, é necessário se aproximar de conteúdos de diversas áreas de conhecimento.



Assim, as atividades propostas seguiram uma sequência de seis etapas: a primeira etapa diz respeito ao momento destinado à apresentação do tema e do caso investigativo aos estudantes. As etapas dois, três e quatro, abordamos os conhecimentos das áreas de biologia, física e química, respectivamente. A quinta objetivou a sistematização do conhecimento assim como a produção do texto e, por último, etapa 6 foi o momento no qual os estudantes tiveram a oportunidade de comunicar e debater seus resultados. A seguir serão apresentadas todas essas etapas bem como seu detalhamento.



3 ° ANO DO CURSO TÉCNICO INTEGRADO AO ENSINO MÉDIO EM ELETROMECAÂNICA



Objetivo Geral:

- Contribuir para o Letramento Científico a partir do ensino de ciências por Investigação.

Objetivos Específicos:

- Estabelecer relação entre os conceitos físicos, químicos e biológicos para a resolução dos casos investigativos;
- Discriminar técnicas utilizadas pela perícia criminal; Analisar perfis genéticos;
- Reconhecer a importância de Bancos de Perfis Genéticos Criminal; Especificar as hipóteses relacionadas ao caso investigativo; Apontar as evidências para a resolução dos casos investigativos; Formular explicações para as hipóteses;
- Relacionar as explicações com o conhecimento científico;
- Comunicar e justificar as estratégias de resolução dos casos investigativos; Desenvolver práticas de leituras, escrita e pesquisa que habilitem a aprendizagem e argumentação;
- Desenvolver atitudes científicas (questionar, investigar, resolver problemas e construir explicações);
- Perceber a dimensão coletiva do trabalho científico; Discutir a natureza da Ciência.



INDICAÇÕES PARA O SEU DESENVOLVIMENTO

A sequência de ensino por investigação (SEI) aqui proposta pode ou não estar relacionada ao cronograma e aos conteúdos do currículo. Uma vez considerada para aplicação durante o desenvolvimento das aulas, sugere-se que seja desenvolvida de acordo com o que será exposto.

Por outro lado, se a opção dos professores envolvidos for por atividades paralelas ao currículo, sugere-se que o desenvolvimento dos processos de investigação e de construção dos textos seja no período oposto ao das atividades regulares da escola.

De todo modo, ao considerar a interdisciplinaridade na estratégia elaborada, é importante somar às atividades próprias das áreas de conhecimento da biologia, da física e da química, aquelas com o objetivo de desenvolver o processo argumentativo e investigativo.

Os casos investigativos propostos atuarão no gerenciamento de todas as atividades, sejam elas durante ou paralelas à SEI. Despertada a curiosidade, os estudantes, como peritos criminais, desenvolverão atividades próprias do fazer científico (observar, levantar dados, pesquisar, discutir o(s) problemas, aplicar os conhecimentos científicos para resolvê-los; apresentar soluções utilizando a linguagem científica, argumentar e contra-argumentar, julgar os resultados obtidos, confrontando-os com os seus pares e comunicá-los, de forma escrita e oral) de modo que ao exercitarem essas habilidades estarão mais próximos de desenvolver atitudes investigativas perante a realidade, buscando, sobretudo, soluções e propondo alternativas para questões de relevância pessoal e social.

MESA REDONDA DESVENDANDO A CIÊNCIA

OBJETIVOS DA AULA

- ♦ Identificar a importância do trabalho interdisciplinar;
- ♦ Relacionar os produtos da ciência e o impacto destes na sociedade;
- ♦ Identificar a importância da ciência forense na elucidação de crimes;
- ♦ Relacionar as palavras da tempestade de ideias com as técnicas utilizadas em laboratório e em campo por uma perita criminal; relacionar as técnicas com o caso investigativo.

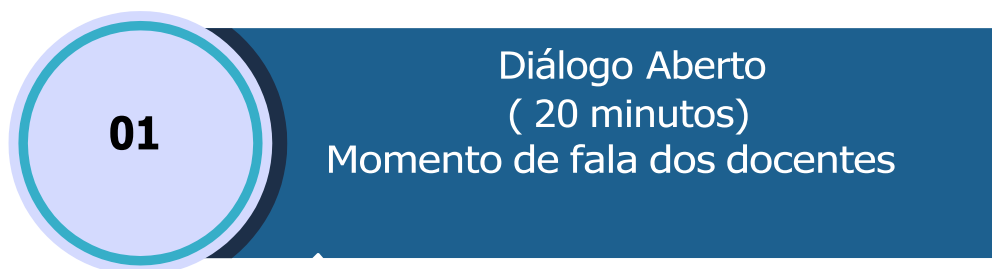
CONTEÚDO(S)

Ciência Forense e suas implicações - contextualização

RECURSOS

Computador, internet, *MindMeister*, apresentação google e roteiro para Resolução do Caso Investigativo e caso investigativo: Há Crime Perfeito?.

ATIVIDADES

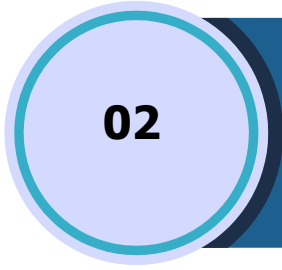


Neste primeiro momento contaremos com a presença dos docentes de biologia, física e química para um debate aberto cuja temática inicia-se com a importância das ciências e o impacto de cada uma das áreas para a elucidação dos casos investigativos.

Esse olhar diversificado sobre os conhecimentos da ciência e sobre a ciência permitirá, de certo modo, restabelecer a unidade dos conhecimentos que serão trabalhados durante a sequência de ensino investigativo assim como permitir que os estudantes tomem conhecimento de como as questões científicas em debate podem ser inspiradoras para problematizar a realidade a qual pertencem e, sobretudo, desenvolverem métodos para solucionar problemas reais.

MESA REDONDA

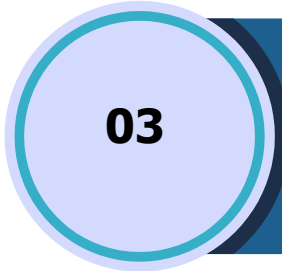
DESVENDANDO A CIÊNCIA



02

Motivação e
Levantamento de Conhecimentos
Prévios
(30 minutos)

No segundo momento, atividade 2, procuraremos preparar os estudantes para compreender o que será estudado e, para tanto, lançaremos mão de uma tempestade de ideias para a identificação dos conhecimentos prévios acerca da ciência forense e o processo investigativo a partir do MindMeister. Nesse, a pergunta “O que você entende por Ciência Forense?” norteará as discussões com a perita que ocorrerá na atividade 3.



03

Problematização Inicial -
Como a Ciência Forense está
relacionada com a elucidação de
crimes? (60 minutos)

Esta etapa a qual chamamos de problematização inicial, contará com a presença de um(a) perita criminal, que contribuirá para instigar discussões e debates acerca de elementos da perícia criminal. Neste momento, os estudantes terão a oportunidade de, a partir de um diálogo aberto, conhecer a profissão de um perito criminal, quais atividades desenvolvidas por ele, a importância dessa área para as investigações criminais e estabelecer relações com o que propuseram como respostas na tempestade de ideias e confrontá-las com o que está sendo exposto pela perita.

MESA REDONDA

DESVENDANDO A CIÊNCIA

04

Apresentação da Situação
Problema
Caso Investigativo
(20 minutos)

Apresentaremos aos estudantes os casos investigativos. Um aluno da turma será convidado a realizar a leitura de modo que todos possam ouvi-lo e anotar as principais dúvidas que possam surgir.

Em seguida, o professor dividirá a turma em 6 grupos de cinco alunos e os solicitarão que elejam um líder por grupo. Feito isso, será explicado como será construído o roteiro para a resolução do caso investigativo e as datas para entrega deste e da apresentação oral.

05

Elementos Estruturantes da
Investigação
Exposição Teórica
(20 minutos)

Será explanado aos estudantes cada uma das etapas estruturantes do processo investigativo: planejamento, definição de hipóteses, possibilidades de resolução, sistematização e contextualização do conhecimento, produção argumentativa e comunicação oral. Salientando que em cada uma das aulas da sequência essas etapas serão retomadas para que eles tenham a oportunidade de discutir e apresentar ao docente o andamento das atividades para a resolução do caso investigativo proposto.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

1ª ETAPA

ATIVIDADE 1 - DIÁLOGO ABERTO

Neste momento, independentemente das aulas que servirão de apoio para o debate, sejam elas as de biologia, as de física ou as de química, já que se trata de um trabalho interdisciplinar, o professor regente iniciará como mediador da mesa de modo que possa orquestrar as falas e os diálogos que se seguirão.

ATIVIDADE 2 – LEVANTAMENTO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

1. Com o uso de tecnologias digitais (computadores, tablets ou celulares)

1º) O professor disponibilizará o link do *MindMeister* aos estudantes de modo que possam acessá-lo e inserir suas concepções alternativas ou conhecimentos prévios acerca do tema em debate. Para tanto, os estudantes serão instruídos de como a ferramenta poderá ser utilizada ao mesmo tempo em que as perguntas norteadoras serão explicitadas;

2º) Finalizado o tempo destinado às contribuições dos estudantes, o professor projetará no quadro o mapa que foi construído por eles simultaneamente e, em seguida, as lerá para que tenham uma visão mais detalhada do que foi inserido no mapa construído.

2. Sem o uso de tecnologias digitais

1º) O professor organizará a sala em formato circular e indicará um aluno para realizar as inscrições das falas e cronometrar o tempo;

2º) Ele também escreverá as perguntas norteadoras da dinâmica no quadro e as concepções alternativas ou conhecimentos prévios dos estudantes acerca do tema.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

1ª ETAPA

3º) Com a ajuda dos estudantes, o docente organizará e categorizará as ideias surgidas durante a atividade;

4º) Finalizado o tempo destinado às contribuições, o professor as lerá para que tenham uma visão mais detalhada do que foi inserido no mapa construído.

Questões norteadoras para a discussão:

O que você entende por Ciência Forense?
Como a Ciência Forense estaria relacionada com a investigação criminal?
Conhece alguma técnica utilizada na área forense? Se sim, qual ou quais seriam e por qual meio obteve essa informação?

ATIVIDADE 3 - PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL COMO A CIÊNCIA FORENSE ESTÁ RELACIONADA COM A ELUCIDAÇÃO DE CRIMES?

1º) Caso o profissional, perito criminal, não esteja no local de debate, convidá-lo e apresentá-lo aos estudantes;

2º) O perito deverá ser instruído previamente acerca da proposta do trabalho e das atividades que comporão toda a sequência de ensino investigativa de modo que possa planejar a sua fala em torno dos seguintes aspectos: apresentação de conceitos iniciais, local do crime, ciência forense, perfil do profissional e técnicas utilizadas na área forense, diferença entre evidência e vestígio, coleta de materiais, áreas afins, laudo pericial e etc.

3º) Após o término da palestra, abre-se um momento de fala aos estudantes para que possam relacionar o que sugeriram como conhecimentos prévios com o que foi exposto pelo perito criminal.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

1ª ETAPA

ATIVIDADE 4 - APRESENTAÇÃO DA SITUAÇÃO PROBLEMA

CASO INVESTIGATIVO: “HÁ CRIME PERFEITO?”

1º) O professor dividirá a turma em 5 ou 6 grupos, dependendo da quantidade de alunos, e os solicitará que elejam um líder por grupo;

2º) Entregar, para cada um dos estudantes, os casos investigativos;

3º) Convidar um aluno da turma, escolhido de forma aleatória ou indicado por eles, para a realização da leitura de modo que todos possam ouvi-lo e anotar as principais dúvidas que possam surgir.

4º) Esclarecer as eventuais dúvidas que possam surgir e explicar como deverá ser preenchido o roteiro para a resolução do caso investigativo e as datas para entrega deste e da apresentação oral;

Sugestão: a depender da disponibilidade de aulas de cada um dos professores envolvidos na SEI, propõe-se que, além daquelas, sejam realizados cinco encontros com cada um dos grupos, para serem trabalhadas cada uma das etapas descritas no roteiro para a resolução do caso investigativo, são elas:

Etapa 1: explorar o caso investigativo

Etapa 2: proposição de hipóteses

Etapa 3: proposição de procedimentos

Etapa 4: análise dos resultados obtidos

Etapa 5: construção do texto argumentativo

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

1ª ETAPA

ATIVIDADE 5 - ELEMENTOS ESTRUTURANTES DA INVESTIGAÇÃO

Com o intuito de aproximar os estudantes de processos investigativos, é importante que o professor realize, mesmo que sucintamente, explicações acerca dos propósitos de ações na investigação, assim sejam: planejamento, definição de hipóteses, possibilidades de resolução, sistematização do conhecimento, produção argumentativa e comunicação oral para que os estudantes possam se familiarizar com essas atividades a fim de terem elementos para a construção do texto, atividade essa, objeto de comunicação, das soluções dos casos investigativos.

CASO INVESTIGATIVO: “HÁ CRIME PERFEITO?”

Caso 1

No mês de novembro de 2019 foi noticiado exaustivamente pelas principais emissoras do Local A um assalto a uma agência bancária da cidade. Em nota oficial, as autoridades de segurança afirmaram que estavam envolvidos três suspeitos fortemente armados com fuzis, que a ação durou mais de uma hora e fez uma refém deixada a poucos quilômetros do local, na região rural da cidade.

A polícia, até aquele momento, localizou um dos veículos usados na fuga, onde foi encontrada uma touca ninja, conhecida também como balaclava, e pequenas manchas avermelhadas.

Em depoimento, a refém afirmou que os bandidos fugiram em outro veículo de cor clara, o qual já estava à espera na região rural da cidade. A testemunha não soube relatar outras características do veículo.

Caso 2

Na cidade vizinha, Local B, após poucas horas do ocorrido no Local A, foi registrado, também, um assalto a uma das agências bancárias dessa cidade. Porém, nesse caso, os ladrões sequestraram a gerente do banco.

Em outro evento na região, os bombeiros acionaram a polícia após constatarem que no incêndio ocorrido nessa cidade havia uma vítima carbonizada com indícios de que estava amordaçada. No local do incêndio foi localizado ainda um documento de identificação de um homem, próximo ao portão da casa, e observou-se, ainda, gotas de sangue no quintal do imóvel.

Em vistoria preliminar, os bombeiros notaram que embora a qualidade dos materiais utilizados na instalação elétrica fosse adequada (condutores, disjuntores, tomadas, interruptores e quadro elétrico), o proprietário não se preocupou com o projeto elétrico e sua execução, o que provavelmente contribuiu para o incêndio.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

1ª ETAPA

Em entrevista aos moradores próximos, uma das vizinhas apontou os seguintes fatos aos policiais quando lhe perguntaram:

Policial: - Você viu o que aconteceu?

Vizinha: - Eu notei gritos e um cheiro de fumaça muito forte. Quando saí à rua, observei que um carro de cor prata havia deixado o local do incêndio em alta velocidade com três pessoas.

Policial: - Você conhecia os moradores dessa casa?

Vizinha: - Não os conhecia, contudo esta casa estava para alugar há poucos dias atrás.

Mediante o relato dos policiais, o delegado daquela cidade resolveu imediatamente acionar o IGP (Instituto Geral de Perícias) na tentativa de buscar soluções para aqueles casos ocorridos na cidade de Goiás.

O Diretor do IGP da cidade, Paulo José, resolveu convocar a sua equipe de peritos criminais para relatar os fatos aos demais policiais:

- Na balaclava encontrada no veículo do primeiro roubo havia manchas vermelhas;
- A refém do assalto ao banco do Local A foi deixada com vida na região rural, a qual relatou que os bandidos embarcaram em um carro de cor clara.
- A gerente do banco sequestrada durante o assalto no Local B não foi localizada até então;
- Há uma vítima encontrada carbonizada com indícios de que estava amordaçada;
- No local do incêndio foi encontrado um documento de identificação e gotas de sangue no quintal;
- A vizinha ao local incendiado afirmou que viu três pessoas em um carro prata, saindo em alta velocidade, pouco depois de iniciado o incêndio.

Em vista dos fatos relatados até então, vocês como peritos criminais ficarão incumbidos de realizar um estudo técnico científico para elucidar os casos e, ao final das investigações, apresentarão um texto que conste as evidências e as análises realizadas pelo Instituto de Criminalística e Análise Forense.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

1ª ETAPA

Quadro 1 - Atividades do Roteiro para Resolução do Caso Investigativo

Atividades	Descrição
1ª. Etapa: Exploração do Caso Investigativo	Leitura do caso investigativo; destacar as palavras desconhecidas; apresentar concepções prévias associadas ao tema proposto: Ciência Forense; Destacar as “pistas” encontradas no texto.
2ª. Etapa: Proposição de Hipóteses	Elaborar proposições afirmações/respostas), a partir das pistas encontradas na etapa anterior, para a resolução provisória do caso investigativo.
3ª. Etapa: Proposição de Procedimentos	Pesquisar referências envolvidas no problema (o processo de pesquisa estará voltado para a procura de evidências que comprovem, sustentem ou refutem as afirmativas elaboradas na etapa anterior); Considerar os resultados da pesquisa e relacioná-los com as hipóteses levantadas; esquematizar as possibilidades de resolução do caso investigativo (confrontar as ideias com os colegas, comparar, estabelecer relações e observar o que deve ser considerado para a resolução do caso investigativo).
4ª. Etapa: Análise dos Resultados	Considerar os resultados da pesquisa e relacioná-los com o caso investigativo; confrontar as ideias iniciais com as assumidas após a realização da pesquisa; verificar se responde ao problema/questão proposta; formular explicações para cada hipótese levantada e registrar as informações na ficha de planejamento.
5ª. Etapa: Construção do Texto	Construção do texto de acordo com as seguintes determinações: (I) apresentar as informações obtidas durante todo o processo de modo detalhado, sistemático e crítico; (II) Utilizar a linguagem científica (termos ou conceitos); (III) apresentar as Técnicas Forenses utilizadas; (IV) apresentar e explicitar as hipóteses trabalhadas; (V) relacionar logicamente os dados e as conclusões; (VI) Argumentar Cientificamente e (VII) aplicar as três áreas do conhecimento (biologia, física e química).

CONHECIMENTOS DA BIOLOGIA

Nesta etapa, assim como nas demais, os estudantes terão a oportunidade de retomar alguns conhecimentos da biologia e, em específico, os da genética, particularmente por assumirem um papel importante na investigação e elucidação de crimes.

A biologia forense, como estratégia metodológica para o ensino de genética, nos servirá de apoio para a resolução dos casos investigativos uma vez que nele há vestígios de sangue, corpo carbonizado, impressões digitais e, portanto, se faz necessário abordar as técnicas de extração de DNA, PCR, análise dos perfis de DNA e banco de dados com perfis genéticos para que a perícia técnica, os estudantes, possa ter recursos para relacionarem os casos 1 e 2, sugestão de identificação de autoria ou autorias dos crimes e, por fim, na resolução dos casos em questão.

De modo a contribuir para a resolução dos casos investigativos, nesta etapa, serão abordados além das propriedades físico-químicas do DNA e sua forma de transmissão da herança genética, também os serão a detecção de polimorfismo presente nessa molécula para fins de identificação de suspeitos em casos de crimes sexuais, identificação humana, em testes de paternidade e os três tipos principais de testes utilizados na investigação forense (extração de DNA, amplificação pela técnica de PCR e análise/leitura dos perfis genéticos obtidos).

Levando em consideração as discussões que norteiam o armazenamento de uma grande quantidade de informações genéticas em banco de dados (Banco de Perfis Genéticos Criminal Brasileiro) e o seu uso no auxílio às investigações criminais, elucidação de crimes e identificação civil, sugere-se que esse tema seja alcançado uma vez que a vulnerabilidade de privacidade e a autonomia dos sujeitos analisados estão em jogo.

CONHECIMENTOS DA BIOLOGIA

OBJETIVOS DA AULA

- ♦ Extrair DNA do morango;
- ♦ Descrever as etapas de amplificação do DNA (PCR); Correlacionar
- ♦ a(s) evidências encontradas na cena do crime com a identificação de perfis genéticos;
- ♦ Analisar o polimorfismo genético;
- ♦ Explorar o caso Investigativo;

RECURSOS

Protocolos de Extração de DNA; texto “O poder da informação Genética”; vídeo “Técnicas de Biologia Molecular - PCR; ficha de Planejamento - “Roteiro para a Resolução do Caso Investigativo”, computador, internet

CONTEÚDO(S)

Propriedades físico-químicas do DNA, hereditariedade, polimorfismo genético (marcadores genéticos) e bioética.

CONHECIMENTOS DA BIOLOGIA

ATIVIDADES

PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Como é possível identificar pessoas a partir do DNA? Quais técnicas são utilizadas nesse processo?

Qual a importância da biologia na ciência forense?

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - 2ª. ETAPA DA SEI

1. Inicia-se com a apresentação dos conteúdos e dos objetivos que serão trabalhados durante a aula;
2. Em seguida, retomando as questões debatidas no primeiro encontro e para fins de problematizar a importância da biologia para as investigações criminais e civis e na elucidação de crimes, os estudantes serão instigados a responder aos seguintes questionamentos: Como é possível identificar pessoas a partir do DNA? Quais técnicas são utilizadas nesse processo? Qual a importância da biologia na ciência forense? O quanto estariam seguras as informações nos bancos de dados genéticos?
3. Neste momento o educando, a partir do que foi exposto, por ele pelo professor, relacionam, questionam e estabelecem conexões com o que foi exposto e as concepções alternativas apontadas na aula anterior;
4. Em seguida, o docente distribuirá aos estudantes o texto intitulado “O poder da informação Genética” disponível em: Casa das Ciências - Laboratório Virtual de Biotecnologia (casadasciencias.org), Guia do Professor, para a realização de uma leitura colaborativa e debate sobre o tema.

CONHECIMENTOS DA BIOLOGIA

2.1

Extração de DNA Duração: 70 minutos

A depender da realidade da escola esta atividade poderá ser realizada de duas maneiras: em laboratório ou em sala de aula. Mesmo que essa seja a alternativa disponível sugere-se que os estudantes a realizem a fim de que, por meio da experimentação, possam adquirir habilidades processuais ligadas ao fazer científico, tais como: observação, manipulação, medição, formulação de hipóteses, registros, interpretação de dados, conclusões, comunicação e etc.

1. O professor organizará os estudantes em grupos pequenos;
2. Disponibilizará para cada um deles a ficha de protocolo para execução do experimento e os materiais e produtos necessários para a execução;
3. Instruí-los a registrarem cada etapa de extração, o que está sendo observado e o papel de cada reagente;
4. A fim de exporem as suas ideias acerca do experimento, o professor pode suscitar os seguintes questionamentos:
 - ♦ De que forma os reagentes utilizados interferem nas propriedades físico-químicas das moléculas de DNA?
 - ♦ Porque o DNA não pode ser visto como uma dupla hélice e sim como um emaranhado de filamentos que correspondem ao DNA? Qual equipamento nos proporciona visualizarmos o formato tridimensional da dupla hélice?

CONHECIMENTOS DA BIOLOGIA

5. E, por fim, o professor pode revisar com os estudantes a estrutura tridimensional da molécula de DNA, ressaltando o grupo fosfato, a pentose (desoxirribose) e as bases nitrogenadas (adenina, timina, citosina e guanina). Explicar, também, o importante papel no armazenamento das informações genéticas assim como para a identificação de perfis genéticos.

6. Destacar quais os tipos de amostras encontradas em local de crime podem ser utilizadas para a extração de DNA.

PROTOCOLO DE EXTRAÇÃO DE DNA DA BANANA

DISPONÍVEL EM:

[HTTPS://SIGPIHID.UFPR.BR/SITE/UPLOADS/INSTITUTION_NAME/CKEDITOR/ATTACHMENTS/1398/_PIHID_-_ROTEIRO_DE_AULA_PR_TICA_-_EXTRA__O_DE_DNA_VEGETAL.PDF](https://sigpihid.ufpr.br/site/uploads/institution_name/ckeditor/attachments/1398/_pihid_-_roteiro_de_aula_pratica_-_extra_o_de_dna_vegetal.pdf)

2.2

Técnica Reação em Cadeia da Polimerase (PCR)

1. Escrever ou projetar no quadro e, em seguida, explicar as três etapas ou ciclos para cada reação de PCR (Desnaturação, Anelamento e Extensão), os reagentes necessários (Primers, Bases nitrogenadas, Enzima Taq polimerase e Solução Tampão) e suas funções assim como o papel do termociclador na alteração de temperatura dessas etapas;

CONHECIMENTOS DA BIOLOGIA

2. Explicitar a importância dessa técnica e, em especial, na genética forense:

- ♦ Identificação de suspeitos, os quais o material genético, DNA, pode relacionar com as evidências deixadas em locais de crimes; Inocentar
- ♦ pessoas acusadas erroneamente de crimes;
- ♦ Identificar vítimas de catástrofes;
- ♦ Estabelecer paternidade ou outras relações parentais;

3. Solicitar que os alunos assistam ao vídeo “Técnicas de Biologia Molecular - PCR - Animação 3D”, cuja duração é de 2 minutos e 22 segundos.

DISPONÍVEL EM:
[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?
V=5YIF7W7RPA4](https://www.youtube.com/watch?v=5YIF7W7RPA4)

4. Solicitar que os estudantes a relacione com os casos investigativos.

03

**Polimorfismo Genético
(10 minutos)**

Para auxiliá-los a compreender esse tema e, sobretudo, relacioná-lo com os casos investigativos propostos, o professor deverá lançar um desafio para que possam solucionar em casa e entregar ao final da próxima aula, onde terão a oportunidade de familiarizar-se com a técnica eletroforese em gel de agarose utilizada, pelos peritos, na identificação de perfis genéticos.

CONHECIMENTOS DA BIOLOGIA

DESAFIO: ANÁLISE DE BANDAS NO PAPEL E IDENTIFICAÇÃO DE PERFIS GENÉTICOS

Questão 1 - A partir do caso investigativo em questão, qual dos suspeitos abaixo, S1, S2 ou S3, estaria usando a balaclava (Prova) encontrada no veículo usado na fuga? Justifique a sua resposta.

Questão 2 - Que tipo de vestígios podem ser coletados nas cenas do crime 1 e 2 para ser enviado ao laboratório para a realização da análise de DNA?

Figura 1: Bandas de DNA para avaliação do polimorfismo genético



CONHECIMENTOS DA BIOLOGIA

04

Explorar o Caso Investigativo
(40 minutos)

1. Orientar os estudantes a se organizarem em grupo de acordo com a divisão pré-estabelecida na primeira etapa;
2. Com o caso investigativo em mãos, os estudantes serão orientados, pelo professor, a executarem a primeira etapa do Roteiro para a resolução do caso investigativo.

ETAPA 1 DO ROTEIRO PARA A RESOLUÇÃO DO CASO INVESTIGATIVO

1. Ler o caso investigativo;
2. Destacar as palavras desconhecidas;
3. Apresentar concepções prévias associadas ao tema proposto: Ciência Forense e
4. Destacar as “pistas” encontradas no texto.

3. Caso a opção seja realizar as etapas de investigação no contraturno, marcar com os grupos, de acordo com o cronograma disponibilizado na primeira etapa, os encontros para verificação da Etapa 1 e concomitantemente orientar na execução da Etapa 2: Proposição de Hipóteses.

CONHECIMENTOS DA QUÍMICA

APRESENTAÇÃO

Assim como a biologia, a química forense tem um importante papel na solução de crimes, utilizando-se de métodos analíticos, orgânicos e físico-químicos. Assim sendo, os conhecimentos dessa área darão subsídios aos estudantes para comprovar, sustentar ou refutar as hipóteses por eles propostas.

Considerando que são inúmeras as técnicas empregadas pelos químicos forenses e que variam de acordo com a necessidade das análises, para dar conta do caso investigativo, em questão, serão abordadas as técnicas de análise da presença de sangue e identificação humana.

Na cena do crime 1 consta uma balaclava que provavelmente possui vestígios passíveis de extração de DNA dos suspeitos e, portanto, serão necessários os conhecimentos pertinentes a essa técnica e de PCR além dos relacionados com os da técnica eletroforese em gel de agarose como meio de identificá-los, assim como, para relacionar os crimes.

Por outro lado, para constatar se as manchas avermelhadas no quintal da cena do crime 2 são sangue, faz-se necessário o uso do luminol, um indicador quimioluminescente que ao reagir com a água oxigenada, na presença do ferro das hemoglobinas, libera luz, indicando sua presença naquele local.

Embora, os estudantes não estejam em uma cena de crime real, o caso investigativo descrito apresenta “pistas” que os subsidiarão na proposição de hipóteses e a partir dos conhecimentos científicos apresentados durante as aulas da SEI, das reuniões em grupo e das pesquisas eles serão capazes de comprovar, sustentar ou refutá-las e, por conseguinte, iniciar a construção de seus argumentos científicos.

CONHECIMENTOS DA QUÍMICA

OBJETIVOS DA AULA

- Identificar as reações químicas na detecção de sangue a partir do uso do Luminol;
- Verificar as substâncias e suas respectivas concentrações no preparo do gel de agarose;
- Descrever a dinâmica da técnica de eletroforese em gel; Identificar a natureza das bandas no gel de agarose;
- Identificar a importância do potencial elétrico para a migração dos fragmentos de DNA no gel de agarose;

Propor hipóteses para o caso investigativo em estudo;

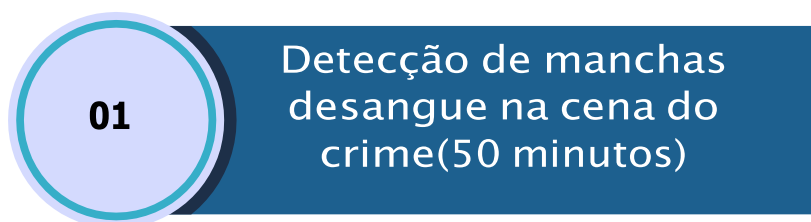
RECURSOS

Protocolos de Experimentação, vídeo, simulador.

CONTEÚDO(S)

Teste de identificação de sangue através do Luminol (balaclava); Reações Químicas; Soluções e concentração de soluções;

ATIVIDADES



01

Detecção de manchas de sangue na cena do crime (50 minutos)

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - 3ª. ETAPA DA SEI

1. Caso o professor não tenha condições de realizar a experimentação demonstrativa com o uso do luminol ou até mesmo com os “*light sticks*”, bastões de luz, em laboratório ou em sala de aula, sugere-se a apresentação do vídeo “Experimentos de Química: luminol e o fenômeno da catálise”.

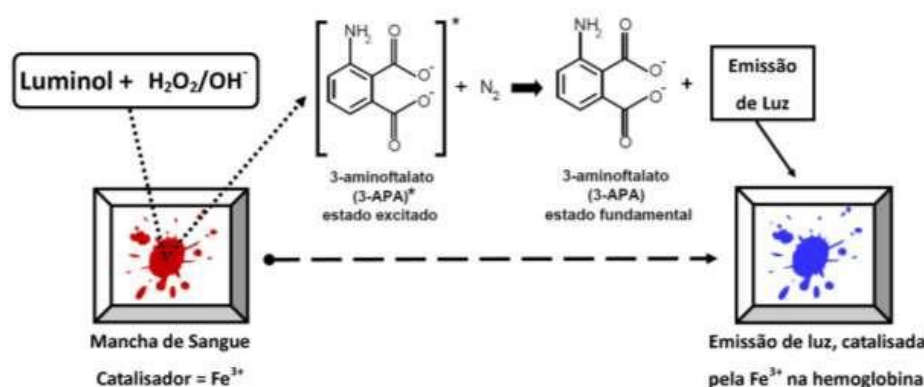
disponível em
<https://www.youtube.com/watch?v=9pRsoWQ21WM>, com duração de 7 minutos e 20 segundos.

CONHECIMENTOS DA QUÍMICA

2. É importante que, depois da experimentação demonstrativa ou da apresentação do vídeo, o professor apresente aos estudantes, além das estruturas químicas das moléculas, a relação das reações químicas presentes na quebra dos bastões de luz, as que acontecem com o luminol e o ferro presente na hemoglobina do sangue.

3. Para tanto, segue a reação química de quimiluminescente do luminol que poderá ser demonstrada aos estudantes de modo que possam observar a importância do ferro como catalisador da reação e, ao mesmo tempo, considerá-lo na detecção de sangue uma vez que está presente na hemoglobina e, portanto, indica a presença de sangue no local de crime mesmo que esse tenha sido limpo antes do uso do luminol.

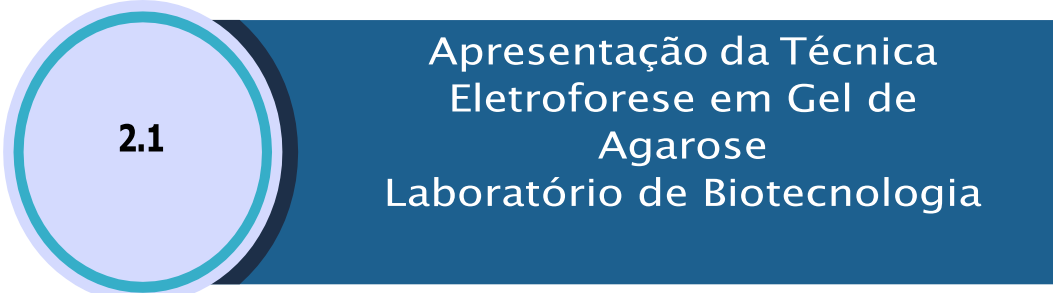
Figura 2: Reação quimiluminescente do luminol



DISPONÍVEL EM:

[HTTPS://WWW.RESEARCHGATE.NET/PUBLICATION/310758860/FIGURE/FIG1/AS:431667073556480@1479928858500/FIGURA-1-RESUMO-DA-REACAO-QUIMILUMINESCENTE-DO-LUMINOL-UTILIZANDO-A-MOLECULA-DE-FERRO.PNG](https://www.researchgate.net/publication/310758860/figure/fig1/AS:431667073556480@1479928858500/FIGURA-1-RESUMO-DA-REACAO-QUIMILUMINESCENTE-DO-LUMINOL-UTILIZANDO-A-MOLECULA-DE-FERRO.PNG)

4. Em seguida, instigar discussões acerca do fenômeno e o caso investigativo em estudo, utilizando-se dos seguintes questionamentos? Como acontecem as reações químicas? Qual é o papel do ferro nessa reação? Porque na quebra dos bastões há liberação de energia na forma de luz? Porque, na cena do crime, mesmo limpando-a, ainda é possível detectar sangue?



2.1

Apresentação da Técnica Eletroforese em Gel de Agarose Laboratório de Biotecnologia

A depender da realidade da escola esta atividade poderá ser realizada de duas maneiras:

2.1 Visita a um Laboratório de Biotecnologia

- 2.1.1 - Agendar um horário com o responsável e/ou pesquisador do laboratório;
- 2.1.2 - Comunicar a Direção da Escola e apresentar um projeto da visita (público-alvo, justificativa, objetivos e atividades pedagógicas que serão executadas, data, horário, local e duração da visita);
- 2.1.3 - Solicitar autorização de saída da escola dos estudantes junto aos e/ou responsáveis;
- 2.1.4 - Registrar os nomes e telefones de todos os alunos que participarão da visita;
- 2.1.5 - Orientá-los acerca dos protocolos e normas de segurança;
- 2.1.6 - Solicitar que os estudantes registrem as etapas da técnica de eletroforese em gel (preparação do gel, aplicação das amostras, corrida eletroforética e a análise, se houver) e as eventuais dúvidas acerca do experimento;
- 2.1.7 - Organizar os momentos de fala.

2.2

Apresentação da Técnica Eletroforese em Gel de Agarose Experimentação

2.1 Experimentação Demonstrativa

Solicitar que os estudantes assistam ao vídeo “Eletroforese em Gel de Agarose”, cuja duração é de 22 minutos e 53 segundos.

DISPONÍVEL EM:

[HTTPS://YOUTU.BE/YWUL_HZSXM8](https://youtu.be/YWUL_HZSXM8)

Independentemente dessa atividade ser desenvolvida por meio da visita ou da experimentação, os passos que seguirão são compartilhadas por ambas:

1. Retomar as etapas de preparação do gel de agarose (aplicação das amostras, corrida eletroforética, revelação e análise) e as funções dos reagentes;
2. Diferenciar o gel (polímero) de agarose e poliacrilamida;
3. Explicitar a importância dessa técnica para identificação de suspeitos em casos de crimes sexuais, identificação humana, em testes de paternidade e na relação de vínculos entre suspeitos e cenas de crimes.
4. Demonstrar a partir da revelação do gel como se dá o fluxo migratório das moléculas de DNA e como é possível identificar os indivíduos com base em seu genoma.
5. De modo a comparar o DNA encontrado nos locais de crimes 1 e 2 com o dos prováveis suspeitos, retomar o Desafio “Polimorfismo Genético” e resolvê-lo junto aos estudantes;

03

Para Casa - Simulador -
Eletroforese em Gel de
Agarose
(20 minutos)

Como meio de reproduzir o que foi realizado em laboratório e, sobretudo, de sistematizar os conhecimentos acerca dessa técnica e conteúdos correlatos, sugere-se o emprego do Simulador - Eletroforese em Gel de Agarose.

1. Apresentar aos estudantes a plataforma de uso e os passos que deverão seguir para realizar a interação;
2. Solicitar que anotem as etapas da eletroforese e suas respectivas funções, assim como os materiais e reagentes utilizados nessa técnica;
3. Salientar a importância de contribuição dessa atividade na resolução dos casos investigativos.

Dependendo da dificuldade dos estudantes em acessar a internet para a realização dessa atividade, o professor pode agendar um horário no laboratório de informática para que os estudantes tenham condições de realizá-la.

SIMULADOR - ELETROFORESE EM GEL DE AGAROSE:

[HTTPS://WWW.LABXCHANGE.ORG/LIBRARY/PATHWAY/LX-PATHWAY:91F9F2F9-DC74-4147-85C9-31BC0848D143/ITEMS/LX-PB:91F9F2F9-DC74-4147-85C9-31BC0848D143:LX_SIMULATION:6FE48388?SOURCE=%2FLIBRARY%2FCLUSTERS%2FLX-CLUSTER%3AABE-PORTUGUES](https://www.labxchange.org/library/pathway/LX-PATHWAY:91F9F2F9-DC74-4147-85C9-31BC0848D143/ITEMS/LX-PB:91F9F2F9-DC74-4147-85C9-31BC0848D143:LX_SIMULATION:6FE48388?SOURCE=%2FLIBRARY%2FCLUSTERS%2FLX-CLUSTER%3AABE-PORTUGUES)

04

Proposição de Hipóteses (50 minutos)

1. Realizar a leitura dos casos investigativos com os estudantes;
2. Salientar o importante papel de proposição de hipóteses na produção de conhecimento científico (testes de hipóteses, discussão de erros, soluções de problemas, argumentação e contra argumentação entre a teoria, as observações e as experimentações realizadas);
3. Estimular a elaboração de hipóteses a partir das “pistas” por eles levantadas na etapa anterior;
4. Orientá-los a registrar na ficha “Roteiro para a Resolução do Caso Investigativo” para, em seguida, relacioná-las com os conhecimentos científicos abordados e com aqueles que serão sistematizados a partir das pesquisas que farão.

ETAPA 2 DO ROTEIRO PARA A RESOLUÇÃO DO CASO INVESTIGATIVO

Elaborar proposições (afirmações/respostas), a partir das pistas encontradas na etapa anterior, para a resolução provisória do caso investigativo.

5. Caso a opção seja realizar as etapas de investigação no contraturno, marcar com os grupos, de acordo com o cronograma disponibilizado na primeira etapa, os encontros para verificação da Etapa 2 e concomitantemente, orientá-los na execução da Etapa 3: Proposição de Procedimentos.

APRESENTAÇÃO

Para auxiliar os estudantes a interpretar o caso fictício “Há crime perfeito?” e a desvendar as causas do incêndio ocorrido na cena do segundo crime serão abordados alguns princípios físicos de eletricidade (corrente elétrica, diferença de potencial e resistência de material).

Como peritos criminais e fazendo parte de uma equipe multidisciplinar, para responder às causas do incêndio, propomos, nesta etapa, que os estudantes, físicos forenses, analisem em grupo, discutam e tentem interpretar um hipotético incêndio, ocorrido na cena do crime 2. Embora, assim como descrito no caso investigativo, os materiais utilizados na instalação elétrica fossem adequados (condutores, disjuntores, tomadas, interruptores e quadro elétrico), o proprietário não se preocupou com o projeto elétrico e sua execução, segundo relato dos bombeiros.

Com isso, os estudantes terão que recorrer aos conhecimentos da física e, em especial, os relacionados à eletricidade. Desse modo, para alcançar esses conceitos, em grupo, e com o auxílio dos docentes, elaboraram seminários para auxiliá-los na interpretação da dinâmica dos fatos e, ao mesmo tempo, os possibilitarem na evolução dos seus pensamentos argumentativos.

CONHECIMENTOS DA FÍSICA

OBJETIVOS DA AULA

- ◆ Mostrar os efeitos da corrente elétrica e os principais efeitos dela em circuitos que podem causar acidentes.
- ◆ Conhecer os principais elementos de um circuito e da rede elétrica residencial, as medidas de segurança e as propriedades dos materiais utilizados em cada parte de um circuito elétrico.
- ◆ Identificar as possíveis causas do incêndio proveniente do caso investigativo
- ◆ Desenvolver habilidades de pesquisa;
- ◆ Pesquisar referências envolvidas no problema e relacioná-los com as hipóteses levantadas;
- ◆ Esquematizar as possibilidades de resolução do caso investigativo.
- ◆ Relacionar as três áreas do conhecimento com o caso investigativo;

CONTEÚDO(S)

Corrente elétrica; resistência elétrica; leis de ohm; potência elétrica; circuitos elétricos e elementos de um circuito.

RECURSOS DIDÁTICOS

Livros didáticos, casos investigativos e uso da internet

CONHECIMENTOS DA FÍSICA

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - 4ª. ETAPA DA SEIATIVIDADES

01

**Sistematização
(60 minutos)**

1. Neste momento, o professor retomará alguns conceitos acerca de corrente elétrica, diferença de potencial elétrica e resistência de material;
2. Ao final da explicação, resolverá alguns exercícios com os estudantes de modo que o que foi dito seja mais fácil compreendido.

02

**Uso do Simulador
(20 minutos)**

1. Apresentar aos estudantes a plataforma de uso e os passos que deverão seguir para realizar a interação;
2. Por meio do uso de um simulador, caracterizar a corrente elétrica;
3. Solicitar que anotem as dúvidas;
4. Retomar as questões que não entenderam.

SIMULADOR - SINAIS DE CIRCUITO:

DISPONÍVEL EM: [HTTPS://PHET.COLORADO.EDU/SIMS/CHEERPJ/SIGNAL-CIRCUIT/LATEST/SIGNAL-CIRCUIT.HTML?SIMULATION=SIGNAL-CIRCUIT&LOCALE=PT](https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/signal-circuit/latest/signal-circuit.html?simulation=signal-circuit&locale=pt)

1. A distribuição dos grupos deverá ser realizada de acordo com a Etapa 1 da SEI;
2. Cada grupo receberá um tema o qual irão esmiucá-lo de modo que possa apreender o conteúdo, comunicar aos colegas e ao mesmo tempo relacionar ao caso investigativo proposto;
3. Sugere-se que os temas sejam distribuídos da seguinte forma:

Grupo 1: Corrente elétrica (movimento dos elétrons, intensidade e tipos de corrente elétrica, e explicação de um exercício resolvido do livro texto adotado);

Grupo 2: Resistência elétrica (primeira e segunda Lei de Ohm, características e representação gráfica de resistores, resistividade elétrica, efeitos da corrente elétrica e explicação de um exercício do livro texto adotado);

Grupo 3: Física tem história: experimento realizado por Alessandro Volta;

Grupo 4: Potência elétrica (relação entre potência e corrente elétrica, resistência elétrica e efeito joule, cálculo de consumo de energia elétrica);

Grupo 5: Circuitos elétricos (definição, elementos e representação de um circuito elétrico, transformações de energia em um circuito elétrico, curto-circuito, fusíveis e disjuntores, circuitos com resistores em série e em paralelo e explicação de um exercício resolvido do livro texto adotado);

Grupo 6: Circuitos residenciais (rede de distribuição, cuidados nas ligações elétricas de uma residência e explicação de um exercício resolvido do livro texto adotado);

Grupo 7: Explicação de um experimento - circuito com resistência variada (reostato).

04

Proposição de Procedimentos (50 minutos)

1. Direcionar os estudantes ao Laboratório de Informática da escola;
2. Instruí-los acerca do processo de pesquisa: data de publicação, confiabilidade, tipos de fontes e articulação entre elas, palavras chaves, referências bibliográficas, seleção, análise e registro das informações;
3. Acompanhar as atividades que estarão sendo realizadas pelos grupos;
4. Orientá-los na esquematização, na ficha “Roteiro para a Resolução do Caso Investigativo” das possibilidades de resolução do caso investigativo (confrontar as ideias com os colegas, comparar, estabelecer relações e observar o que deve ser considerado para a resolução do caso investigativo).
5. Caso não seja suficiente o tempo, orientá-los a terminarem essa atividade em casa e posteriormente, trazê-la no próximo encontro.

ETAPA 3 DO ROTEIRO PARA A RESOLUÇÃO DO CASO INVESTIGATIVO

- Pesquisar referências envolvidas no problema (o processo de pesquisa estará voltado para a procura de evidências que comprovem, sustentem ou refutem as afirmativas elaboradas na etapa anterior); Considerar os resultados da pesquisa e relacioná-los com as hipóteses levantadas;
- Esquematizar as possibilidades de resolução do caso investigativo (confrontar as ideias com os colegas, comparar, estabelecer relações e observar o que deve ser considerado para a resolução do caso investigativo).

05

**Apresentação dos
Seminários
(100 minutos)**

1. Estabelecer a ordem de apresentação;
2. Comunicá-los do tempo e dos critérios avaliativos;
3. Registrar possíveis inadequações e comentá-las;
4. Intervir ao final de cada apresentação.

Quadro 2 – Critérios avaliativos para a apresentação dos seminários

Sugestão dos Critérios Avaliativos
Utilização da linguagem científica (termos e/ou conceitos)
Comunicação clara e objetiva
Recursos Utilizados
Segurança e Domínio do conteúdo
Análise Crítica
Cumprimento do tempo estabelecido

TRABALHANDO O CASO INVESTIGATIVO

APRESENTAÇÃO

Ponto fulcral na abordagem didática do ensino por investigação, a argumentação se estabelece como prática de desenvolvimento do pensamento crítico ao passo que para considerá-la é necessário, sobretudo, compartilhar conhecimentos acerca da sua estrutura e importância na e para a comunicação em processos de investigação e produção científica.

De modo a potencializar uma perspectiva dinâmica ao processo argumentativo que a SEI se propõe, considera-se importante que haja uma construção coletiva. Ao propor hipóteses, discuti-las na tentativa de dar explicações e responder às perguntas que inicialmente foram colocadas, os estudantes estarão colocando em movimento habilidades necessárias para a construção do pensamento argumentativo, sobretudo o científico, uma vez que nele se sustenta os dados e justificativas teóricas advindas das áreas de conhecimentos aqui trabalhadas: biologia, física e química.

A partir do processo de pesquisa e das análises dos resultados, sugeridos como atividades e dispostos no “Roteiro para a Resolução do Caso Investigativo”, os estudantes, nesta etapa, construirão um texto de cunho argumentativo. Neste espaço terão a oportunidade de sistematizar suas ideias, justificativas e relacioná-las com o conhecimento científico a fim de comunicarem, tanto de forma escrita como oral, às conclusões ao caso investigativo proposto.

TRABALHANDO O CASO INVESTIGATIVO

OBJETIVOS DA AULA

1. Considerar os resultados da pesquisa e relacioná-los com o caso investigativo;
2. Confrontar as ideias iniciais com as assumidas após a realização da pesquisa;
3. Formular explicações para cada hipótese levantada;
4. Refletir sobre o processo seguido e os resultados obtidos;
5. Construir o texto a partir das orientações e explicações dos professores envolvidos na SEI.

CONTEÚDO(S)

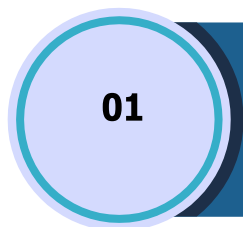
Sistematização dos conhecimentos científicos das áreas de biologia, física e química.

RECURSOS

Computadores, *tablets*, celulares, ficha de planejamento, caneta, lápis e materiais de pesquisas.

TRABALHANDO O CASO INVESTIGATIVO

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - 5ª. ETAPA DA SEI



Roteiro para a resolução do
caso investigativo
(200 minutos)

ETAPA 4

ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

1. Instigar as discussões entre os resultados de pesquisa, situados na Etapa 3 da ficha de planejamento;
2. Estimular os estudantes a confrontarem as ideias iniciais com as assumidas após a realização da pesquisa assim como a formulação de explicações científicas para as hipóteses propostas;
3. Salientar a importância do registro dessas informações na ficha de planejamento: “Roteiro para Resolução dos Casos Investigativos”.

ETAPA 5

CONSTRUÇÃO DO TEXTO

1. Para a construção do texto é importante que o professor detalhe os seguintes aspectos com os estudantes: Apresentação das
 - ♦ informações obtidas durante todo o processo de modo sistemático e crítico;
 - ♦ Utilização da linguagem científica (termos ou conceitos);
 - ♦ Apresentação das técnicas forenses utilizadas;
 - ♦ Apresentação e explicitação das hipóteses trabalhadas; Aplicação
 - ♦ das três áreas do conhecimento além daquelas relacionadas à construção do argumento científico.

TRABALHANDO O CASO INVESTIGATIVO

2. Comunicar as datas das apresentações e da entrega dos textos.
3. Caso haja oportunidade, o professor pode realizar as correções dos textos e enviá-los aos estudantes para realizar as retificações necessárias antes das apresentações.

SUGESTÕES PARA OS SEMINÁRIOS:

1. Tempo estimado: 15 minutos por grupo de trabalho;
2. Estudante apresentador(a): Realizar o sorteio no momento da apresentação;
3. Recurso audiovisual: *powerpoint*.
4. Critérios Avaliativos:
 - Utilização da linguagem científica (termos e/ou conceitos);
 - Apresentação das técnicas forenses;
 - Comunicação clara e objetiva;
 - Segurança e domínio do conteúdo;
 - Apresentação das hipóteses;
 - Explicitação das hipóteses apresentadas;
 - Relaciona logicamente os dados e as conclusões;
 - Argumentação científica;
 - Aplicação das três áreas do conhecimento e
 - Análise crítica

Observação:

Tempo para as apresentações: de 4 a 6 semanas da data de início de conhecimento do caso investigativo.

RODA DE CONVERSA: DIALOGANDO COM OS RESULTADOS

APRESENTAÇÃO

As etapas que compuseram a SEI, assim como as atividades nela imbricadas, objetivam não só contribuir para o movimento de apreensão de conceitos científicos, mas sobretudo para o desenvolvimento de habilidades do Letramento Científico (LC).

Ao se aproximar do processo de construção do conhecimento científico, os estudantes estarão envoltos no arcabouço de saberes relacionados: como ele é realizado, o que é necessário para elaborá-lo, assim como fatores internos e externos que o influenciam, elementos esses substanciais para a apropriação de um discurso mais próximo do científico.

Tendo isso em vista, aspectos relacionados ao fazer científico e a linguagem que ocupa esse espaço, a ponte condutora para o desenvolvimento do pensamento científico, aqui proposta, foi às ações investigativas. Ao mobilizarem os conhecimentos científicos para elaborar explicações e defender suas ideias a partir das hipóteses propostas para o caso investigativo, estarão pondo em curso interações discursivas, principalmente a argumentação.

Com o objetivo de persuadir o público participante da roda de conversa, os estudantes se valerão da comunicação oral. A partir dela estarão fundamentadas as ações de investigação e as construções explicativas para o problema em questão: “Caso Investigativo: Há crime perfeito?”

De modo a dar relevo ao tema e as propostas apresentadas ao caso investigativo, por cada um dos grupos, após as apresentações, será aberto um momento de diálogo entre os participantes.

RODA DE CONVERSA DIALOGANDO COM OS RESULTADOS

OBJETIVOS DA AULA

- ♦ Apresentar para o grande grupo as principais ideias acerca dos casos investigativos;
- ♦ Estabelecer relações entre as concepções alternativas e os conhecimentos científicos;
- ♦ Sistematizar e contextualizar os conhecimentos científicos e
- ♦ Relacionar as ações investigativas e tomada de decisões

CONTEÚDO(S)

Ações de investigação e argumentação científica, conhecimentos acerca das três áreas de conhecimento e da natureza da ciência.

RECURSOS

Computadores, uso de internet, *power point*.

RODA DE CONVERSA: DIALOGANDO COM OS RESULTADOS

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - 6ª. ETAPA DA SEI

Sugere-se que esta etapa seja desenvolvida em aulas sequenciais de modo que haja tempo hábil para as apresentações e o debate.

ATIVIDADES



1. Realizar o convite a todos os docentes participantes;
2. Elaborar uma ficha para registro e avaliação dos grupos;
3. Estabelecer a ordem de apresentação;
4. Comunicá-los do tempo e dos critérios avaliativos;
5. Solicitar que um aluno realize a leitura do caso investigativo;
6. A cada apresentação, agradecer aos participantes e chamar o próximo grupo de acordo com a ordem de apresentação estabelecida.

RODA DE CONVERSA: DIALOGANDO COM OS RESULTADOS

02

Debate - Ciência Forense e
suas correlações
(100 minutos)

1. Após as apresentações, cada professor participante deverá expor, de uma forma geral, sua opinião acerca do que foi apresentado pelos estudantes;
2. Quaisquer um dos professores envolvidos deverá instigar os seguintes elementos para o debate:
 - Retomada dos elementos estruturantes do processo investigativo;
 - Conhecimentos das áreas envolvidas e as relações com os resultados obtidos;
 - Proposição de hipóteses divergentes;
 - Controvérsia científica e social;
 - Neutralidade, objetividade e imutabilidade dos conhecimentos científicos;
 - Tomada de decisões que envolvem conhecimentos sobre ciência e tecnologia;
 - Apresentação das atividades científicas como processo e como produto;
 - Sugere-se que ao final do debate, o professor abra um outro espaço para que os estudantes possam confrontar as diferentes hipóteses surgidas entre os grupos e os resultados obtidos.

RODA DE CONVERSA: DIALOGANDO COM OS RESULTADOS

03

Avaliação da Sequência de
Ensino Investigativo
(10 minutos)

Verificar com os alunos os seguintes aspectos relacionados às aulas:

1. Abordagem do tema;
2. Grau de dificuldade;
3. Utilização do tempo de aula;
4. Contextualização;
5. Materiais utilizados;
6. Metodologias utilizadas;
7. Comentários, críticas e sugestões.

AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Para a avaliação, será necessário enfatizarmos, além do conhecimento conceitual, aqueles relacionados aos conteúdos atitudinais e procedimentais visto que consideramos, durante toda a SEI, elementos necessários para a construção do conhecimento a partir do processo investigativo e, portanto, recursos instrucionais, organizados em torno do caso investigativo, geraram diferentes caminhos para as articulações entre essas dimensões do conhecimento.

Além da tipologia de conteúdos, também deve-se dar importância a todo o processo realizado e não somente aos resultados obtidos na elaboração e execução dos seminários e textos. Para tanto, se faz necessário uma observação de todas as etapas e processos seguidos por nossos estudantes.

Assim, considera-se importante para a avaliação da aprendizagem, em todas as etapas da sequência de ensino investigativa, aspectos pertinentes não somente às três áreas de conhecimento e as possíveis relações estabelecidas entre elas mas, também, aqueles destinados a realização das atividades e a aplicação em contextos diferenciados assim dos que possibilitam mudanças de atitudes e valores acerca do autoconhecimento e da autoaprendizagem de modo que os possibilitem refletir e lançar um olhar crítico sobre como, o que e para que está estudando.

Posto isso, nos quadros a seguir são sugeridos alguns questionamentos para avaliar os três tipos de conteúdos em todas as etapas da SEI.

AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Quadro 3 – Perguntas sugeridas para a avaliação dos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais

Etapa 1 - Mesa Redonda: Desvendando a Ciência Forense
Conceituais: () Relacionou os aspectos levantados na palestra com os conhecimentos prévios? () Reconheceu a importância das três áreas do conhecimento para a resolução do caso investigativo? () Analisou o caso investigativo? Procedimentais: () Participou dos questionamentos solicitados pelo docente? () Realizou apontamentos para a construção da tempestade de ideias? () Realizou registros durante a aula para a organização e construção dos conhecimentos? () Executou as tarefas propostas? Atitudinais: () Apresentou autonomia e organização em grupo? () Respeitou os colegas quanto à formação das equipes para o grupo? () Interessou pela palestra do(a) perito criminal? () Ponderou a sua fala em meio às discussões?
Etapa 2 - Conhecimentos da Biologia
Conceituais: () Identificou o papel da biologia na ciência forense? () Compreendeu a relação da coleta de evidências com os requisitos legais e científicos para serem admitidas num tribunal? () Descreveu as etapas de extração de DNA? () Relacionou o Banco de Perfis Genéticos com a identificação de suspeitos? () Reconheceu a importância do uso de material genético na investigação e elucidação de crimes em diferentes contextos e cenários? Procedimentais: () Executou o experimento proposto? () Participou dos questionamentos solicitados pelo docente?

AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

- () Resolveu os exercícios propostos?
- () Analisou e Interpretou os dados?
- () Descreveu as etapas de amplificação do DNA (PCR)?
- () Expos as dúvidas surgidas?
- () Explorou o caso Investigativo;

Atitudinais:

- () Manteve um clima de respeito e ético no grupo?
- () Colaborou com as atividades?
- () Interessou-se pela aula?
- () Prestou atenção ao que foi dito pelo professor?

Etapa 3 - Conhecimentos da Química

Conceituais:

- () Reconheceu o papel da química na ciência forense?
- () Refletiu sobre o experimento observado?
- () Relacionou os conteúdos trabalhados com o caso investigativo?

Procedimentais:

- () Discutiu, criticamente, os conteúdos científicos que explicam o experimento?
- () Interpretou os dados de uma eletroforese em gel?
- () Apresentou possíveis resoluções para o caso investigativo?
- () Identificar a natureza da ciência;
- () Propôs hipóteses para o caso investigativo em estudo?

Atitudinais:

- () Demonstrou interesse nas atividades?
- () Agiu de forma respeitosa com os colegas?
- () Colaborou com as atividades?
- () Interessou-se pela aula?
- () Prestou atenção ao que foi dito pelo professor?

Etapa 4 - Conhecimentos da Física

Conceituais:

- () Reconheceu o papel da física na ciência forense?
- () Relacionou os conteúdos trabalhados com o caso investigativo?
- () Identificar as possíveis causas do incêndio proveniente do caso investigativo?

AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Procedimentais:

- () Interpretou os dados de uma eletroforese em gel?
- () Apresentou possíveis resoluções para o caso investigativo?
- () Esquematizou as possibilidades de resolução do caso investigativo?
- () Pesquisou referências envolvidas no problema e relacioná-los com as hipóteses levantadas?
- () Percebeu que os problemas podem ser solucionados através da pesquisa e da busca pelo conhecimento
- () Baseiou-se em referências bibliográficas para responder às hipóteses?
- () Participou ativamente das etapas do processo investigativo?

Atitudinais:

- () Demonstrou interesse nas atividades?
- () Agiu de forma respeitosa com os colegas?
- () Colaborou com as atividades?
- () Interessou-se pela aula?
- () Prestou atenção ao que foi dito pelo professor?
- () Apresentou interesse na busca por materiais para responder ao caso investigativo- textos, vídeos, experimentos, notícias.

Etapas 5 – Interpretando o caso Investigativo

Conceituais:

- () Confrontou as ideias iniciais com as assumidas após a realização da pesquisa?
- () Formulou explicações para cada hipótese levantada?
- () Relacionou as etapas de investigação com o fazer científico?

Procedimentais:

- () Refletiu sobre o processo seguido e os resultados obtidos;
- () Construiu o texto a partir das orientações e explicações dos professores envolvidos na SEI.
- () Expressou-se por escrito, com clareza e coesão, as conclusões acerca do caso investigativo?
- () Participou de todas as etapas do processo de investigação?
- () Argumentou sobre os fenômenos estudados e os relacionou com o caso investigativo?

AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Atitudinais:

- () Apresentou uma atitude investigativa, cooperativa e autônoma diante das atividades propostas
- () Apresentou tomada de atitudes?
- () Manteve um clima de respeito e ética no grupo?

Etapa 6: Dialogando com os resultados**Conceituais:**

- () Identificou os conhecimentos das áreas de biologia, física e química para a resolução do caso investigativo?
- () Demonstrou domínio dos conceitos ao expressá-los.
- () Explicou as hipóteses propostas a partir dos conhecimentos científicos?
- () Identificou a importância da Ciência da vida cotidiana?
- () Apresentou argumentos na tentativa de analisar as evidências do caso investigativo?

Procedimentais:

- () Comunicou e justificou as estratégias de resolução dos casos investigativos?
- () Respondeu aos questionamentos feitos pelos professores?
- () Sintetizou, com clareza, a informação que transmite?
- () Apresentou conclusões plausíveis para o caso investigativo?
- () Interpretou as etapas da investigação?
- () Comunicou, com clareza, os resultados obtidos?
- () Compreendeu o papel da investigação na construção dos conhecimentos científicos?
- () Propôs soluções de acordo com as atividades da SD?
- () Percebeu que o conhecimento científico é construído socialmente?

Atitudinais:

- () Demonstrou autonomia ao organizar a apresentação?
- () Apresentou tomada de atitudes?
- () Manteve um clima de respeito e ético no grupo?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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. 5, p. 462-479, 2018.

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**, p. 1025–1059, 15 dez. 2018.

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio e a formação de professores. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 43–55, dez. 2018.

_____. 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, 2013.

CARVALHO, R.; DE-CARVALHO, P.; MIRANDA, S. O Ensino de Ciências por Investigação à luz da aprendizagem significativa. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 35, 30 mar. 2021.

FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover argumentação em aulas investigativas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 19, n. 0, 23 out. 2017.

SANTOS, T, S; RIBEIRO, N. C. G. R. G. CSI: INVESTIGAÇÃO CRIMINAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS – ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO. **Arquivos do Mundi**, v. 24, n. 2, p. 7-21, 2020.

SASSERON, L. H. Interações Discursivas e Argumentação em Sala De Aula: A construção de conclusões, evidências e raciocínios. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 22, e20073, p. 1-29, 2020.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Ações e Indicadores da Construção do Argumento em aula de Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v.15, n. 2, p. 169–189, ago. 2013.

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, **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. Abordagem Temática Freireana e o Ensino de Ciências por Investigação: Possíveis Relações Epistemológicas e Pedagógicas. **Investigações e o Ensino de Ciências**, v. 19, n. 01, p. 141-162, dez. 2014.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SOLINO, A.P.; FERRAZ, A. T. SASSEON, L. H. Ensino por Investigação como abordagem didática: Desenvolvimento de práticas científicas e escolares. In: **XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física** – SNEF 2015, Uberlândia, MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2015.p.1-6.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por Investigação: Eixos Organizadores para Sequências de Ensino de Biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 17, n. spe, p. 97–114, nov. 2015.

**APÊNDICE B – ROTEIRO PARA ENTREVISTA COM O GRUPO DE
PROFESSORES**

1 - Qual a sua sugestão do tema para o planejamento da sequência didática?
2 - A partir do tema escolhido quais são os objetivos de aprendizagem para a sua disciplina?
3 - De que forma pretende desenvolver o tema a partir do conteúdo previamente estabelecido no seu planejamento?
4 - Quais práticas pedagógicas você indica para o desenvolvimento das suas aulas?
5 - A partir da exposição dos conteúdos das três disciplinas, como você sugeriria o trabalho interdisciplinar?
6 - Na sua opinião, qual seria a melhor maneira de avaliar os estudantes a partir da perspectiva interdisciplinar?
7 - Você acha possível trabalhar com os três tipos de conteúdos: conceitual, procedimental e atitudinal? Se sim, aponte de que forma poderia trabalhar cada um desses conteúdos em suas aulas.
8 - O que poderia fazer para contribuir com a participação dos estudantes durante a execução da sequência didática?
9 - Você sugere trabalhos em que eles tenham a oportunidade de executar tarefas em grupo?
10 - Acha importante a confecção de materiais para os estudantes?

APÊNDICE C – ROTEIRO PARA RESOLUÇÃO DO CASO INVESTIGATIVO

ROTEIRO PARA RESOLUÇÃO DO CASO INVESTIGATIVO

Etapa 1: explorar o caso investigativo

Etapa 2: proposição de hipóteses

Etapa 3: proposição de procedimentos

Etapa 4: análise dos resultados obtidos

Etapa 5: construção do relatório

COMPONENTES DO GRUPO:

ETAPA 1: EXPLORAR O CASO INVESTIGATIVO

- Ler o caso investigativo;
- Destacar as palavras desconhecidas;
- Apresentar concepções prévias associadas ao tema proposto: Ciência Forense;
- Destacar as “pistas” encontradas no texto.

ETAPA 2: PROPOSIÇÃO DE HIPÓTESES

- Elaborar proposições (afirmações/respostas), a partir das pistas encontradas na etapa anterior, para a resolução provisória do caso investigativo.

ETAPA 3: PROPOSIÇÃO DE PROCEDIMENTOS

- Pesquisar referências envolvidas no problema (o processo de pesquisa estará voltado para a procura de evidências que comprovem, sustentem ou refutem as afirmativas elaboradas na etapa anterior);
- Considerar os resultados da pesquisa e relacioná-los com as hipóteses levantadas;
- Esquematizar as possibilidades de resolução do caso investigativo (confrontar as ideias com os colegas, comparar, estabelecer relações e observar o que deve ser considerado para a resolução do caso investigativo).

ETAPA 4: ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

- Discutir os resultados a partir do caso investigativo;
- Confrontar as ideias iniciais com as assumidas após a realização da pesquisa;
- Verificar se responde ao problema/questão proposta;
- Formular explicações para cada hipótese levantada;
- Registrar as informações.

ETAPA 5: CONSTRUÇÃO DO TEXTO

APÊNDICE D – FORMULÁRIO - PERCEPÇÃO DOS DOCENTES

1. A perspectiva de Ensino por Investigação contribuiu para o engajamento dos estudantes nas aulas da Sequência de Ensino Investigativa (SEI)?
2. Com as práticas investigativas, os estudantes mudaram, de alguma forma, a percepção deles acerca da sua disciplina?
3. A forma como as aulas e as atividades foram conduzidas contribuiu para a resolução do caso investigativo?
4. Quais vantagens você considera ter essa abordagem de ensino para os estudantes?
5. A abordagem de ensino por investigação refletiu ou refletirá em seu trabalho em sala de aula?
6. Quais foram os desafios encontrados durante a execução da sequência de ensino?
7. Qual foi a sua impressão ao assistir à apresentação dos estudantes nos seminários durante o nosso último encontro?
8. Em contexto presencial, qual seria a sua sugestão para aplicação dessa sequência de ensino?
9. Foi interessante para você participar da nossa pesquisa? O que você achou?
10. De que forma a interdisciplinaridade entre as disciplinas de biologia, física e química contribuiu para o processo de ensino e aprendizagem e para a compreensão do tema abordado: Ciência Forense?

APÊNDICE E – FORMULÁRIO - PERCEPÇÃO DOS ESTUDANTES

1. Os casos investigativos propostos foram de fácil compreensão?
 2. A forma interdisciplinar que os conteúdos foram apresentados contribuiu para a resolução do caso investigativo?
 3. As atividades realizadas durante a sequência didática colaboraram para o entendimento das técnicas forenses exploradas?
 4. A ficha de planejamento sugerida auxiliou na resolução do caso investigativo?
 5. Após as aulas da sequência didática, foi possível relacionar as explicações dadas para as hipóteses com o conhecimento científico?
 6. Após a aplicação da abordagem do ensino por investigação aumentou o seu interesse pelas disciplinas de biologia, física ou química?
 7. O ensino por investigação, utilizado durante a sequência de aulas, contribuiu para despertar a sua curiosidade e o seu interesse pelo tema ciência forense?
 8. Os encontros em grupo foram necessários para a resolução do caso investigativo?
 9. A forma pela qual os conteúdos das disciplinas de biologia, física e química foram trabalhados durante a sequência didática contribuiu para o aprofundamento do que havia sido ministrado anteriormente pelos professores dessas disciplinas?
 10. As pesquisas bibliográficas e as leituras realizadas durante a resolução do caso investigativo foram importantes para o aprendizado dos conteúdos trabalhados na sequência didática?
 11. Essa abordagem de ensino foi relevante para a aquisição de novos conhecimentos sobre o tema ciência forense?
 12. Com as atividades realizadas em grupo, foi possível promover discussões sobre o tema abordado e perceber como se dá a construção do conhecimento entre os cientistas?
 13. Os conhecimentos científicos apresentados durante a sequência didática relacionam-se, de alguma forma, com o seu dia a dia?
 14. As pesquisas bibliográficas e as leituras realizadas durante a resolução do caso investigativo contribuíram para a construção dos argumentos?
 15. O debate realizado na nossa última aula contribuiu para refletir acerca do papel da ciência na nossa sociedade?
 16. As atividades realizadas para a resolução do caso investigativo (discussão em grupo, pesquisas e leituras) estimularam a sua criatividade e o motivaram a aprender sobre o tema?
 17. Das atividades apresentadas durante a sequência de aulas, qual ou quais você mais gostou?
- () Participação da perita.
- () Demonstração da extração de DNA da banana.
- () Explicação do cientista para a técnica de eletroforese em gel de agarose.
- () Demonstração de quimioluminescência e sua relação com a identificação de sangue.
- () Uso do simulador para a eletroforese em gel.
- () Apresentação de seminários.

() Discussões durante as aulas.

1. Em algum momento da sua vida acadêmica, foi proposto o ensino de ciências por investigação?

() Sim

() Não

2. Levando em consideração o contexto remoto em que as atividades foram desenvolvidas, qual sugestão você daria para melhorar o seu aprendizado em relação às disciplinas de biologia, física e química e o tema abordado?

3. A partir de toda essa experiência, o que você não consideraria para as aulas presenciais?
