



**MARCELA DAS DORES MACHADO FERREIRA**

**ANÁLISE DOS RACIOCÍNIOS ARGUMENTATIVOS DESENVOLVIDOS  
DURANTE A RESOLUÇÃO DO ESTUDO DE CASO NA DISCIPLINA DE  
QUÍMICA ORGÂNICA DO ENSINO SUPERIOR**

**LAVRAS-MG**

**2022**

**MARCELA DAS DORES MACHADO FERREIRA**

**ANÁLISE DOS RACIOCÍNIOS ARGUMENTATIVOS DESENVOLVIDOS  
DURANTE A RESOLUÇÃO DO ESTUDO DE CASO NA DISCIPLINA DE  
QUÍMICA ORGÂNICA DO ENSINO SUPERIOR**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Química, para obtenção do título de licenciada.

Profa. Dra. Josefina Aparecida de Souza

Orientadora

Profa. Dra. Marianna Meirelles Junqueira

Coorientadora

**LAVRAS-MG**

**2022**

**MARCELA DAS DORES MACHADO FERREIRA**

**ANÁLISE DOS RACIOCÍNIOS ARGUMENTATIVOS DESENVOLVIDOS  
DURANTE A RESOLUÇÃO DO ESTUDO DE CASO NA DISCIPLINA DE  
QUÍMICA ORGÂNICA DO ENSINO SUPERIOR**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Química, para obtenção do título de licenciada.

APROVADO em 24 de agosto de 2022.

Banca Prof. Dr. Paulo Ricardo da Silva

Banca Prof. Dr. Sérgio Scherrer Thomasi

Profa. Dra. Josefina Aparecida de Souza

Orientadora

Profa. Dra. Marianna Meirelles Junqueira

Coorientadora

**LAVRAS-MG**

**2022**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me dado forças e ter me sustentado até aqui. Ao Filho por me guiar e estar sempre ao meu lado. E ao Espírito Santo por conduzir e iluminar o meu caminho.

Ao meu melhor amigo e esposo Ezequiel por sempre estar apoiando os meus sonhos e ajudando a realizá-los. Concedendo-me forças para continuar e me incentivando a correr atrás dos meus objetivos.

Aos meus irmãos Laryssa, Ludimila, Clara, Alice, João Miguel e Luiz Otávio, ao meu pai Edson e minha mãe Juliana por fazerem parte da minha vida e assim da minha conquista. A minha família por todo apoio e compreensão. Por partilharem deste sonho junto comigo e sempre me apoiando.

Aos amigos que tive a oportunidade de conhecer e viver momentos incríveis ao lado deles. Cada um deixou uma marca em mim e quero levá-los para sempre em minha lembrança.

Aos professores por terem me ensinado tanto, assim como dentro e fora das salas de aula.

Aos projetos PIBID e RP por ter proporcionado momentos de muito aprendizado e pelo investimento no meu conhecimento sobre a profissão docente. Ambos os projetos auxiliaram muito no meu processo de ensino e aprendizagem.

A Josefina Aparecida de Souza por ter me convidado para fazer esse trabalho incrível e me orientar, e também a Marianna Meirelles Junqueira por ter aceitado trabalhar conosco e me coorientar.

A todos aqueles que torceram para que eu pudesse chegar até aqui.

Muito obrigada!

## RESUMO

O estudo de caso é uma metodologia de ensino que pode proporcionar a autonomia para que os alunos envolvidos construam seus próprios conhecimentos e questionem sobre eles. Esta é uma metodologia de ensino baseada na resolução de problemas. O estudo de caso tem a possibilidade de auxiliar o estudante a desenvolver habilidades, como trabalhar em equipe ou de forma individual, além de criticar, criar hipóteses, dialogar, argumentar e propor soluções para o problema. A habilidade de argumentar é uma necessidade presente na vida de todos os cidadãos, este é um processo social. Argumentar é uma das formas de convencer o outro sobre suas ideias estarem corretas, e para isso, é necessário utilizar justificativas coerentes para torná-las ainda mais convincentes. Assim, o objetivo do presente trabalho foi analisar as linhas de raciocínios argumentativos desenvolvidos por estudantes matriculados na disciplina de Química Orgânica I do curso de Química licenciatura e bacharelado da Universidade Federal de Lavras, com foco na resolução de um estudo de caso adaptado para o tema fármacos. Essa análise foi feita utilizando a ferramenta proposta por Martins e Justi (2017). Após a análise das LRA foi feita uma classificação quanto ao nível de complexidade de cada LRA baseado também no referencial de Martins e Justi (2017). A narrativa do caso já existia, esta foi adaptada para abordar o contexto que o mundo está vivendo, que é a pandemia causada pelo vírus covid-19. A resolução do caso foi entregue na forma de um trabalho escrito e posteriormente realizada uma apresentação oral. Essa análise foi feita em dois grupos. Durante a resolução do caso, os estudantes realizaram algumas atividades que os auxiliaram a entender e resolver o problema descrito na narrativa do mesmo. Depois de finalizar todas as atividades propostas, os estudantes responderam a um questionário de feedback para opinar sobre a aplicação da metodologia e também sobre o desenvolvimento de algumas habilidades. De acordo com as respostas obtidas neste questionário é possível concluir que os estudantes conseguiram desenvolver as habilidades que a metodologia estudo de caso propõe. A partir dos dados obtidos, pode-se concluir que os estudantes conseguiram desenvolver a habilidade de argumentar e desenvolver as linhas de raciocínios argumentativos utilizando justificativas e evidências para dar mais suporte as teorias defendidas. Além de expressar os argumentos, os grupos também apresentaram mecanismos de reações para auxiliar no entendimento dos mesmos.

Palavras chave: Argumentação. Metodologia de ensino. Ensino de química.

## Sumário

|  |    |
|--|----|
| <b>1 APRESENTAÇÃO</b> .....  | 7  |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....   | 9  |
| <b>2.1 Estudo de caso</b> .....  | 9  |
| <b>2.2 Argumentação</b> .....  | 12 |
| <b>3 METODOLOGIA</b> .....   | 16 |
| <b>3.1 Contexto da Pesquisa</b> .....  | 16 |
| <b>3.2 Construção dos dados</b> .....  | 19 |
| <b>3.3 Análise dos dados</b> .....   | 23 |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....   | 26 |
| <b>4.1 Como resolver o caso de acordo com o que era esperado pela professora</b> .....                 | 26 |
| <b>4.2 Raciocínios argumentativos do grupo 1 para o trabalho escrito</b> .....                         | 28 |
| <b>4.3 Raciocínios argumentativos do grupo 1 para a apresentação oral</b> .....                        | 41 |
| <b>4.4 Raciocínios argumentativos do grupo 2 para o trabalho escrito</b> .....                         | 55 |
| <b>4.5 Raciocínios argumentativos do grupo 2 para a apresentação oral</b> .....                        | 61 |
| <b>4.6 Análise dos níveis de complexidade expressos nas linhas de raciocínios argumentativos</b> ..... | 77 |
| <b>5 AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA ESTUDO DE CASO PELOS ALUNOS DA DISCIPLINA QUÍMICA ORGÂNICA I</b> .....   | 80 |
| <b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....  | 85 |
| <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | 88 |

## 1 APRESENTAÇÃO

Sempre gostei das aulas de química orgânica no ensino médio e da professora, que me apoiava e incentivava cada vez mais. Foi aí então que decidi fazer o curso de química. No terceiro período letivo do curso, frequentava as aulas de química orgânica I e devido a minha participação nas aulas, a docente responsável perguntou se gostaria de participar do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), sobre o qual não tinha conhecimento ainda. A partir disso comecei a pesquisar para saber ainda mais sobre o programa e assim conseguir uma vaga para participar. Além disso, na mesma disciplina, a metodologia de estudo de caso foi aplicada e assim tive meu primeiro contato com essa metodologia de ensino.

Então tive a oportunidade de participar do PIBID nos períodos iniciais e da Residência Pedagógica (RP) nos períodos finais do curso. Os dois projetos têm como finalidade contribuir para a formação de professores como cidadãos mais críticos e reflexivos, além de outras contribuições, como, conhecimento sobre as inúmeras maneiras de ensinar utilizando diferentes estratégias, nas quais os alunos são colocados no centro de seu processo de aprendizagem. As disciplinas de ensino de química I, II, III e IV também contribuíram fortemente na minha formação profissional. Cada disciplina com suas particularidades e objetivos, agregou positivamente para o meu processo de aprendizagem.

Durante a participação nos programas PIBID e RP, não tive a oportunidade de estudar, aprender e trabalhar com a metodologia de ensino estudo de caso. Tive outras experiências, com algumas características semelhantes ao estudo de caso, envolvendo resolução de situações problemas; e para solucionar esses problemas, era utilizado a experimentação. Meu primeiro contato com a metodologia foi durante as aulas de química orgânica 1, na qual eu participei como aluna.

Assim, o estudo de caso é uma metodologia de ensino que pode proporcionar a autonomia para que os alunos envolvidos construam seus próprios conhecimentos e questionem sobre eles. Esta é uma metodologia de ensino baseada na resolução de problemas. O estudo de caso tem a possibilidade de o aluno trabalhar em equipe ou de forma individual, além de criticar, criar hipóteses, dialogar, argumentar e propor soluções para o problema. São ações positivas que podem ser desenvolvidas pelos alunos, pois quando estão investigando para solucionar o problema, eles desenvolvem inúmeras habilidades que podem contribuir para sua vida dentro e fora do ambiente

escolar. Além disso, um dos objetivos centrais do uso dessa metodologia, é desenvolver a capacidade de tomada de decisão dos estudantes, pois essa está relacionada com a resolução de problemas do cotidiano, da vida real dos mesmos (SÁ; QUEIROZ, 2010).

Assim, o processo de tomada de decisão é muito importante para o desenvolvimento das habilidades dos estudantes, pois quando estão inseridos no contexto do caso, eles devem fazer escolhas que sejam favoráveis para a resolução do caso. Por exemplo, o uso de um reagente que tenha um menor impacto ambiental, quando comparado com aquele que agride o meio ambiente significativamente. Segundo Santos e Mortimer (2011) a tomada de decisão pode ser entendida como sendo uma maneira racional de fazer escolhas que sejam de caráter pessoal ou social, e em relação aos seus valores. Assim, para tornar válida a decisão tomada acerca do caso proposto, os estudantes devem argumentar, a fim de convencer o outro sobre a sua escolha.

Portanto, argumentar é uma necessidade presente na vida de todos os cidadãos, este é um processo social. É uma das formas de convencer o outro sobre suas ideias estarem corretas, e para isso, é necessário utilizar justificativas coerentes para torná-las ainda mais convincentes. Quando é usada essa habilidade, o indivíduo precisa raciocinar antes de falar para escolher qual teoria vai embasar suas justificativas, baseada nos critérios de raciocínio (QUEIROZ; SÁ, 2009).

A habilidade de argumentar é muito importante no ensino de ciências, principalmente para que os estudantes tenham a oportunidade de avaliar, discutir, debater e construir explicações e opiniões referentes aos assuntos a eles apresentados abordando conteúdos científicos (MARTINS; JUSTI, 2017). A prática de argumentar pode auxiliar nos processos de ensino e aprendizagem e conseqüentemente vai impactar na construção de conhecimento por parte do estudante.

Dada a importância da habilidade de argumentação no ensino, na presente pesquisa, através dos dados obtidos com o uso da metodologia estudo de caso, foram analisados os raciocínios argumentativos desenvolvidos pelos alunos durante a resolução de um estudo de caso, aplicado na disciplina de Química Orgânica I, dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Química, de uma universidade localizada no sul de MG. A narrativa do Caso trata da depressão, na qual os discentes precisavam resolver o problema de uma aluna e propor a síntese de uma nova molécula com potencial para ser usado no tratamento da doença, a partir de um conjunto de reagentes disponíveis.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir serão apresentadas algumas ideias sobre a metodologia de ensino estudo de caso, a argumentação e as suas contribuições para o ensino.

### 2.1 Estudo de caso

O Estudo de Caso é uma metodologia variante do método de Aprendizado Baseado em Problemas (ABP) ou Problem Based Learning (PBL) que é mais comumente conhecida. O ABP pode permitir ao estudante direcionar sua própria aprendizagem durante o tempo em que explora o ambiente em que está sendo construído o conhecimento (SAMPAIO; BERNARDO; AMARAL, 2016).

O ABP teve início em uma escola de medicina da universidade de McMaster, em Ontário, no Canadá, e logo se espalhou para outras faculdades de medicina em outros países e em outros tipos de graduação e pós-graduação. Essa metodologia foi criada com o objetivo de que os estudantes possam ter contato direto com problemas reais, que levem-os a tomarem decisões relacionadas a esses problemas, a prática de criticar, além de desenvolver inúmeras habilidades, como criticidade, responsabilidade, entre outras e assim conseguir conciliar com os conceitos aprendidos durante o processo de aprendizagem (SÁ; QUEIROZ, 2010).

Durante a elaboração de um caso é necessário que a história elaborada leve em consideração aspectos importantes que chamem a atenção do estudante. É preciso que o contexto do caso desperte o interesse dos estudantes pela questão apresentada e que sintam empatia pelos personagens presentes na narrativa. Isso pode auxiliar na compreensão e futura tomada de decisão para solução do mesmo (SÁ; QUEIROZ, 2010).

Segundo as autoras Sá, Francisco e Queiroz (2007) os professores podem criar narrativas de casos para ministrar suas disciplinas ou acessar narrativas de casos prontos que podem ser adaptadas às suas necessidades dentro do contexto em que ele será trabalhado, porque talvez a narrativa pronta, não aborde todo o conteúdo que os estudantes precisam aprender.

Na elaboração de uma narrativa de um “bom caso”, alguns aspectos podem ser considerados de acordo com o ponto de vista de Herreid (1998a apud SÁ; QUEIROZ, 2010). A seguir apresentamos esses aspectos.

- **Deve ter utilidade pedagógica** – deve ser útil tanto para o curso quanto para os estudantes;
- **É relevante ao leitor** – o caso deve conter situações que os estudantes possam e saibam enfrentar, algo que esteja dentro das suas condições. Além de trabalhar e melhorar o fator empatia, auxilia nos estudos;
- **Desperta o interesse pela questão** – o caso tem que ter um problema para ser resolvido. Assim, ele deve parecer real, descrever um drama;
- **Deve ser atual** – tem que descrever situações atuais, onde os estudantes possam perceber que é uma questão importante;
- **É curto** – os casos não podem ser muito longos e causar uma sensação de tédio ao leitor. Deve ser suficientemente longo para introduzir um fato;
- **Provoca um conflito** – a metodologia é fundamentada em uma situação controversa;
- **Cria empatia com os personagens centrais** – as características que os personagens possuem devem influenciar na tomada de decisão;
- **Força uma decisão** – na resolução do problema deve haver urgência e seriedade;
- **Tem generalização** – deve ser aplicado de forma geral e não apenas para uma curiosidade;
- **Narra uma história** – com desfecho no final;
- **Inclui citações** – as citações precisam ter vida e drama, uma vez que isso ajuda a ganhar a empatia para os personagens e ainda melhora na maneira de compreender uma situação.

Durante a pesquisa, foi realizado uma revisão bibliográfica na Revista Química Nova, do ano de 2011 a 2021, sobre o uso da metodologia estudo de caso. Assim, encontramos inúmeros benefícios relacionados a sua utilização.

Esta metodologia serve para dar autonomia ao estudante, investigar sobre o problema e buscar por informações que possam auxiliar na sua tomada de decisão e argumentação, isso vale tanto para estudantes da educação básica como também para o ensino superior. Além de ajudar na reflexão dos educandos sobre as várias maneiras de resolver problemas específicos que possuem relações à sua futura prática profissional (SELBACH *et al*, 2021).

O papel do professor durante a aplicação de um estudo de caso é agir como mediador, orientador, desafiando e envolvendo os estudantes na resolução do caso, pois isso exige relação com os conceitos (Macedo, Almeida e Quadros, 2021).

Devido a esses benefícios promovidos pela metodologia de ensino estudo de caso, alguns trabalhos foram realizados utilizando-a em diferentes cursos e áreas da química. Por exemplo, no trabalho de Macedo, Almeida e Quadros (2021) intitulado de “Carbonato de cálcio ou cálcio quelado? Elucidando essa dúvida por meio de estudo de caso”. O estudo de caso foi aplicado aos estudantes matriculados na disciplina de Química Analítica e Análise Quantitativa que é ofertada para os cursos de Química, Farmácia e Biomedicina. Esse trabalho tinha como objetivo analisar o quanto os alunos se envolviam com a atividade proposta, o desenvolvimento de habilidades e como constroem relações do estudo de caso com conceitos que são estudados na disciplina.

O estudo de caso aplicado neste trabalho explora os conceitos de estequiometria de reação, formação de íons complexos, equilíbrio e volumetria de complexação. Os grupos de estudantes, além de desenvolverem a resolução do caso entregue, eles também tinham que propor um procedimento para determinar o teor de cálcio em dois medicamentos e ainda, criar uma divulgação científica voltada para o público que não tinha conhecimento sobre o assunto.

No momento da entrega das atividades desses grupos de estudantes, as professoras perceberam que eles tinham cometido equívocos nos cálculos dos medicamentos, mas também houve grupos que conseguiram desenvolver a resolução com êxito. No trabalho da divulgação científica, houve grupos que fizeram cartazes muito bons para que o público leigo pudesse compreender as informações neles contidas. Ao final foi feito com os estudantes um feedback sobre a resolução do caso e eles tiveram a oportunidade de falar o que acharam sobre a metodologia. Nos fragmentos trazidos no texto, os estudantes gostaram e queriam que fosse aplicado mais de uma vez, e em outro fragmento o estudante diz que conversou sobre a narrativa do caso com a mãe que fazia o uso de suplementação de cálcio.

Como conclusão desse trabalho, os autores relatam que o uso da metodologia foi uma experiência positiva, pois os estudantes conseguiram desenvolver as habilidades propostas (trabalho em equipe e divulgação científica) e, além disso, os estudantes levaram o caso além das fronteiras da escola e ainda solicitaram mais atividades com esse caráter.

Diante disso, o presente trabalho mencionado acima, auxilia a perceber que a aplicação da metodologia de ensino estudo de caso traz muitos pontos positivos em relação a aprendizagem dos estudantes que estão envolvidos com a narrativa, e isso faz com que os conceitos trabalhados em sala de aula façam mais sentido, pois assim, eles podem usar para aplicar em situações cotidianas. Além das habilidades citadas no trabalho apresentado, o estudo de caso também auxilia no desenvolvimento de outras habilidades importantes, como tomada de decisão, melhora na linguagem (escrita e oral) entre outros.

## **2.2 Argumentação**

A argumentação é considerada como um processo social, no qual os indivíduos tentam expressar suas opiniões acerca de um assunto, para isso, é interessante que utilizem uma linguagem adequada a ideia que pretendem defender. Desta maneira a linguagem é um elemento fundamental na aprendizagem, especialmente de conhecimentos científicos (SANTOS; MORTIMER; SCOTT, 2011). Pois, para que seja possível aprender sobre ciência, é preciso desenvolver outras habilidades, como falar, escrever e ler de maneira que seja eficiente para a aprendizagem (SÁ; QUEIROZ, 2007).

Na argumentação os indivíduos utilizam evidências e teorias para auxiliar nas suas justificativas a respeito de determinado assunto, e ainda, eles podem validar ou refutar sobre seus argumentos tornando-os válidos ou não (IBRAIM; JUSTI, 2021).

Levando em consideração a sua importância, a argumentação tem ganhado grande destaque nos estudos científicos, assim, profissionais da área defendem a ideia de que os alunos a pratiquem em sala de aula (SÁ; QUEIROZ, 2007; LOURENÇO; QUEIROZ, 2020; SANTOS; MORTIMER; SCOTT, 2011). De acordo com Sá e Queiroz (2007), a argumentação pode ser entendida da seguinte maneira:

A argumentação é uma atividade social, intelectual e verbal, utilizada para justificar ou refutar uma opinião e que consiste em fazer declarações, levando em consideração o receptor e a finalidade com a qual se emitem. Para argumentar é necessário escolher entre diferentes opções ou explicações e raciocinar sobre os critérios que permitam avaliar como mais adequada a opção escolhida. (SÁ; QUEIROZ, 2007, p. 2035).

É importante que sejam estabelecidos ambientes de ensino onde seja possível desenvolver a habilidade de argumentação dos alunos. Pois essa prática auxilia na construção de conhecimento por parte dos alunos e na melhor compreensão de conceitos científicos. Tal assunto tem sido discutido tanto para o ensino básico quanto para o ensino superior. Com isso, estudos têm sido desenvolvidos para detectar estratégias de ensino capazes de promover a capacidade argumentativa dos discentes e analisar e avaliar essas argumentações em discussões em aulas de ciências (SÁ; QUEIROZ, 2007; LOURENÇO; QUEIROZ, 2020; SANTOS; MORTIMER; SCOTT, 2011).

Contudo, a habilidade argumentativa é pouco utilizada, são poucos os professores capacitados para colocá-la em prática durante as aulas oportunizando que os alunos desenvolvam essa habilidade (LOURENÇO; QUEIROZ, 2020). Mas, de acordo com Ibraim e Justi (2021) cabe ao professor propor ambientes argumentativos e também a chamar a atenção dos estudantes para a participação, visto que é muito importante, pois precisam estar ativos durante o processo de sua aprendizagem.

Neste contexto destacamos o trabalho de Lourenço et al (2021) envolvendo licenciandos em ciências exatas de uma universidade pública brasileira, matriculados em uma disciplina de Prática no Ensino de Química. A pesquisa tinha como objetivo investigar as reflexões dos licenciandos em química sobre o desenvolvimento de regências voltadas à prática argumentativa e implementadas em aulas no ensino médio.

As regências dos licenciandos foram gravadas em áudio e vídeo e depois disponibilizadas. Para a pesquisa eles tinham que escolher dois fragmentos da regência para analisar se os critérios esperados foram atendidos e se a argumentação foi abordada. Nesses fragmentos da regência podia conter ou não episódios em que a argumentação foi alcançada. Outro ponto para escolhas dos fragmentos, os licenciandos tiveram que indicar quais critérios foram atendidos durante a sua regência. Esses critérios foram criados juntamente com a professora da disciplina, onde os licenciandos tinham que pontuar ações docentes que podem auxiliar na prática argumentativa dos estudantes em sala de aula.

Em cada momento das regências os licenciandos buscaram condições para que os alunos pudessem argumentar, em alguns momentos eles argumentaram, em outros não, onde os alunos sentiram apatia pela prática de argumentar. É destacado no texto que os licenciandos tentaram estabelecer relações dos conteúdos com aspectos do cotidiano dos alunos, pois é interessante para promover processos argumentativos.

Como conclusão para este trabalho, os autores destacaram que:

“o destaque concedido às estratégias didáticas nas reflexões dos participantes desta pesquisa sugere a relevância de apresentação, discussão e vivência, em cursos de formação de professores, tanto das que colocam os alunos em situação de protagonismo em ambientes de ensino, quanto das aulas expositivas, que também trazem em seu bojo elementos que subsidiam a construção de argumentos. Nesse contexto, é recomendável um olhar atencioso às ações que podem ser embutidas nas estratégias em pauta, favorecendo o engajamento nas aulas, tais como: o incentivo à discussão entre os alunos e a que escutem as opiniões dos colegas; o encorajamento à apresentação das ideias dos alunos e a que se posicionem frente a elas; a valorização de pontos de vista diferentes dos alunos. A complexidade, inclusive do ponto de vista emocional, que caracteriza a docência, foi evidenciada nas reflexões dos licenciandos e não pode ser relegada a um segundo plano, principalmente quando se trata da implementação de aulas argumentativas, que tendem a estar carregadas de conflitos e polêmicas, exigindo, por vezes, tomada de decisão diante da constituição de embates entre os alunos. É, portanto, recomendável o tratamento, durante a formação de professores, de aspectos que favoreçam o reconhecimento, por parte dos licenciandos, de comportamentos e emoções que venham a estar presentes no ambiente educativo, propiciando ou cerceando a concretização de espaço afetivamente favorável à construção de argumentos” (LOURENÇO et al 2021, p.139).

Também ressaltamos que a argumentação no ensino de ciências, segundo Ibraim e Justi (2021), possui algumas potencialidades que estão diretamente vinculadas ao desenvolvimento de competências comunicativas (oral e escrita) e também ao pensamento crítico dos estudantes. Favorecendo por exemplo a avaliação das evidências que podem ser utilizadas para sustentar uma afirmativa. Uma vez que as evidências “são construídas a partir da interpretação de dados empíricos ou teóricos e que se baseia em modelos científicos” (IBRAIM; JUSTI, 2021, p. 17). Assim, uma vez que estes estudantes estão em situações argumentativas, eles têm a possibilidade de analisar as evidências disponíveis, avaliar os argumentos apresentados e discutir sobre questões controversas, podem obter posicionamentos críticos, que os tornam cidadãos ativos na sociedade (IBRAIM; JUSTI, 2021).

Com a imersão dos estudantes em ambientes argumentativos, onde podem falar sobre diversos assuntos, os mesmos precisam criar uma linha de raciocínio para que as suas falas façam sentido. Assim, essas linhas de raciocínios foram analisadas por alguns autores, como exemplo Martins e Justi (2017) que desenvolveram uma ferramenta que consiste na análise dos argumentos dos estudantes. Essa ferramenta consiste em estabelecer relações entre teoria (T), justificativa (J) e evidência (E) que compõe a estrutura de uma linha de raciocínio argumentativo (LRA) expressos e classificar de acordo com o nível de complexidade que cada uma possui. Para a presente pesquisa foi

utilizado a ferramenta proposta por Martins e Justi (2017) para analisar as linhas de raciocínios argumentativos expressos pelos grupos de estudantes em uma disciplina de Química Orgânica I focado no estudo de caso.

### **3 METODOLOGIA**

A presente pesquisa é caracterizada como qualitativa. De acordo com Bogdan e Biklen (1994) os dados da pesquisa qualitativa são considerados predominantemente descritivos, onde os dados são recolhidos na forma de palavras e não de números. Os dados são descrições de vídeos, fotografias, notas de campo, documentos pessoais, onde todo o ambiente natural da pesquisa é considerado importante. Os pesquisadores envolvidos na busca pelos dados estão mais interessados pelo processo do que no produto, pois durante o processo é possível perceber situações que podem ser muito úteis nas descrições dos dados.

De acordo com essas características da pesquisa qualitativa, os dados desta pesquisa foram obtidos em diferentes momentos do processo de resolução do caso. Atividades como questionário prévio, questionário guia e questionário orientador auxiliaram na execução do relatório escrito e apresentação oral, no qual esses últimos dois instrumentos foram analisados no presente trabalho.

#### **3.1 Contexto da Pesquisa**

Os dados da pesquisa foram coletados nas aulas da disciplina GQI 106 – Química Orgânica I, ofertada pela Universidade Federal de Lavras, no terceiro período das matrizes curriculares dos cursos, com 21 alunos da turma 13 A (Química licenciatura) e 22 alunos da turma 21 A (Química bacharelado), ao todo contabilizando 43 alunos matriculados no primeiro período letivo no ano de 2021 (12/08/2021 a 02/12/2021). Os conteúdos trabalhados estão presentes na ementa da disciplina, e a partir da aprendizagem desses, podem auxiliar os alunos a resolver a problematização do caso baseado no seu aprendizado. A seguir no Quadro 1, a ementa é apresentada de maneira sintética.

**Quadro 1** - Ementa da disciplina GQI106**Ementa da disciplina GQI 106 – Química Orgânica I:**

- 1) A estrutura das moléculas orgânicas.
- 2) Grupos funcionais
- 3) Isomeria constitucional e estereoisomeria – compostos quirais.
- 4) As reações dos compostos orgânicos e seus mecanismos (reações radicalares e iônicas)
- 5) Alcanos – Nomenclatura. Análise conformacional. Reações.
- 6) Alquenos e alquinos – Nomenclatura. Reações.
- 7) Hidrocarbonetos aromáticos - Fenômeno da aromaticidade. Nomenclatura. Reações.

Fonte: Plano de ensino do SIG - UFLA 2021.

As aulas foram ministradas pela professora responsável da disciplina GQI 106 (período letivo de 2021/1) remotamente, como era exigido pela instituição, devido a pandemia causada pelo Covid-19. As lives semanais tinham duração de uma hora e meia a duas horas. As mesmas eram gravadas através do google meet e depois encaminhadas para os alunos devidamente matriculados na disciplina. Além das realizações das lives semanais, os alunos também recebiam Roteiros de Estudo Orientados (REOs), semanais ou quinzenais, disponibilizados através do campus virtual. Os REOs continham algumas orientações e ações necessárias para a construção de conceitos propostos na ementa da disciplina, como leituras de referenciais (bibliografia básica e complementar proposta no plano de curso), e assistir a vídeos aulas disponibilizadas no YouTube (previamente avaliadas pela docente responsável pela disciplina).

As atividades referentes ao estudo de caso foram disponibilizadas pela docente responsável ao longo do período letivo. Como estavam em ensino remoto, todas as atividades foram realizadas utilizando plataformas digitais educacionais como meio para obter respostas aos questionários, por exemplo, o google forms.

Durante a realização do período letivo de 2021/1 duas licenciandas e pesquisadoras tiveram participação nas atividades referentes ao estudo de caso. Essas pesquisadoras estavam realizando suas pesquisas para que posteriormente utilizassem em suas monografias, que é exigida pelo curso.

Para executar as atividades relacionados ao estudo de caso, os alunos foram divididos em grupos. Assim oito grupos foram criados, sendo três grupos compostos por seis membros e cinco grupos composto por cinco membros. No Quadro 2 a seguir estão ilustradas as atividades propostas para inserção da metodologia de ensino estudo de caso na disciplina.

**Quadro 2:** Atividades relacionadas a metodologia estudo de caso empregadas ao longo do desenvolvimento da disciplina.

| <b>Datas</b> | <b>Atividades</b>   |
|--------------|---|
| 02/09/2021   | At. 1: Questionário prévio para analisar os conhecimentos prévios dos alunos sobre medicamentos.  |
| 23/09/2021   | At. 2: Entrega do Estudo de Caso. Breve explicação sobre a metodologia de ensino pela docente responsável e leitura da narrativa do caso em aula via google meet. |
| 23/09/2021   | At. 3: Questionário para guiar os estudantes na interpretação do caso.  |
| 27/09/2021   | At. 4: Questionário para orientar os estudantes na resolução do caso.   |
| 22/11/2021   | At. 5: Entrega do trabalho escrito com a resolução do caso.   |
| 25/11/2021   | At. 6: Apresentação do trabalho oral relatando sobre qual medicamento sintetizaram para a resolução do caso.  |

Fonte: Elaboração da autora (2022).

A atividade 1 (At. 1) foi um questionário prévio (APÊNDICE A) que foi realizada de maneira individual, pois era para ter acesso aos conhecimentos prévios de cada aluno matriculado na disciplina sobre o tema do caso, medicamento.

A atividade 2 (At. 2) foi a entrega do caso aos alunos, essa foi realizada pela docente responsável pela disciplina. Ela explicou aos alunos sobre o que é o estudo de caso, pois foi a metodologia utilizada. A docente fez a leitura da narrativa na aula para auxiliar os alunos a interpretarem o caso.

A atividade 3 (At. 3) foi um questionário guia (APÊNDICE B) que foi realizada de maneira individual, na qual os alunos foram guiados, através de perguntas norteadoras para a interpretação do caso. O questionário guia serviu para ajudar os alunos a interpretarem o caso para que pudessem fazer relações com o que precisavam propor para solução.

Atividade 4 (At. 4) foi um questionário orientador (APÊNDICE C) que foi realizada em grupo, como o próprio nome diz, tinha como objetivo orientar os alunos

durante a resolução do caso. Essa atividade serviu para ajudar os alunos a tomarem decisões sobre o caso.

As atividades 5 e 6 (At. 5 e 6) também foram realizadas em grupo, na qual os alunos apresentaram suas sínteses de possíveis moléculas com potenciais para serem testadas para posteriores usos no tratamento da doença presente no caso, que é a depressão. A atividade 5 foi entregue na forma escrita e na atividade 6 realizada uma apresentação oral, durante uma aula remota através do google meet.

Além das aulas ministradas pela docente responsável, no dia 09/11/2021 as licenciandas e pesquisadoras fizeram uma live especialmente para tirar dúvidas dos grupos sobre a resolução do caso. Foram feitas várias perguntas sobre a atividade, então percebeu-se que os alunos estavam com muitas dificuldades quanto a resolução do caso e em criar uma proposta de uma nova molécula, que poderia se tornar um medicamento após a realização de outras etapas necessárias a este processo. Na aula seguinte a docente responsável dedicou alguns minutos da live para responder algumas questões aos alunos, das quais ainda estavam sem respostas. Após a entrega do trabalho escrito e a apresentação oral, no dia 02/12/2021 os estudantes também fizeram uma avaliação da estratégia estudo de caso, intitulada Feedback sobre o Estudo de Caso (APÊNDICE D). Algumas respostas dos estudantes para este questionário estão apresentadas no tópico “Avaliação da metodologia estudo de caso pelos alunos da disciplina química orgânica I”. As respostas consideradas para esse momento foram as que traduziram uma visão mais completa da metodologia estudo de caso.

### **3.2 Construção dos dados**

A narrativa do caso utilizada nessa pesquisa já existia, ela foi adaptada pelas pesquisadoras para o momento que o planeta estava vivendo, que foi a pandemia causada pelo Covid-19. Antes da adaptação feita, o caso foi aplicado abordando outros momentos, mas o tema central que é medicamento continuou o mesmo.

Na adaptação feita pelas pesquisadoras, o problema central abordado no caso tratava-se de uma aluna fictícia com a doença depressão. A partir disso, os discentes da disciplina, tinham que propor reações e mecanismos capazes de ilustrar a síntese de um possível fármaco para ser utilizado para tratar a doença. Eles tinham acesso a um conjunto de reagentes que serviriam para sintetizar um novo medicamento baseado em uma molécula constituída por um anel aromático dissubstituído contendo grupamento

alquila em sua composição. O foco principal da síntese desse novo medicamento é amenizar efeitos colaterais e buscar não agredir significativamente o meio ambiente; os discentes tinham que pensar na síntese, mas também nos princípios da química verde.

Durante a resolução do caso, baseado nos reagentes disponibilizados, os alunos deveriam propor uma reação de adição em compostos contendo ligações insaturadas em carbonos  $sp^2$  para obter um haleto de alquila, o qual era necessário para realização da alquilação de Friedel - Crafts do anel aromático, condição obrigatória descrita na narrativa do estudo de caso para obtenção da molécula do fármaco. Outras reações como de nitração, sulfonação, halogenação, acilação e até mesmo mais uma alquilação poderiam ser escolhidas para obter o aromático dissubstituído a ser proposto como possível fármaco. Tais reações estavam presentes na ementa da disciplina e foram tratadas durante as aulas. Na narrativa do caso os alunos tinham um grupo de reagentes que poderiam ser utilizados para propor sua síntese, por isso, era muito importante que eles fizessem as escolhas de seus reagentes, porque isso iria interferir na molécula final do grupo.

Na elaboração da narrativa de caso as pesquisadoras buscaram atender as características de um bom caso, segundo Herreid (1998a apud SÁ; QUEIROZ, 2010). A seguir, no Quadro 3, está a narrativa do caso utilizado para essa pesquisa.

### **Quadro 3:** Narrativa do caso

No início do ano de 2020, Lívia, nascida e criada em Botucatu - SP, ingressou na Universidade Federal de Lavras no curso de Química de modo presencial. Porém com apenas duas semanas letivas de aulas, foi recomendado a suspensão das mesmas, para que não houvesse propagação do vírus dentro da universidade, pois no Brasil havia casos da COVID-19. Com as aulas suspensas, os alunos voltaram para suas cidades. De acordo com o momento que estava sendo vivido e sabendo que seria impossível o retorno presencial das aulas, já que o contágio do vírus aumentava gradativamente, as instituições de ensino optaram por retomar as aulas no formato de estudo remoto emergencial (ERE).

Em meio a pandemia da Covid-19 e as aulas no formato de ERE, Lívia teve algumas dificuldades de adaptação à nova rotina e como consequência passou a sentir-se angustiada, com medos, preocupações excessivas e vontade de chorar. Tal quadro acabou por prejudicar seu desenvolvimento acadêmico.

Nesse contexto Lívia buscou algumas informações na internet sobre os sintomas que estava sentindo e encontrou uma reportagem que lhe chamou mais a atenção.

*Depressão: a doença mais incapacitante de 2020*

*“Os efeitos de viver constantemente com esta sobrecarga física e psíquica*

*desencadeiam sofrimentos que, não raro, levam a quadros de ansiedade e depressão, minando a nossa autoestima, um dos sentimentos mais importantes para o ser humano.*

*A depressão chega de mansinho, silenciosamente, através de reações comuns do nosso dia a dia como a falta de energia, confundida com cansaço, desinteresse em atividades que antes davam prazer, isolamento, pessimismo, mudanças no apetite e no sono, sentimento de inutilidade e pensamentos recorrentes de morte que, na pior das hipóteses, podem levar ao suicídio.*

*Apesar dos inúmeros casos de depressão na população, afinal todo mundo conhece, no mínimo, uma pessoa que tem ou teve depressão, ainda há muitos mitos sobre esta doença: que é falta de vontade, fingimento, fraqueza e até falta de caráter. O medo deste estigma impede muitas pessoas de buscarem ajuda por vergonha ou até mesmo por desconhecimento dos primeiros sintomas.*

*De qualquer forma, é preciso encarar a depressão e o tratamento que, além de hábitos saudáveis na rotina, inclui essencialmente a psicoterapia e, na maioria dos casos, a medicação. ”*

*Trechos extraídos de: <https://g1.globo.com/sp/presidente-prudente-regiao/blog/psicoblog/post/2020/01/12/depressao-a-doenca-mais-incapacitante-de-2020.ghtml>*

Após ler a reportagem, Lívia acessando sua rede social viu que o Centro Acadêmico (C.A) de Química estava promovendo uma palestra sobre o setembro amarelo enfatizando a depressão, contando com o apoio de uma profissional. No mesmo momento ela se inscreveu para participar da palestra.

Na palestra com a Psicanalista Joana, Lívia ouviu falar novamente da depressão e percebeu algumas semelhanças entre o que estava sentindo e os sintomas característicos da doença. Sabendo da gravidade da doença, Lívia buscou ajuda de uma psicóloga na sua cidade, que fazia atendimentos on-line.

Em uma de suas sessões, a psicóloga Amanda lhe disse:

*– Lívia, a depressão é muito mais que um estado de tristeza. A diversidade nos sintomas torna complexo o diagnóstico. Agora que já estamos fazendo esse acompanhamento e já entendemos como cada sintoma se apresentou, acredito ser necessária uma avaliação, junto ao médico psiquiatra, para podermos prosseguir de forma orientada o seu tratamento clínico. Não se preocupe! É sempre necessário avaliarmos o quadro e descartar questões biológicas nos diversos casos que são apresentados. Por isso, sempre após a anamnese, verifico a necessidade de acompanhamento com algum médico especialista.*

Antes de consultar o psiquiatra, a estudante realizou uma breve pesquisa sobre os medicamentos utilizados para o tratamento da depressão e ficou muito preocupada com os seus efeitos colaterais. Com isso, Lívia sentiu-se receosa em consultar um psiquiatra, mas venceu o preconceito, e passou por uma consulta, no qual foi aconselhada a continuar o acompanhamento psicológico, sem a necessidade de medicamentos antidepressivos.

Devido à pesquisa que fizera sobre os medicamentos e seus efeitos colaterais, e por conta da experiência que ela passou, Lívia se interessou pelo assunto. Assim, ela escreveu um e-mail para seu orientador de iniciação científica, Prof. Marcos, a respeito



Após a resolução do caso, foram desenvolvidas as linhas de raciocínios argumentativos elaboradas pelos estudantes a partir do trabalho escrito e da apresentação oral (transcritas pela pesquisadora).

### 3.3 Análise dos dados

Para analisar os raciocínios argumentativos que os estudantes da disciplina de química orgânica I expressaram para resolver o caso sobre a doença depressão, durante a elaboração do relatório escrito e a apresentação oral, foi utilizada a ferramenta metodológica proposta por Martins e Justi (2017); que visa caracterizar as relações entre teorias, evidências e justificativas explicitadas pelos estudantes.

Inicialmente identificamos todos os argumentos produzidos pelos estudantes no relatório escrito e na transcrição da apresentação oral. Os trabalhos dos dois grupos analisados nessa pesquisa foram escolhidos devido à participação de duas estudantes que se destacaram interagindo com a professora durante as lives, bem como, nas atividades propostas sobre o estudo de caso, cada uma das estudantes participava em um grupo. E classificamos o que seriam:

“as teorias (afirmativas, ponto de vista, ideia ou opinião que se deseja provar), justificativa (razão ou causa que dá suporte a uma afirmativa e a conecta a evidências) e evidência (observação, fato ou dado que oferece suporte à afirmativa) no texto e fala elaborados pelos estudantes.” (MARTINS; JUSTI, 2017, p.13)

Em seguida, para cada teoria defendida foi elaborada uma representação das linhas de raciocínios argumentativos (LRA) que os estudantes apresentaram, ou seja, evidenciamos por meio de uma figura como eles organizaram suas ideias (vincularam suas justificativas e evidências) para apoiar suas teorias.

Na Figura 1, assim como em todas as seguintes relacionadas aos raciocínios argumentativos usamos as representações:

- Teorias são representadas em elipses.
- Evidências (E) são representadas em retângulos sem vértices.
- Justificativas (J) são representadas em retângulos.
- Linhas de Raciocínios Argumentativos “LRA são compreendidas como formas diferentes de raciocínios para sustentar uma mesma teoria. Portanto, uma teoria pode ser sustentada por várias LRA” (MARTINS; JUSTI, 2017, p.14).

**Figura 1** - Representação da estrutura do raciocínio argumentativo.



Fonte: Elaboração da autora (2022).

Todas as representações elaboradas foram validadas pelo grupo de pesquisa. Os integrantes do grupo faziam uma análise prévia se concordavam ou não com as classificações em teoria, evidência e justificativa feitas pela autora da monografia e discutiam nas reuniões de grupo.

Para finalizar a análise, as representações foram categorizadas quanto ao nível de complexidade (NC) de cada linha de raciocínio argumentativo (LRA), ou seja, analisado o esforço cognitivo desempenhado pelos estudantes na elaboração dos argumentos (MARTINS; JUSTI, 2017). Para tanto foram usadas as categorias propostas por Martins e Justi (2017) apresentadas no Quadro 4.

**Quadro 4** – Níveis de complexidade quanto ao esforço cognitivo e sua descrição.

| NC        | Descrição  |
|-----------|--|
| <b>1A</b> | Seleção de um dado relevante (evidência) em um conjunto de dados para dar suporte à uma teoria.                                  |
| <b>1B</b> | Seleção e inter-relacionamento de múltiplos dados relevantes (evidências) em um conjunto de dados para dar suporte à uma teoria. |
| <b>2A</b> | Elaboração de uma justificativa não apoiada por evidência para dar suporte à uma teoria.   |
| <b>2B</b> | Elaboração de múltiplas justificativas inter-relacionadas, mas não apoiadas por evidências, para dar suporte à uma teoria.       |
| <b>3A</b> | Elaboração de uma justificativa apoiada por evidências para dar suporte à uma teoria.  |
| <b>3B</b> | Elaboração de múltiplas justificativas inter-relacionadas e apoiadas por evidências para dar suporte à uma teoria.               |

Fonte: Martins e Justi (2017, p. 14).

Segundo as autoras Martins e Justi (2017), o NC 3B é considerado o de maior complexidade pois temos múltiplas justificativas e evidências apoiando uma teoria. Para categorizar as linhas de raciocínios argumentativos (LRA) quanto ao nível de complexidade (NC), para esse trabalho a categoria 3A foi adaptada no que diz respeito ao número de evidências explicitadas para dar apoio a justificativa. No Quadro 4, no NC 3A era esperado que houvesse mais de uma evidência apoiando a justificativa para dar suporte a teoria. Mas, em algumas LRA houve apenas uma evidência ligada à justificativa para dar suporte a teoria. Neste trabalho é considerado o NC 3A\* com apenas uma evidência apoiando a justificativa.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão discutidas informações sobre as expectativas de uso de conceitos trabalhados na disciplina, pela docente responsável, durante a resolução do caso, e as linhas de raciocínios argumentativos apresentadas por dois grupos de alunos. As linhas de raciocínios argumentativos apresentadas foram elaboradas a partir do trabalho escrito entregue pelos grupos e da apresentação oral (transcritas pela pesquisadora).

### 4.1 Como resolver o caso de acordo com o que era esperado pela professora

Para resolver o caso, os alunos precisavam atender a algumas condições que eram essenciais e utilizar o máximo de reações químicas possíveis, preferencialmente as que foram trabalhadas durante as aulas da disciplina. Na narrativa do caso entregue aos alunos, foi falado sobre os compostos aromáticos dissubstituídos contendo grupo alquila como potenciais fármacos, ou seja, o fármaco que seria proposto, precisava ter um anel aromático dissubstituído e um grupamento alquila ligado a ele. Então os alunos deveriam levar em consideração essas condições para propor a síntese de uma nova molécula, possível fármaco para o tratamento da depressão.

Uma reação química obrigatória na síntese, devido às condições apresentadas na narrativa do caso, é a alquilação de Friedel-Crafts (conceito trabalhado na disciplina), isso para que se tenha um grupo alquila ligado ao anel aromático. Mas, no conjunto de reagentes disponibilizados, nenhum tinha as características necessárias para a alquilação, haleto de alquila. Assim, antes de realizar a alquilação, necessariamente, era preciso fazer uma reação de adição de haletos de hidrogênio a algum composto com ligação insaturada em carbonos  $sp^2$  disponível no caso, o que remeteria os alunos as reações de adição em alcenos (conceitos trabalhados na disciplina). Os haletos de hidrogênio disponíveis no caso para essa reação, eram HCl e HBr. Para essa reação de adição, o caso possuía um total de oito moléculas que além da insaturação, apresentavam átomos de nitrogênio, oxigênio, enxofre e hidroxilas, que poderiam ser utilizados. A escolha dependia de quais átomos desejariam compor a molécula final do fármaco.

Durante a reação de obtenção do haleto de alquila, a professora tinha como expectativa, que os alunos se atentassem para a formação de intermediários mais estáveis. Para tal eles deveriam considerar a estabilidade dos carbocátions gerados

(metila, primário, secundário ou terciário), bem como o rearranjo dos mesmos, uma vez que as moléculas propostas apresentavam a possibilidade de formação de carbocátions vizinhos a cadeias cíclicas, podendo assim se estabilizarem considerando a diminuição da tensão de Baeyer nos intermediários formados.

A alquilação de Friedel-Crafts era uma condição que deveria ser atendida obrigatoriamente para obtenção do aromático dissustituído. Mas, os alunos poderiam começar com uma reação de nitração, sulfonação, acilação ou halogenação, pois essas são as possíveis reações químicas estudadas na disciplina e com reagentes disponibilizados no estudo de caso. Mas, ao escolher uma reação, primeiro deveriam pensar no efeito que o substituinte terá na orientação da substituição eletrofílica aromática, ou seja, *meta*, *orto* ou *para* e se esse substituinte vai ativar ou desativar o anel. O fato de ativar ou desativar o anel implica na substituição que ocorrerá após a primeira. Quando o primeiro substituinte for um ativador do anel, vai favorecer a próxima substituição e de maneira geral orientará para as posições *orto-para*, enquanto que, se o primeiro substituinte for um desativador do anel, vai dificultar a segunda substituição e de maneira geral orientará para a posição *meta*. A alquilação de Friedel-Crafts era a primeira reação de substituição esperada, pois vai ativar o anel aromático, e isso facilita a próxima substituição, que poderia ser qualquer uma das reações citadas anteriormente.

Se a reação de acilação de Friedel-Crafts fosse escolhida após a alquilação de Friedel-Crafts, o caso dispunha de oito moléculas que poderiam ser utilizadas, essa escolha dependeria de quais átomos os estudantes queriam presentes na molécula final. Além desses átomos presentes nesses reagentes para acilar, no composto final também teriam a presença de uma carbonila, pois está presente nesses reagentes, dando origem a uma cetona.

Se a reação de nitração fosse escolhida, os alunos poderiam justificar que desejavam o átomo de nitrogênio ligado no anel, pois observou que está presente em moléculas já existentes em fármacos para tratar a doença. A reação de nitração ocorre a partir do ácido nítrico na presença do ácido sulfúrico.

Se a reação de sulfonação fosse escolhida, os alunos poderiam justificar que queriam a presença do enxofre no anel aromático, pois observou que está presente em moléculas já existentes em fármacos para tratar a doença. A reação de sulfonação ocorre a partir do ácido sulfúrico concentrado ou fumegante.

Se a reação de halogenação fosse escolhida pelos alunos, eles poderiam justificar que queriam bromo ou cloro (disponíveis no caso) ligado ao anel, pois observaram que estão presente em moléculas já existentes em fármacos para tratar a doença.

## 4.2 Raciocínios argumentativos do grupo 1 para o trabalho escrito

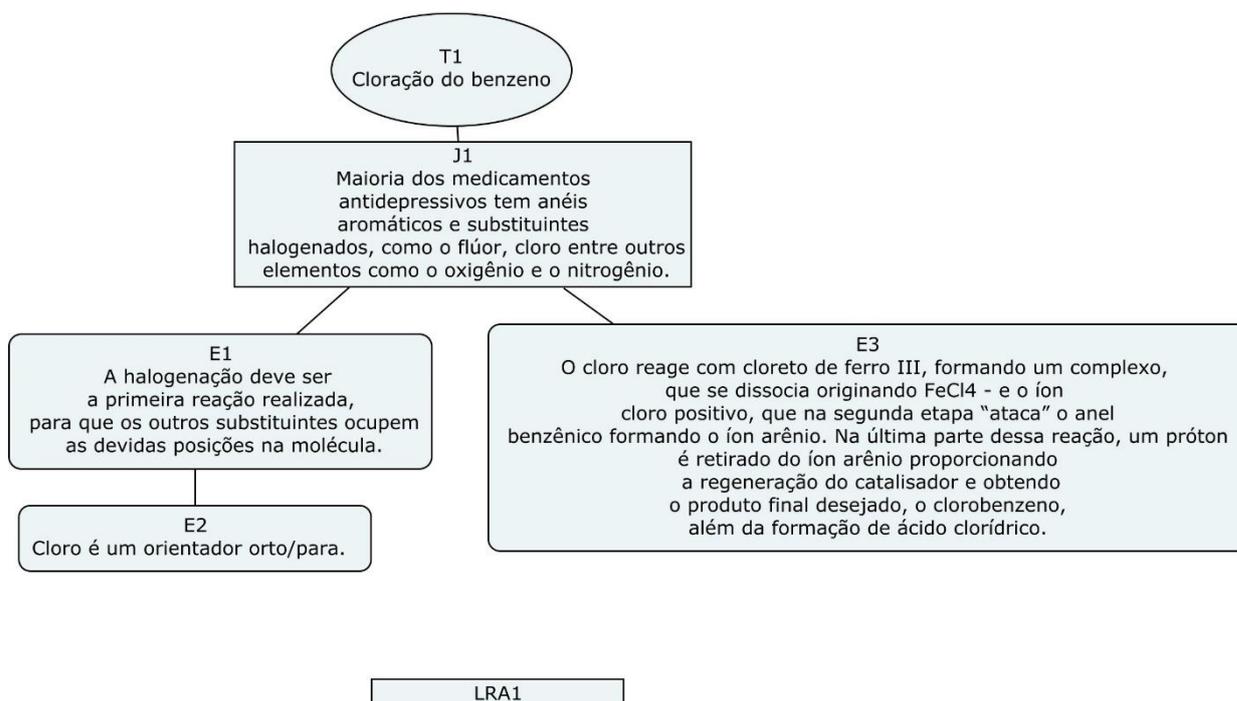
O grupo 1 era composto por seis discentes e apresentaram no total cinco teorias para sintetizar a nova molécula, que serão apresentadas a seguir.

No trabalho escrito, o grupo 1 defende a teoria 1 (T1) Figura 2: “Cloração do benzeno” e utiliza a justificativa 1 (J1): “A maioria dos medicamentos antidepressivos tem anéis aromáticos e substituintes halogenados, como o flúor, cloro entre outros elementos como o oxigênio e o nitrogênio” para dar suporte a escolha da teoria.

Essa justificativa 1 (J1) é sustentada por três evidências, na qual a evidência 2 (E2) está relacionada com a evidência 1 (E1) e a evidência 3 (E3) está relacionada com a justificativa. Na evidência 1 (E1) o grupo diz que: “A halogenação deve ser a primeira reação a ser realizada, para que os outros substituintes ocupem as devidas posições na molécula” essa evidência está relacionada com a evidência 2 (E2): “O cloro é um orientador *orto/para*”. É importante ressaltar que o cloro compondo a molécula era esperado, todavia os alunos não consideraram o cloro como um desativador fraco. Logo apresentaram o conceito de orientador e ignoraram o conceito de ativador e desativador.

A Linha de Raciocínio Argumentativo (LRA) para essa teoria pode ser observada na Figura 2. A partir dela é possível observar que o grupo utilizou justificativa e evidências que se conectam para sustentá-la.

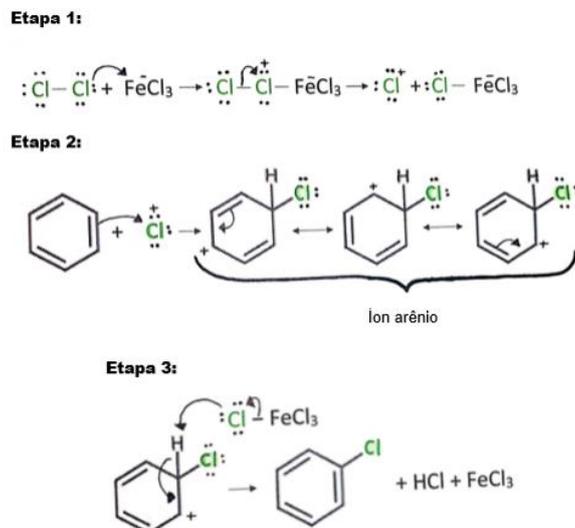
**Figura 2:** Esquema de raciocínio argumentativo elaborado pelo grupo 1 para a primeira reação com anel benzênico.



Fonte: elaboração da autora (2022).

Ainda assim, há mais uma evidência que está relacionada diretamente com a justificativa 1, que é a evidência 3 (E3): “O cloro reage com cloreto de ferro III, formando um complexo, que se dissocia originando  $\text{Fe}^-\text{Cl}_4$  e o íon cloro positivo, que na segunda etapa “ataca” o anel benzênico formando o íon arênio. Na última parte dessa reação, um próton é retirado do íon arênio proporcionando a regeneração do catalisador e obtendo o produto final desejado, o clorobenzeno, além da formação de ácido clorídrico”. Essa evidência 3 (E3) relata como ocorreu a reação do cloro com o anel benzênico mostrando tudo que aconteceu durante a reação. As reações utilizadas para essa teoria podem ser visualizadas a seguir na Figura 3 extraída do trabalho escrito.

**Figura 3: Mecanismo de reação de substituição com gás cloro.**



Fonte: Trabalho escrito.

Além de apresentarem o mecanismo completo, o grupo apresentou também a reação global, que pode ser visualizada na Figura 4, também extraída do trabalho escrito.

**Figura 4: Reação global entre benzeno e cloro**

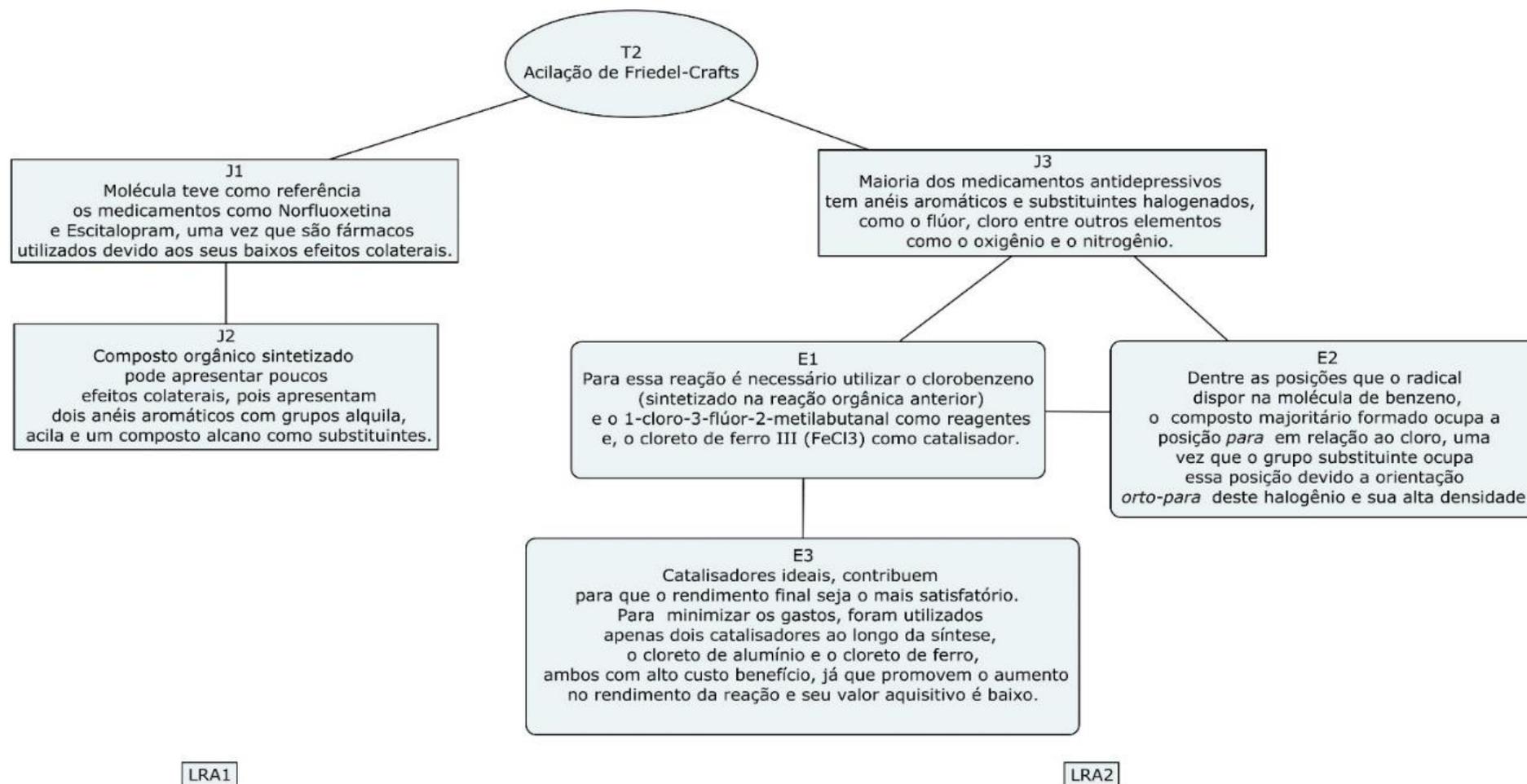


Fonte: Trabalho escrito.

Ainda em relação ao trabalho escrito, o grupo 1 expressou duas LRA para dar suporte a teoria 2 (T2): “Acilação de Friedel-Crafts” que podem ser observadas na Figura 5.

A justificativa 1 (J1) tem uma relação direta com a justificativa 2 (J2). Na linha de raciocínio argumentativo 1 (LRA1), na justificativa 1 (J1) o grupo diz que: “Molécula teve como referência os medicamentos como Norfluoxetina e Escitalopram, uma vez que são fármacos utilizados devido aos seus baixos efeitos colaterais”. Pelo fato do grupo exemplificar utilizando esses dois fármacos já existentes, percebe-se que eles realizaram pesquisas autônomas para auxiliar no desenvolvimento da síntese proposta no caso, assim, pode-se notar que o grupo desenvolveu essa habilidade, pois é muito importante ter autonomia no seu processo de ensino e aprendizagem.

**Figura 5:** Esquema de raciocínio argumentativo elaborado pelo grupo 1 para a reação de acilação de Friedel-Crafts

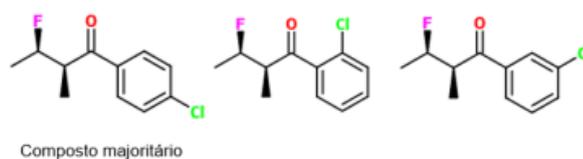


Fonte: elaboração da autora (2022).

O que pode ter levado o grupo a chegar na sua molécula final com 2 anéis benzênicos compondo a estrutura, foi a partir da observação da estrutura dos fármacos citados por eles. Corroborando com a justificativa 2 (J2): “Composto orgânico sintetizado pode apresentar poucos efeitos colaterais, pois apresentam dois anéis aromáticos com grupos alquila, acila e um composto alcano como substituintes”. O termo alceno não está sendo utilizado corretamente, para esse termo é utilizado carbono hibridizado em  $sp^3$ . Portanto, na LRA1 o grupo não utilizou evidências para dar suporte às justificativas apresentadas.

Na LRA2 o grupo apresentou a justificativa 3 e mais três evidências para dar suporte a ela. Assim, essa se torna a mais elaborada das duas. A justificativa 3 (J3) está diretamente relacionada com a evidência 1 (E1) e 2 (E2), que estão relacionadas entre si, mas a evidência 3 (E3) está diretamente relacionada somente com a evidência 1(E1). Na justificativa 3 (J3) o grupo diz que: “Maioria dos medicamentos antidepressivos há anéis aromáticos e substituintes halogenados, como o flúor, cloro entre outros elementos como o oxigênio e o nitrogênio”, assim, o grupo utilizou a evidência 1 (E1) para sustentar essa justificativa e usar o composto que foi sintetizado na reação anterior, na (E1) o grupo diz que: “Para essa reação é necessário utilizar o clorobenzeno (sintetizado na reação orgânica anterior) e o 1-cloro-3-flúor-2-metilbutanal como reagentes e, o cloreto de ferro III ( $FeCl_3$ ) como catalisador”. A nomenclatura do composto acima, não está escrito da maneira correta, o certo seria “3-flúor, 2-metilcloreto de butanoíla. Na evidência 2 (E2) o grupo diz que: “Dentre as posições que o radical poderia dispor na molécula de benzeno, o composto majoritário formado ocupa a posição *para* em relação ao cloro, uma vez que o grupo substituinte ocupa essa posição devido a orientação *orto-para* deste halogênio e sua alta densidade”. Isso pode ser observado a seguir na Figura 6 que foi extraída do trabalho escrito entregue pelo grupo.

**Figura 6:** Possíveis orientações que o novo substituinte pode se orientar no anel benzeno.

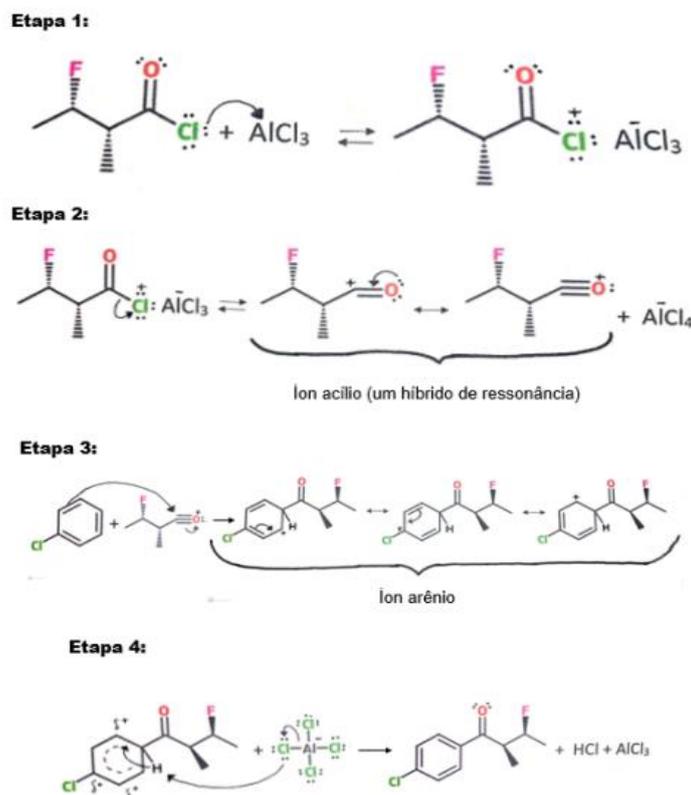


Fonte: Trabalho escrito

Como já mencionado anteriormente, o cloro é um desativador fraco e isso dificulta a próxima reação no anel, mas com relação a orientação, o grupo tem mostrado entendimento sobre o assunto.

Na evidência 3 (E3) o grupo diz que: “Catalisadores ideais, contribuem para que o rendimento final seja o mais satisfatório. Para minimizar os gastos, foram utilizados apenas dois catalisadores ao longo da síntese, o cloreto de alumínio e o cloreto de ferro, ambos com alto custo-benefício, já que promovem o aumento no rendimento da reação e seu valor aquisitivo é baixo”. A seguir na Figura 7 são apresentadas as reações que remetem a E3.

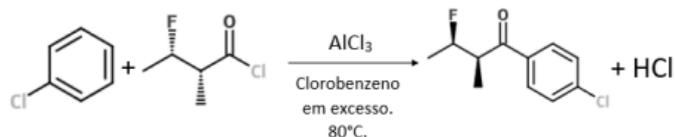
**Figura 7: Mecanismo de reação de acilação do cloro benzeno com uso do catalisador e do segundo substituinte do anel benzênico.**



Fonte: Trabalho escrito.

Além do mecanismo completo, o grupo também apresentou (Figura 8) a reação global que foi extraída do trabalho escrito entregue pelo grupo.

**Figura 8:** Reação global do segundo substituinte no anel benzênico .

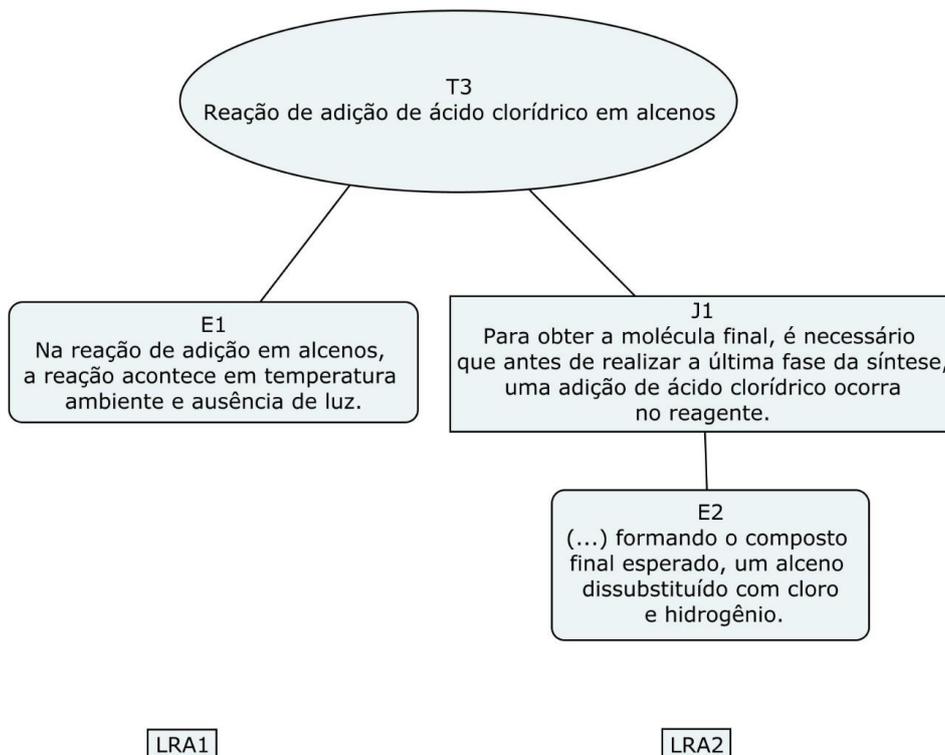


Fonte: Trabalho escrito

Vale ressaltar que o grupo já havia obtido um composto aromático dissustituído, todavia sem a presença do grupo alquila. Assim, o grupo segue em busca da alquilação do anel aromático.

Ainda em relação ao trabalho escrito, o grupo 1 também apresentou a teoria 3 (T3): “Reação de adição de ácido clorídrico em alcenos” e desenvolveu duas linhas de raciocínios argumentativos que podem ser vistos na Figura 9.

**Figura 9:** Esquema de raciocínio argumentativo elaborado pelo grupo 1 para a reação de adição de ácido clorídrico em alcenos.

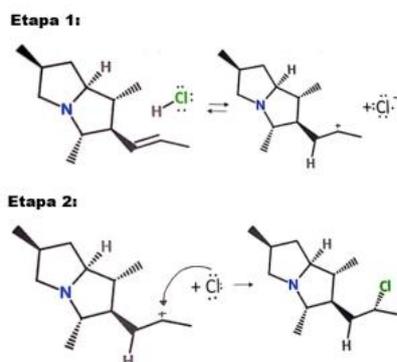


Fonte: elaboração da autora (2022).

Na LRA1 apenas a evidência 1 (E1): “Na reação de adição em alcenos, a reação acontece em temperatura ambiente e ausência de luz” foi sustentada na teoria 3 (T3), assim é possível perceber que não há nenhuma justificativa sustentada nessa evidência. Essa evidência mostra quais as melhores condições para esse tipo de reação acontecer. Com relação ao título escolhido pelo grupo para essa reação, vale ressaltar que a molécula escolhida não é o hidrocarboneto alceno. Todavia, se trata de uma reação adição a insaturação em carbono  $sp^2$ , característica de um alcenos.

Na Figura 10 é possível observar o mecanismo de reação que o grupo usou e na Figura 11 a equação global. Ao tomar como referência o que a professora esperava, a reação de adição devia ser a primeira a acontecer, pois assim obteriam um composto adequado para a reação de alquilação de Friedel Crafts do anel aromático, atendendo um dos requisitos para que a molécula apresentasse potencial para o fármaco pesquisado, além de ativar o benzeno e favorecer a nova reação de substituição no anel. Também é possível observar que o rearranjo do carbocátion não foi ilustrado, e era esperado pela professora.

**Figura 10:** Mecanismo de reação de adição na insaturação da molécula.



Fonte: Trabalho escrito.

**Figura 11:** Equação global da reação de adição na insaturação da molécula.

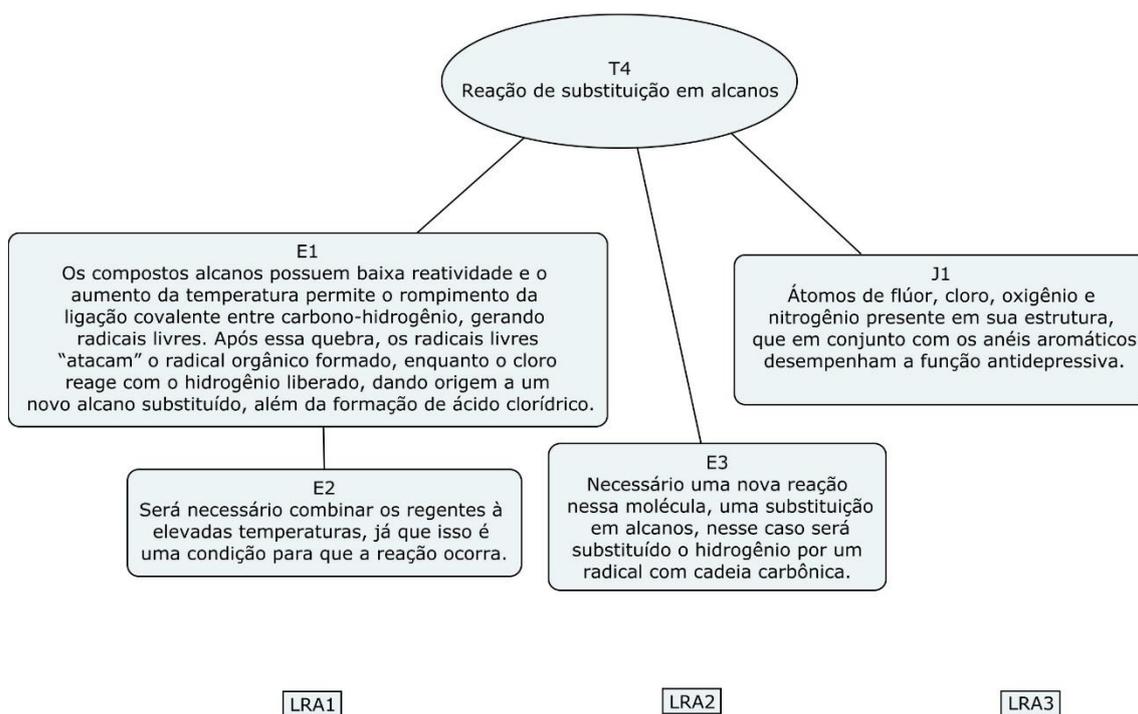


Fonte: Trabalho escrito.

Ainda observando a Figura 9, na LRA 2 há uma justificativa 1 (J1): “Para obter a molécula final, é necessário que antes de realizar a última fase da síntese, uma adição de ácido clorídrico ocorra no reagente” sustentada pela evidência 2 (E2): “(...) formando o composto final esperado, um alceno dissustituído com cloro e hidrogênio”, mas é necessário ressaltar que, houve uma pequena confusão no uso dos termos. Eles escrevem inicialmente uma reação de adição, o que está correto, e logo em seguida usam os termos alceno dissustituído, o que nos remete as reações de substituição, o que está incorreto. Essa LRA foi a mais desenvolvida das duas, sendo que é possível perceber que a justificativa 1 (J1) e evidência 2 (E2) se relacionam diretamente.

Ainda em relação ao trabalho escrito, o grupo 1 também apresentou a teoria 4 (T4): “Reação de substituição em alcanos” o grupo criou três linhas de raciocínios argumentativos que não se relacionam entre si, apresentado na Figura 12.

**Figura 12:** Esquema de raciocínio argumentativo elaborado pelo grupo 1 para a reação de substituição em alcanos.



Fonte: elaboração da autora (2022).

Na LRA 1 tem duas evidências que se relacionam, pois, a evidência 2 (E2) está diretamente ligada na evidência 1 (E1). Na evidência 1 (E1): “Os compostos pertencentes a classe dos alcanos possuem baixa reatividade e o aumento da temperatura permite o rompimento da ligação covalente entre carbono-hidrogênio, gerando radicais

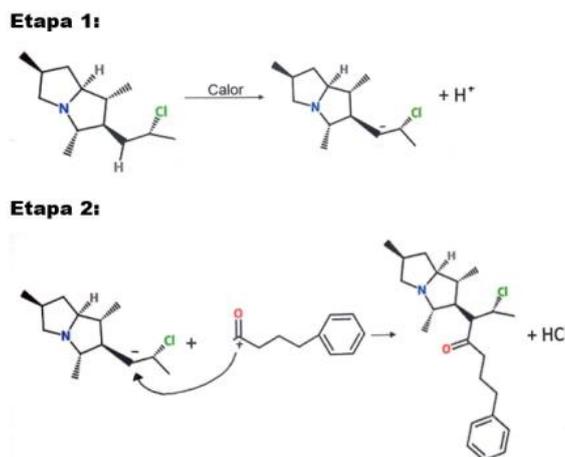
livres. Após essa quebra, os radicais livres “atacam” o radical orgânico formado, enquanto o cloro reage com o hidrogênio liberado, dando origem a um novo alcano substituído, além da formação de ácido clorídrico” e na evidência 2 (E2): “Será necessário combinar os reagentes à elevadas temperaturas, já que isso é uma condição para que a reação ocorra”. Assim, pode-se perceber que não há justificativa para dar suporte às evidências que sustentam essa teoria. De acordo com o grupo, os alcanos possuem baixa reatividade e por isso necessitam de luz ou calor para que a reação ocorra e gerar os radicais livres. Vale ressaltar aqui que o grupo não está trabalhando com um alcano, e sim com uma molécula que possuem carbonos  $sp^3$ .

Na LRA 2, há somente uma evidência, que é a evidência 3 (E3): “Necessário uma nova reação nessa molécula, uma substituição em alcanos, nesse caso será substituído o hidrogênio por um radical com cadeia carbônica” e não há justificativa nessa linha de raciocínio para auxiliar na sustentação da teoria.

Na LRA 3, o grupo elaborou apenas uma justificativa (J1) não apoiada por evidências, para sustentar a teoria. Na justificativa 1 (J1) o grupo diz que: “Átomos de flúor, cloro, oxigênio e nitrogênio presente em sua estrutura, que em conjunto com os anéis aromáticos desempenham a função antidepressiva”.

O mecanismo de reação que o grupo usou para essa teoria pode ser visualizada na Figura 13; esta foi extraída do trabalho escrito entregue pelo grupo.

**Figura 13:** Mecanismo de reação do “alcano”.

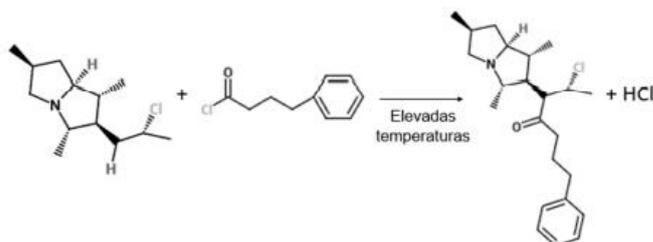


Fonte: Trabalho escrito.

A teoria 4 apresenta um momento de muitos equívocos no que diz respeito as reações radicalares em alcanos. Partiram de uma molécula que não se trata de um alcano. O grupo diz que essa reação gera radicais, mas representa a estrutura na forma de íons, o que não procede. E cabe lembrar também que apenas com calor não é possível que essa reação prossiga.

Além do mecanismo completo, o grupo também apresentou a equação global que foi extraída do trabalho escrito entregue pelo grupo. A seguir na Figura 14:

**Figura 14:** Equação global da reação com “alcano”.

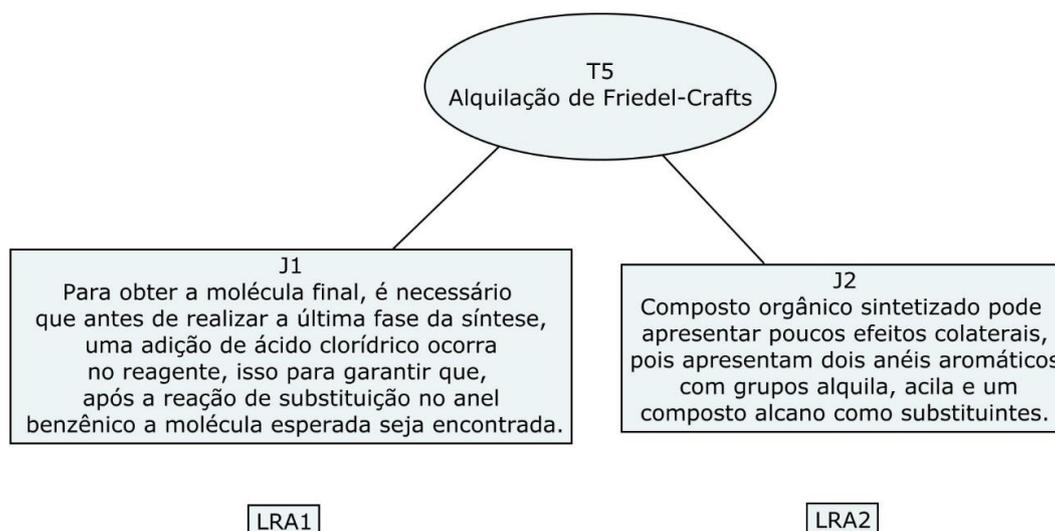


Fonte: Trabalho escrito.

Ao descrever a reação e mecanismo da teoria T4 os alunos utilizaram conceitos corretos para uma reação com alcanos, baixa reatividade das moléculas, necessidade do uso de calor para o rompimento das ligações covalentes e geração dos radicais livres. Todavia, as moléculas que participam das reações não são alcanos, e o mecanismo proposto não é radicalar. Acredita-se que confundiram, pois durante as aulas foram apresentadas reações de halogenação de alcanos através do mecanismo radicalar, no qual, luz e calor são usados para geração dos radicais livres na etapa de iniciação do processo.

Ainda em relação ao trabalho escrito, o grupo 1 ainda expressou duas linhas de raciocínios argumentativos para a teoria 5 (T5): “Alquilação de Friedel-Crafts” apresentado na Figura 15. Cada LRA com apenas uma justificativa, e essas não se relacionam entre si.

**Figura 15:** Esquema de raciocínio argumentativo elaborado pelo grupo 1 para alquilação de Friedel-Crafts



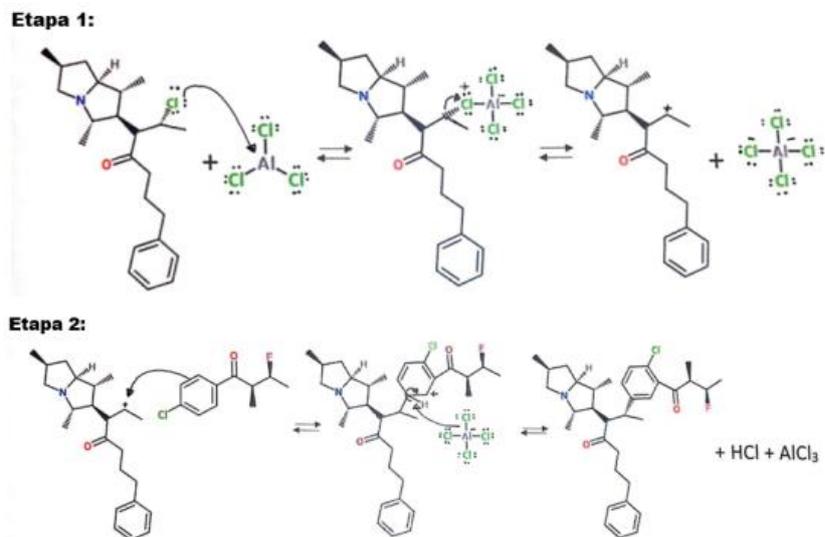
Fonte: elaboração da autora (2022).

Na LRA 1 a justificativa 1 (J1): “Para obter a molécula final, é necessário que antes de realizar a última fase da síntese, uma adição de ácido clorídrico ocorra no reagente, isso para garantir que, após a reação de substituição no anel benzênico a molécula esperada seja encontrada”.

E na justificativa 2 (J2): “Composto orgânico sintetizado pode apresentar poucos efeitos colaterais, pois apresentam dois anéis aromáticos com grupos alquila, acila e um composto alcano como substituintes”. Para sustentar essas justificativas não foram criadas nenhuma evidência, uma vez que as evidências ajudam a tornar a teoria mais forte e sustentada.

O mecanismo de reação que o grupo usou para essa teoria pode ser visualizada na Figura 16 a seguir, esta foi extraída do trabalho escrito entregue pelo grupo.

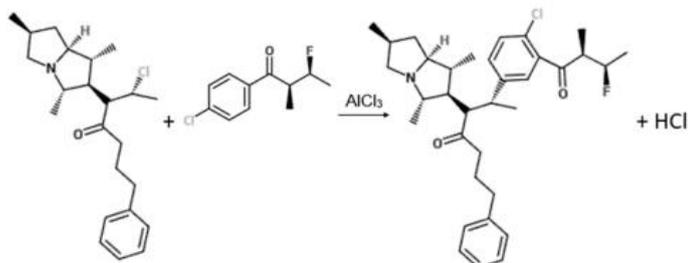
**Figura 16:** Mecanismo da reação do último substituinte do anel benzênico .



Fonte: Trabalho escrito.

Além do mecanismo completo, o grupo também apresentou a equação global apresentada na Figura 17.

**Figura 17:** Equação global para obtenção da molécula final.



Fonte: Trabalho escrito.

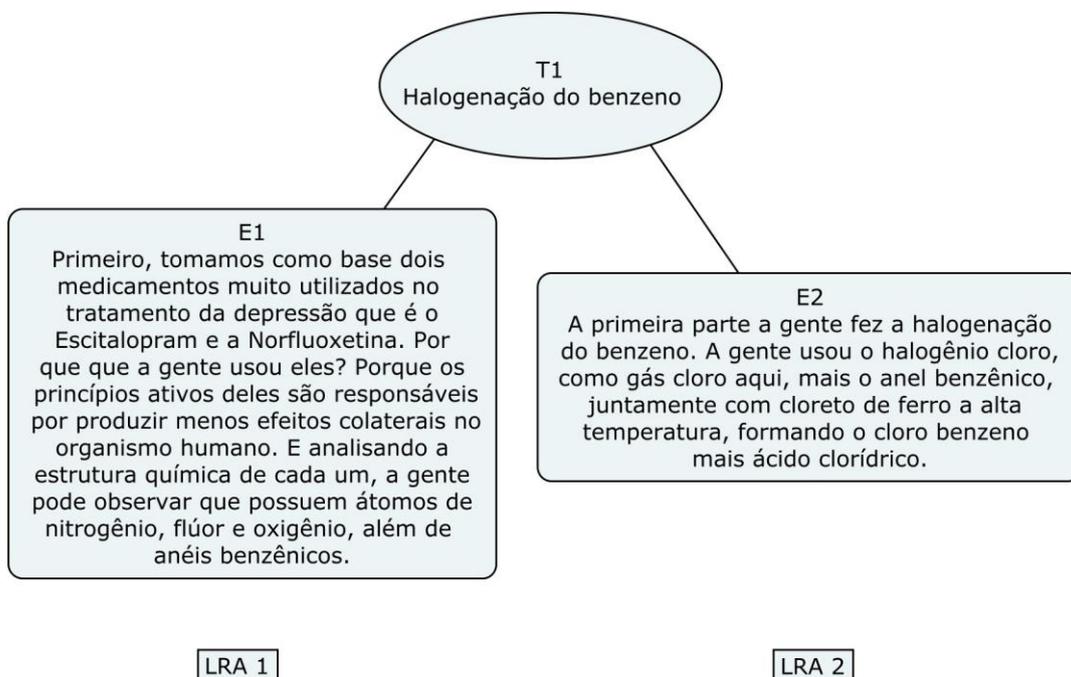
Aqui, mais uma vez, é possível apontar mais alguns equívocos apresentados nas reações propostas. Não temos um haleto de acila para propor uma reação de acilação de Friedel-Crafts conforme descrição do texto apresentado no trabalho escrito. Além de observamos uma mudança na posição do átomo de cloro presente no anel benzênico ligado a carbonila. Por último, o efeito de reforço dos grupos orientadores *orto*, *para* e *meta* não foi considerado. Os alunos propuseram uma molécula complexa inspirados nos medicamentos que pesquisaram, todavia cometeram alguns erros conceituais durante as reações que ilustraram a síntese.

### 4.3 Raciocínios argumentativos do grupo 1 para a apresentação oral

Após a entrega do trabalho escrito sobre a resolução do caso, os grupos tiveram que apresentar as suas propostas de síntese de forma oral. A apresentação oral aconteceu de forma online e foi gravada pela professora. O link da gravação foi compartilhado com a pesquisadora responsável por essa pesquisa; ela assistiu e transcreveu as falas dos alunos para criar as linhas de raciocínios argumentativos.

Na apresentação oral, o grupo 1 utiliza as mesmas teorias do trabalho escrito, mas com nomes diferentes, como exemplo, no trabalho escrito, a teoria 1 tem nome de “Cloração do benzeno”, já na apresentação oral a teoria 1 tem nome de “Halogenação do benzeno”, as duas são para dizer que será substituído um átomo de hidrogênio no anel aromático pelo átomo de cloro. Mas, na apresentação oral o grupo apresenta as informações da sua proposta de síntese de forma mais resumida, isso pode ser devido a limitação do tempo proposto para a apresentação, pode-se perceber isso no desenvolvimento das linhas de raciocínios argumentativos apresentada na Figura 18.

**Figura 18:** Esquema de raciocínio argumentativo elaborada pelo grupo 1 para a primeira reação com anel benzênico .

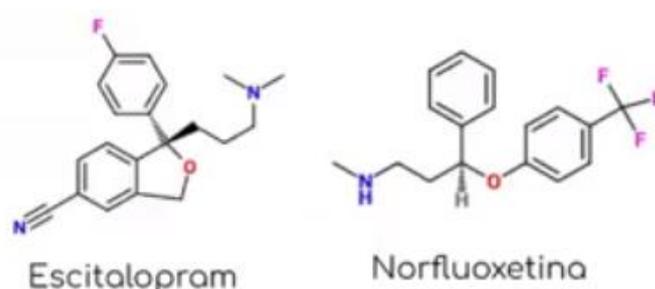


Fonte: elaboração da autora (2022).

Na LRA 1 o grupo defende apenas uma evidência para essa teoria e não há nenhuma justificativa para sustentá-la. Na E1: “Primeiro, tomamos como base dois medicamentos muito utilizados no tratamento da depressão que é o Escitalopram e a

Norfluoxetina. Por que que a gente usou eles? Porque os princípios ativos deles são responsáveis por produzir menos efeitos colaterais no organismo humano. E analisando a estrutura química de cada um, a gente pode observar que possuem átomos de nitrogênio, flúor e oxigênio, além de anéis benzênicos”. Essa evidência 1 é citada na teoria 2 do trabalho escrito como uma justificativa. Portanto, é perceptível que eles realizaram pesquisas autônomas para auxiliar na resolução do caso. As estruturas químicas das moléculas Escitalopram e a Norfluoxetina estão representadas na Figura 19.

**Figura 19:** Estrutura das moléculas que o grupo usou como referência.



Fonte: Slide da apresentação oral.

Na LRA 2 o grupo defende a evidência 2 e também não há justificativa para sustentá-la. Na E2: “A primeira parte a gente fez a halogenação do benzeno. A gente usou o halogênio cloro, como gás cloro aqui, mais o anel benzênico, juntamente com cloreto de ferro a alta temperatura, formando o cloro benzeno mais ácido clorídrico”. No trabalho escrito o grupo fala que o cloro é usado porque ele é um orientador *orto/para*. Na apresentação oral, o grupo não fala sobre essa característica do cloro. Na Figura 20 o grupo mostra a reação para halogenar o anel benzênico, essa figura foi extraída do slide da apresentação oral do grupo.

**Figura 20:** Reação para formar o cloro benzeno.

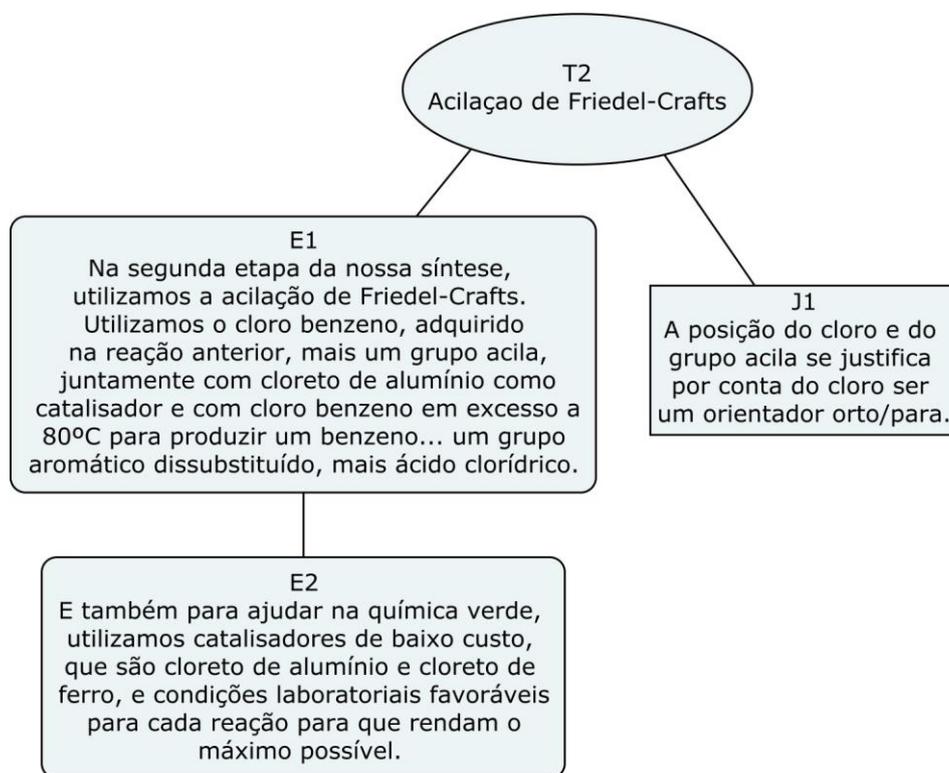


Fonte: Slide da apresentação oral.

Ainda sobre a apresentação oral, o grupo 1 também criou a teoria 2 que tem o mesmo nome da teoria no trabalho escrito, T2: “Acilação de Friedel-Crafts”. No trabalho escrito essa teoria foi mais desenvolvida e continha mais informações, enquanto na apresentação oral, não trouxeram outras informações. Para essa teoria o

grupo desenvolveu duas linhas de raciocínios argumentativos representadas na Figura 21.

**Figura 21:** Esquema de raciocínios argumentativos elaborado pelo grupo 1 para a reação de acilação de Friedel-Crafts.



LRA 1

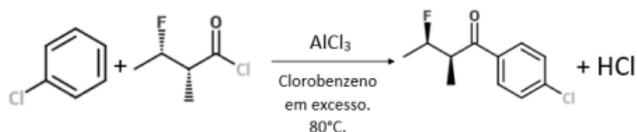
LRA 2

Fonte: elaboração da autora (2022).

Na LRA 1 o grupo defendeu a evidência 1 que está relacionada com a evidência 2, onde E1 diz que: “Na segunda etapa da nossa síntese, utilizamos a acilação de Friedel-Crafts. Utilizamos o cloro benzeno, adquirido na reação anterior, mais um grupo acila, juntamente com cloreto de alumínio como catalisador e com cloro benzeno em excesso a 80°C, para produzir um benzeno... um grupo aromático dissubstituído, mais ácido clorídrico”, e a E2 diz que: “E também para ajudar na química verde, utilizamos catalisadores de baixo custo, que são cloreto de alumínio e cloreto de ferro, e condições laboratoriais favoráveis para cada reação para que rendam o máximo possível”. Durante a síntese, o grupo utilizou os dois catalisadores disponíveis no conjunto de reagentes, esses catalisadores não são relativamente de baixo custo, mas como podem ser utilizados mais de uma vez, pode valer o investimento. Para essa reação eles utilizaram o cloreto de alumínio, mas, não justificaram o uso do mesmo. Quando o grupo diz:

“Ajudar na química verde”, dizem isso porque os catalisadores não comporão o produto final da reação e poderão ser reutilizados para outros fins. A reação de acilação está representada na Figura 22, essa figura foi extraída dos slides da apresentação oral do grupo.

**Figura 22:** Reação do cloro benzeno com grupo acila.

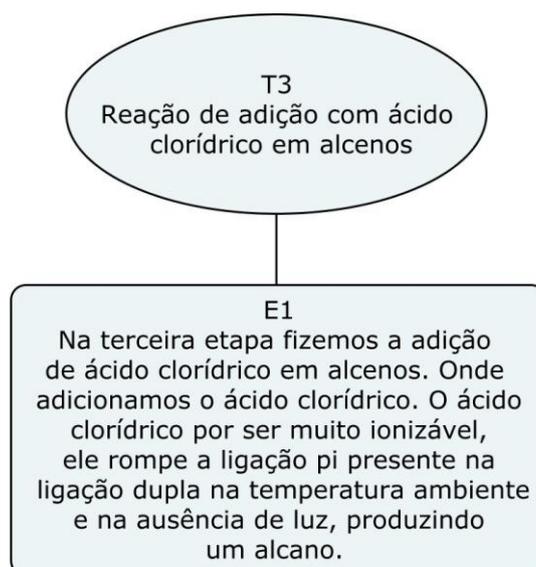


Fonte: Slide da apresentação oral.

Na LRA 2 o grupo defendeu a justificativa 1, onde J1 diz que: “A posição do cloro e do grupo acila se justifica por conta do cloro ser um orientador orto/para”. O grupo não falou nada sobre a orientação do cloro na teoria 1, que foi a reação do cloro, mas falou neste momento, todavia, esqueceram de comentar que o cloro é um desativador fraco do anel benzênico.

Ainda sobre a apresentação oral, o grupo 1 também criou a teoria 3 que tem o mesmo nome presente no trabalho escrito para essa teoria, que é T3: “Reação de adição de ácido clorídrico em alcenos”. Na apresentação oral, o grupo desenvolveu apenas uma linha de raciocínio argumentativo para essa teoria e nenhuma justificativa para dar suporte ou sustentá-la, enquanto que no trabalho escrito, foram desenvolvidas duas linhas de raciocínios argumentativos e também uma justificativa. A Figura 23 apresenta essa teoria.

**Figura 23:** Esquema do raciocínio argumentativo para T3 desenvolvida pelo grupo 1.

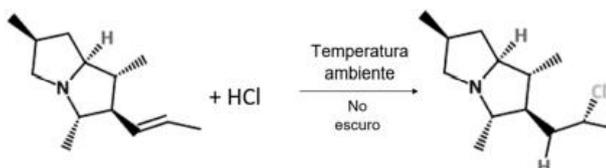


LRA 1

Fonte: elaboração da autora (2022).

Na LRA 1 o grupo expressou a evidência 1, onde E1 diz que: “Na terceira etapa fizemos a adição de ácido clorídrico em alcenos. Onde adicionamos o ácido clorídrico. O ácido clorídrico por ser muito ionizável, ele rompe a ligação  $\pi$  presente na ligação dupla na temperatura ambiente e na ausência de luz, produzindo um alcano”. A informação de que essa reação precisa acontecer em temperatura ambiente na ausência de luz está presente no trabalho escrito e também na apresentação oral. O grupo diz alcanos e alcenos, mas na verdade essas moléculas não são alcanos e alcenos, mas possuem carbonos  $sp^3$  e  $sp^2$  presentes. E ao usar o ácido clorídrico, o produto final é um haleto de alquila, e não um alcano. A Figura 24 apresenta a reação que o grupo defendeu nessa teoria, essa figura foi extraída da apresentação oral do grupo.

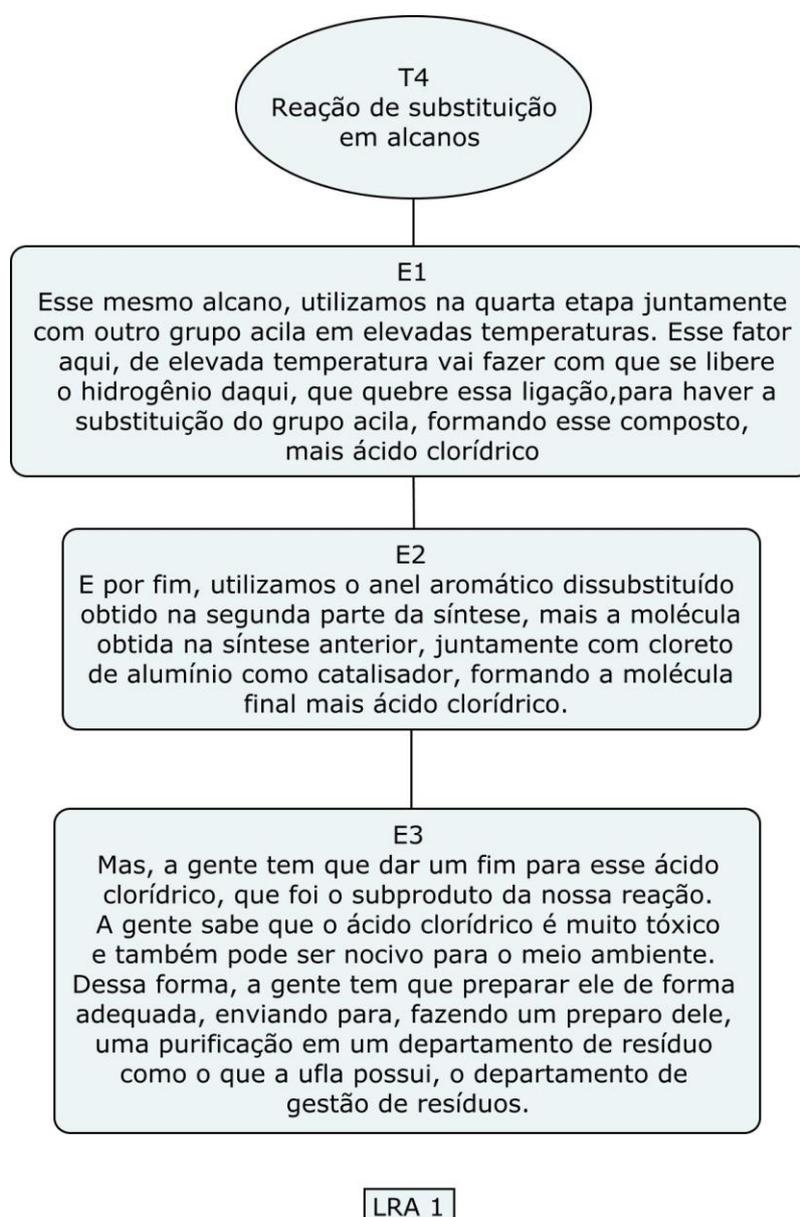
**Figura 24:** Reação de adição de ácido clorídrico em alcenos.



Fonte: Slide da apresentação oral.

Ainda sobre a apresentação oral, o grupo 1 também criou a teoria 4, onde o nome dessa teoria para apresentação oral é o mesmo no trabalho escrito, T4 diz que: “Reação de substituição em alcanos”. No trabalho escrito, o grupo desenvolveu três linhas de raciocínios argumentativos para essa teoria, enquanto que na apresentação oral, desenvolveram apenas uma linha de raciocínio argumentativo com três evidências que se relacionam. A Figura 25 apresenta essa teoria.

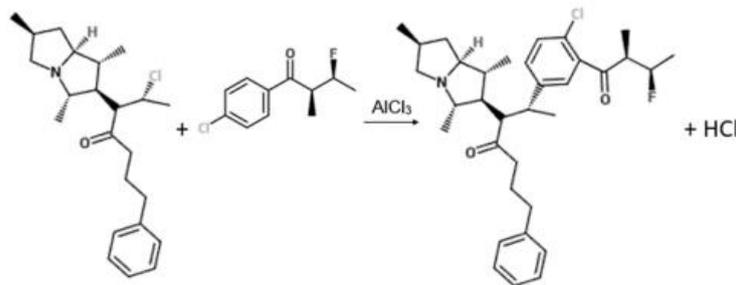
**Figura 25:** Esquema de raciocínio argumentativo para a teoria 4 desenvolvida pelo grupo 1.



Fonte: elaboração da autora (2022).

Nessa LRA 1 o grupo expressou três evidências, a E1 está ligada com a E2, e E2 está ligada na E3. Na E1 o grupo diz que: “Esse mesmo alcano, utilizamos na quarta etapa juntamente com outro grupo acila em elevadas temperaturas. Esse fator aqui, de elevada temperatura vai fazer com que se libere o hidrogênio daqui, que quebre essa ligação, para haver a substituição do grupo acila, formando esse composto, mais ácido clorídrico”, essa está ligada a E2, que diz que: “E por fim, utilizamos o anel aromático dissubstituído obtido na segunda parte da síntese, mais a molécula obtida na síntese anterior, juntamente com cloreto de alumínio como catalisador, formando a molécula final mais ácido clorídrico”, que está ligada a E3, que diz que: “Mas, a gente tem que dar um fim para esse ácido clorídrico, que foi o subproduto da nossa reação. A gente sabe que o ácido clorídrico é muito tóxico e também pode ser nocivo para o meio ambiente. Dessa forma, a gente tem que preparar ele de forma adequada, enviando para, fazendo um preparo dele, uma purificação em um departamento de resíduo como o que a UFLA possui, o departamento de gestão de resíduos”. Os erros apresentados no trabalho escrito permaneceram, uma vez que não houve um momento de correção da professora com os alunos. As informações que essas evidências trazem podem ser observadas na Figura 26.

**Figura 26:** Formação da molécula final mais o subproduto de ácido clorídrico.



Fonte: Slide da apresentação oral.

O ácido clorídrico que o grupo se refere na E3 é esse subproduto dessa reação, pois eles tinham que ter a noção de como contribuir para a química verde.

Após a apresentação oral a professora fez uma arguição para destacar alguns conceitos que eram importantes serem discutidos com o grupo. Inicialmente, a professora perguntou sobre o porquê da ordem da reação que eles propuseram, ou seja, porque foi feito uma halogenação primeiro e depois uma acilação. No Quadro 5, a seguir, pode ser observado o diálogo estabelecido.

Quadro 5: Diálogo estabelecido para o primeiro conceito que a professora quer esclarecer.

Estudante 1: “a gente começou pela halogenação primeiro porque o cloro é um orientador, então a gente partiu disso. Se a gente tivesse feito a acilação primeiro ele ia estar em qualquer posição no benzeno, e depois adicionar o cloro, não faz muito sentido se a gente já tem a molécula final em mente. Então, o cloro vem primeiro porque ele é um orientador *orto/para*, ao colocar o grupo acila, ele vai ficar na posição *para*. Então já tem toda uma posição para colocar”.

Professora: “Então no meu entendimento vocês queriam já desde o início um composto que fosse *para*. Isso é fundamental na ação do medicamento? Na síntese final? Se tivesse o cloro na posição *meta*, isso seria um problema?”

Estudante 2: “Começando pela halogenação, o grupo acila já iria vir na posição *para*, na *meta* mal formaria”.

Professora: “No que diz respeito a ativação, a reatividade da sua molécula, a ideia de colocar a halogenação primeiro, foi pensada”? Um dos participantes do grupo responde: “é que ele é um desativador, só depois fui perceber isso, aí diminui a reatividade dele ne”?

Estudante 3: “Mas o cloro é um desativador fraco, então ele vai deixar o anel benzênico mais reativo”.

Estudante 4: “Com a temperatura a gente consegue romper a ligação, mais fácil para gente fazer a junção do outro composto”.

Essas perguntas com relação a orientação do cloro e o grupo acila foram importantes para que os estudantes conseguissem perceber que o cloro é um desativador fraco assim como o grupo acila, mas que por sua vez é um desativador forte. Então, a escolha do grupo em fazer a reação de halogenação primeiro e depois a reação de acilação foi uma boa escolha. Os participantes do grupo também já tinham em mente a molécula que queriam sintetizar, e eles fizeram escolhas para que isso fosse atendido.

No Quadro 6 está o diálogo estabelecido para a segunda reação que o grupo propôs, que é a reação do HCl com um reagente que possui carbono hibridizado em  $sp^2$ .

Quadro 6: Diálogo estabelecido para o segundo conceito que a professora quer esclarecer.

Professora: Vocês pegaram uma amina e reagiram com HCl. Esse é o composto majoritário que se forma? Existe a possibilidade de formar isômeros? Vocês conseguem me indicar possíveis isômeros que podem ocorrer nessa reação de adição do HCl a insaturação”?

Estudante 1: Acho que forma isômero sim.

Professora: Vocês fizeram a quebra, adicionaram o hidrogênio naquele carbono e o Cl no outro, essa é uma primeira possibilidade. O que seria uma outra.

Estudante 2: Trocar com hidrogênio, não? O cloro atacar o outro carbono.

Professora: Isso! E se essa segunda hipótese de vocês ocorrer, vai gerar mais uma possibilidade de que.

Estudante 3: Isômero.

Professora: Esses próximos isômeros iriam provocar rearranjo onde na nossa molécula?

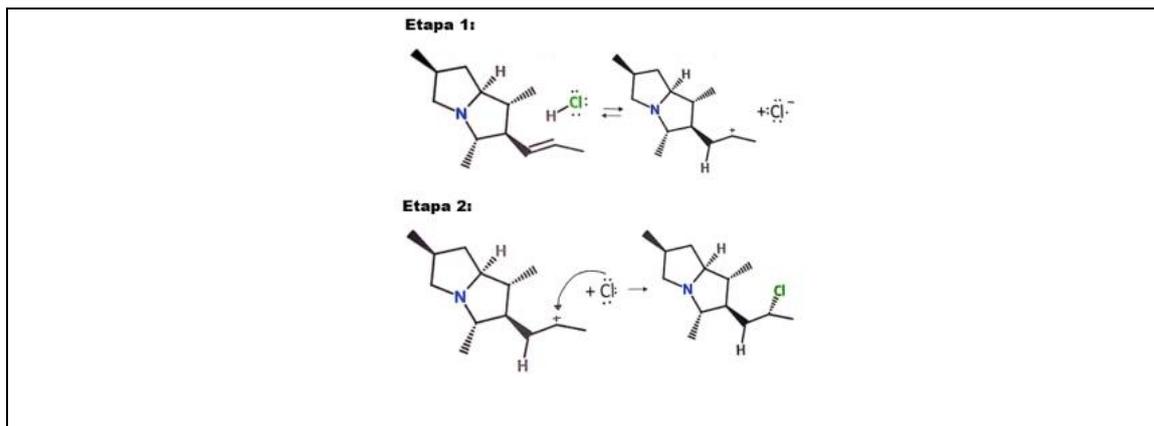
Estudante 4: O rearranjo seria no carbono com a cunha cheia, porque a carga positiva iria para aí.

Professora: Vamos corrigir. Da forma que está aí, adicionou o hidrogênio e gerou o carbocátion. Se você invertesse o hidrogênio lá na dupla, quem entraria no lugar do hidrogênio seria o cloro. O carbocátion que seria formado estaria no carbono vizinho, e ele seria um carbocátion vizinho a uma cadeia cíclica que está com cinco elementos químicos, que você pode propor aquele rearranjo da cadeia cíclica. O grupo da aluna X também utilizou essa amina para fazer a síntese deles, e eu mostrei um possível rearranjo para vocês e falei que a espécie que iria se formar estaria mais estável após o rearranjo. Lembram o porquê ela estaria mais estável?

Estudante 5: Está relacionada a tensão que vai existir aí ne, na molécula, no composto.

Estudante 6: Vai aumentar o número de carbonos e vai diminuir a tensão no anel e vai diminuir a repulsão entre eles.

Essa é a reação que a professora cita ao estabelecer o diálogo acima.



A professora queria chegar em um momento que os próprios estudantes conseguissem perceber que a molécula poderia se rearranjar para ficar mais estável, e foi interessante que os estudantes perceberam quais isômeros poderiam ser formados, e aquele que tem maior estabilidade e menor tensão de Bayer é o isômero que formaria em maiores quantidades.

O grupo fez uma reação de substituição em um alcano e a professora não entendeu como eles chegaram nessa reação. No Quadro 7 está apresentado o diálogo estabelecido.

Quadro 7: Diálogo estabelecido para o terceiro conceito que a professora quer esclarecer.

Professora: Nas etapas um e dois da reação de substituição em alcanos eu me perdi  
 Estudante 1: Então, nesse daí o que a gente pensou? Substituição em alcano, aí a gente tem o alcano certo? Que aí a gente pensou assim: A gente precisa tirar aquele hidrogênio ali do alcano para a gente substituir aquele grupo acila. Ele a alta temperatura, o hidrogênio vai conseguir sair dali e vai deixar o carbono com uma carga e essa carga que é responsável, tipo, saindo o cloro da acila que ele vai se ligar ali. Com a saída do cloro vai ficar ali também com uma carga, e essa atração entre os dois que vai fazer eles se ligarem, o grupo acila a esse grupo amina, fazendo essa ligação e saindo ácido clorídrico, que é o cloro do grupo acila e o hidrogênio do grupo amina.  
 Professora: Essa etapa aí que está difícil em termos dos conceitos né. Como você aquece e tira esse hidrogênio daí? Você está pensando em aquecer retirar e gerar um radical, não é isso? E as reações de substituição, você não está substituindo o hidrogênio por nada! Você fala de uma substituição, então o hidrogênio iria sair e alguém iria entrar.  
 Estudante 1: Mas se eu tirar o hidrogênio e substituir em outro grupo, não é uma

substituição, tipo eu tirando o hidrogênio e colocando outra coisa no lugar dele?

Professora: Essa etapa não procede! Você aquecer essa molécula não é o suficiente para tirar o hidrogênio daí, você está tirando ele na forma de um íon, como está ionizando essa molécula só com calor? Quando você submete um alcano... entendo de onde você buscou isso! Na nossa última aula de reação de substituição em alcanos. Que a gente colocava o alcano, “só o alcano”, sem os demais elementos químicos que estão compondo a sua molécula, ele iria ser substituído pelo gás cloro, fariamos uma substituição, uma halogenação de um alcano, e aí entraria o calor para gerar um radical livre, não é o caso aí, mas tudo bem!

Estudante 1: O radical livre então seria... eu não estou entendendo onde a gente errou, só para eu poder raciocinar.

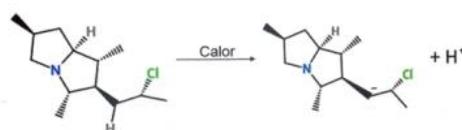
Professora: Essa retirada do hidrogênio não se justifica só com calor.

Estudante 1: Tá! O que mais seria necessário, só para eu ter noção?

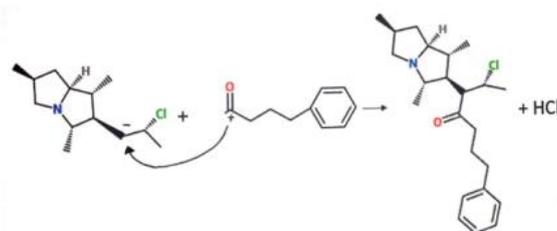
Professora: Se colocar calor e pensar em substituições aí, para mim você iria tirar em uma substituição, dos conceitos que a gente já trabalhou, uma retirada do cloro, não do hidrogênio. A reatividade do hidrogênio aí é muito menor do que, olhando para molécula como um todo, nós temos reatividade em dois pontos principais. Lembra que falava assim: que as ligações carbono-carbono são difíceis de romper, carbono-hidrogênio também, mas a ligação carbono cloro é um ponto de ataque da sua molécula e o outro na amina. Então se você pensar em retirada ali era uma possível reação de substituição no haleto para tirar cloro, mas não só com calor, só calor não é suficiente.

Essa é a reação que a professora cita ao estabelecer o diálogo acima.

**Etapa 1:**



**Etapa 2:**



E por fim a participante conseguiu compreender onde tinham errado nessa parte da síntese, pois o que eles propuseram não ocorreria com as condições que eles estabeleceram. Durante o tempo da arguição apenas uma estudante respondia e questionava a professora.

Na obtenção da molécula final, o grupo também propôs uma reação que não procede, de acordo com os conceitos trabalhados durante a disciplina. O Quadro 8 apresenta o diálogo estabelecido.

Quadro 8: Diálogo estabelecido para o quarto conceito que a professora quer esclarecer.

Professora: A substituição está acontecendo em qual hidrogênio aí da molécula?

Estudante 1: Nesse a gente pensou assim, a gente já tinha o cloro como substituinte que estava na posição *para*, aí ao fazer essa alquilação, aquele radical é bem mais denso do que aquele que estava. Então ele vai querer ficar mais longe, na posição mais distante. Por isso ele ficou na posição *para* e o outro assumiu a posição *orto*, já que o cloro é um orientador *orto/para*.

Professora: Como que se avalia esse momento? Da escolha da terceira substituição do anel aromático? Então você já tem lá o cloro em uma posição, e na outra posição o grupo acila para ter uma cetona que tem na sua estrutura o flúor. O cloro vai orientar na posição *orto* e na *para*, só que a *para* já tem uma espécie lá. O grupo acila orienta na posição *meta*, olhando a partir do grupo acila onde seria o *meta* em relação a ele? Vai ficar reforçando a substituição que o cloro já propõe. Porque quando olha para o grupo acila, a posição *meta*, é a mesma proporcionada pelo cloro, só que o cloro está orientando em que? *Orto!* A *orto* em relação ao cloro coincide com o *meta* em relação ao grupo alquila, e quando você olha o grupo acila, ele vai dizer que é o *meta*, *meta* em relação a ele. Quem é o *meta* em relação a ele? Vai ser como você disse, do lado do cloro. Então é como se tivesse reforçando a substituição onde ela ia ocorrer. Seria ali do lado do cloro e não nessa oposição que vocês colocaram ao átomo de cloro.

Estudante 1: O cloro ficaria no meio dos dois radicais? Não entendi onde ele vai ficar.

Professora: Quando olharem para o cloro, ele vai orientar em *para* e *orto*, seria essas duas opções concordam?

Estudante 1: Sim!

Professora: *Para* já está ocupado, então não tem como orientar naquela posição. Então o próximo grupo iria entrar aqui de acordo com a orientação do cloro. E se a gente

olhar para o grupo acila, ele orienta em quais posições?

Estudante 1: Na posição *meta*.

Professora: Na meta! Que seria em relação a esse grupo “aqui e aqui” (mostra na molécula as duas posições *meta* em relação ao grupo acila e *orto* em relação ao cloro) concordam? Olha, estou reforçando a orientação, em relação ao cloro iria entrar “aqui” e em relação ao grupo acila também iria acontecer a substituição “aqui”. E se você pensar em grupo volumoso, o grupo volumoso que vocês vão trazer aqui, está mais acessível para ele “aqui” (ao lado do cloro no anel), para menores repulsões se tiver mais próximo do cloro do que se ele ficar mais próximo desse outro substituinte (grupo acila) também, concordam?

Estudante 1: Sim, agora acho que entendi. Por ele ser um orientador moderado e o cloro ser um desativador fraco, tem alguma relação, teria que olhar para ele primeiro?

Professora: Não! Ativar e desativar é em um outro momento para tornar a reação mais rápida ou mais lenta. Agora você está olhando a orientação, porque já tem esse composto, ele já está formado, então olho onde vai entrar o próximo aqui que você está propondo, ou seja, aqui você teria que ter, essa parte aqui que está ligando lá ne? Isso! Onde vai substituir esse grupo todo seu, vai entrar onde? Então vai entrar “aqui ou aqui” (posição ao lado do cloro no anel), vai substituir ou esse hidrogênio ou esse outro. E o mais interessante é que existe um reforçar aqui da orientação, ele vai dizer que vai entrar aqui, e o outro também vai dizer que vai entrar aqui.

Estudante 2: Pode voltar um pouquinho na parte onde está falando que vai se ligar?

Professora: O substituinte aqui, nós temos um, dois, três, quatro hidrogênios para serem substituídos, e quem vai dizer onde será substituído são esses dois grupos que já estão ligados. Se eu avaliar aqui, o grupo acila, ele é um orientador *meta*, onde está a posição *meta* quando olho para esse grupo, em relação a ele, onde é o *meta*? Em relação a esse grupo aqui seria *orto* (ao lado do grupo acila), aqui seria o *para* (onde está ligado o cloro) e aqui seria, esse carbono e esse outro seria o *meta*. Então aqui já, opa! Aqui já tem um indicativo que vai entrar na posição *meta* em relação a esse grupo (acila). E quando eu olho em relação a esse outro grupo (cloro)? Ele diz que vai entrar em *orto* e *para*, *para* já está ocupado então só pode entrar em *orto*. Aqui está coincidindo, você está vendo? As duas, esse diz para entrar em relação a ele em *meta* e esse diz para entrar em relação a ele em *orto*, coincidiu, tá vendo? Reforça onde esse hidrogênio ou hidrogênio vizinho que vai ser substituído.

Estudante 1: Nosso trabalho, já sei onde a gente errou, a gente não olhou para orientação do outro grupo, a gente olhou só para do cloro. Então como ele é um grupo maior, a gente pensou em colocar ele na posição *para* e o menor na posição *orto*, esse foi nosso erro.

Professora: Vocês não olharam, se perderam na orientação, isso! Nossa, mas está muito bom, viu?

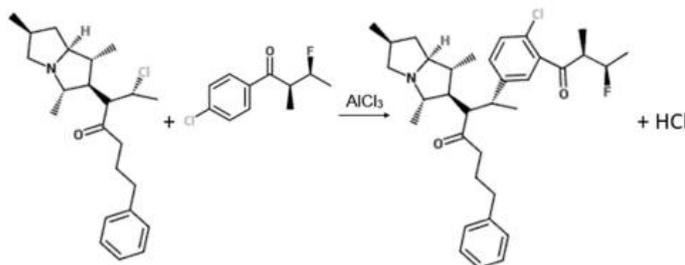
Estudante 3: Se fosse o caso, teria que inverter a ordem que a gente fez?

Professora: Uma vai acabar coincidindo. Aquela que coincide, onde um orienta cai naquela posição o outro orienta cai ali, onde está reforçado é onde ele vai entrar. A gente chama de reforçar a orientação.

Professora: Vocês falaram sobre resíduos? Quais foram os resíduos gerados e qual destino vocês deram para eles?

Estudante 2: O HCl e a gente enviaria para o setor de tratamento de resíduos químicos da Ufla. Antes a gente colocaria em um vidro âmbar ne e enviaria com rotulo correto para ser tratado e assim retornar para o laboratório.

Essa é a reação global que a professora cita ao estabelecer o diálogo acima.



Neste momento a professora estava explicando aos participantes do grupo que não está correto tirar o grupo acila da posição *para* em relação ao cloro para colocar um grupo mais volumoso e denso, pois uma vez ocupado a posição, restam outras posições no anel onde pode ocorrer a próxima substituição, que é a posição *meta*.

Para perceberem onde erraram, a professora teve que explicar mais de uma vez os conceitos para eles. Essa percepção é muito importante, pois a partir dela o grupo reconheceu que olhou apenas para orientação do cloro.

Ao final a professora considerou que a equipe buscou realizar um bom trabalho (apesar dos erros). Esse reconhecimento é pelo esforço e dedicação que o grupo teve para resolver o caso e propor uma molécula complexa e defender suas escolhas. Apesar de cometerem vários erros conceituais, é possível perceber acertos, buscaram usar os

conceitos trabalhados ao longo da disciplina, como por exemplo, reação de adição, acilação, entre outros.

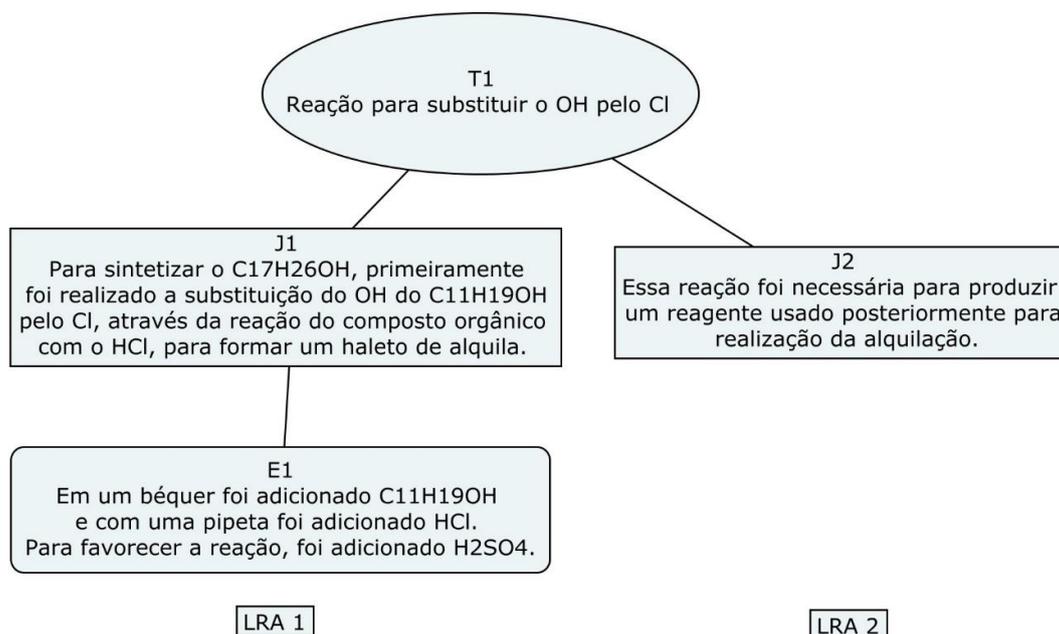
A percepção dos estudantes sobre alguns equívocos, são muito importantes para o seu aprendizado, pois com erro também constrói conhecimentos. De acordo com Nogaro e Granella (2004) o erro emerge de uma conduta que não foi aprendida pelos alunos quando estavam estudando sobre determinado conceito, neste caso, o fato do grupo ter cometido esse erro em relação as posições dos ligantes no anel benzênico, fica claro que eles não tinham esse conhecimento construído antes de propor a síntese que apresentaram para a professora. Também, pelo fato da professora ter tido que repetir inúmeras vezes a explicação sobre esse conceito, e ter dado a oportunidade de os alunos pensarem, refletirem e perguntarem novamente, leva a acreditar que o papel do professor é muito importante nesse processo de construção do conhecimento.

#### **4.4 Raciocínios argumentativos do grupo 2 para o trabalho escrito**

O grupo 2 era composto por seis discentes e apresentaram no total três teorias para sintetizar o fármaco.

No trabalho escrito, o grupo 2 desenvolveu a teoria 1 (T1): “Reação para substituir o OH pelo Cl”. Essa foi expressa em duas linhas de raciocínios argumentativos, nas quais tiveram duas justificativas e apenas uma evidência. A Figura 27 apresenta as linhas de raciocínios argumentativos expressas pelo grupo para essa teoria.

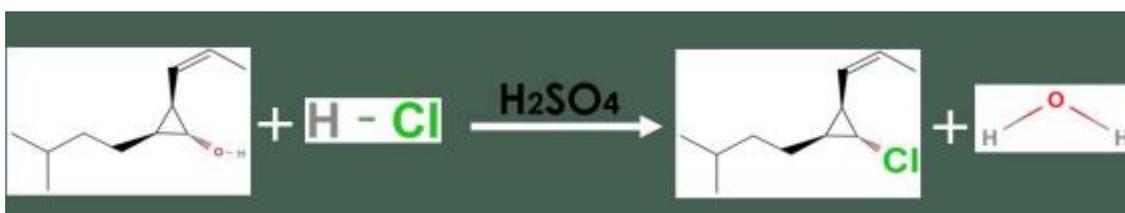
**Figura 27:** Esquema de raciocínio argumentativo elaborado pelo grupo 2 para reação para substituir o OH pelo Cl.



Fonte: elaboração da autora (2022).

Na LRA1 pode-se observar que há uma justificativa apoiada em uma evidência. Na justificativa 1 (J1) o grupo diz que: “Para sintetizar o  $C_{17}H_{26}OH$ , primeiramente foi realizado a substituição do OH do  $C_{11}H_{19}OH$  pelo Cl, através da reação do composto orgânico com o HCl, para formar um haleto de alquila” e essa está apoiada na evidência 1 (E1), onde o grupo diz que: “Em um béquer foi adicionado  $C_{11}H_{19}OH$  e com uma pipeta foi adicionado HCl. Para favorecer a reação, foi adicionado  $H_2SO_4$ ”. Nessa LRA apresentada pelo grupo, quando dizem “formar um haleto de alquila” eles perceberam que dentre as moléculas disponíveis, não havia nenhum haleto de alquila, assim, tinham que obter esse haleto, para posteriormente realizar uma reação de alquilação de Friedel-Crafts, essa reação que é comum na síntese de medicamentos e também era uma condição imposta no caso. Mas a reação apresentada não foi a esperada, pois a expectativa da professora era que eles propusessem a reação de adição na ligação insaturada, no carbono  $sp^2$  da molécula escolhida, mas o grupo ilustrou a reação de substituição na hidroxila ligada a cadeia cíclica da molécula. É possível observar isso na Figura 28 extraída do trabalho escrito.

**Figura 28:** Reação de formação do haleto de alquila.



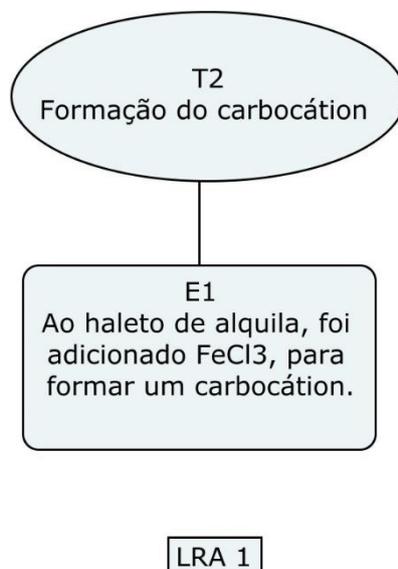
Fonte: Trabalho escrito.

Como mostrado na Figura 28, a reação ilustrada é uma substituição de álcoois e não uma adição no carbono insaturado. Se o grupo realizasse a reação de adição, como era o esperado, o carbocátion gerado poderia se rearranjar dando origem a um novo intermediário formado em uma cadeia de quatro carbonos, diminuindo assim tensão angular presente na cadeia cíclica de três carbonos. Vale ressaltar que, apesar da reação de adição não ser realizada, os alunos propuseram uma reação de substituição em álcool, conceitos não tratados na disciplina, o que revela a autonomia e pesquisa realizada pela equipe.

Na LRA2 tem apenas uma justificativa, e não há evidências para sustentá-la. Na justificativa 2 (J2), o grupo diz que: “Essa reação foi necessária para produzir um reagente usado posteriormente para realização da alquilação”. Essa justificativa está de acordo com a resolução do caso, mas a reação realizada anteriormente não ocorreu de forma satisfatória para ser utilizada.

Ainda em relação ao trabalho escrito, o grupo 2 expressou a teoria 2 (T2): “Formação do carbocátion” que não foi justificada pelo grupo, assim, não apresentou nenhuma justificativa para sustentar a teoria, houve somente uma evidência. A Figura 29 apresenta a linha de raciocínio argumentativo expressa pelo grupo para essa teoria.

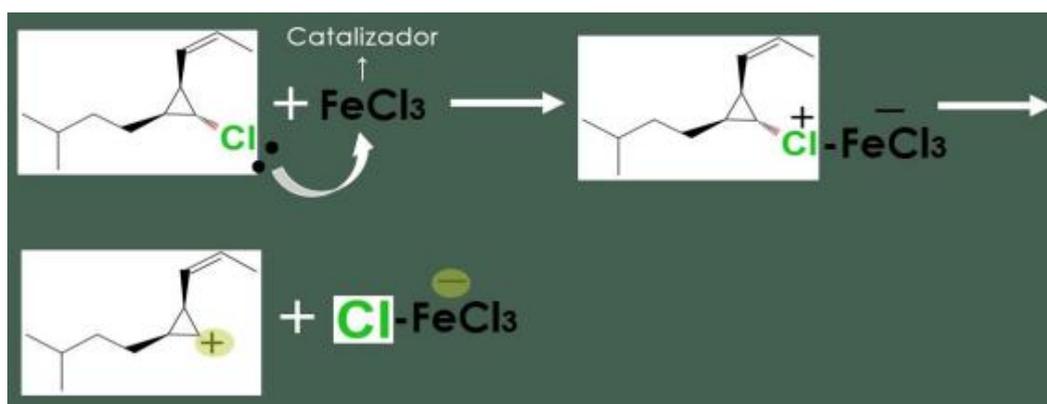
**Figura 29:** Esquema de raciocínio argumentativo elaborado pelo grupo 2 para reação de formação do carbocátion.



Fonte: elaboração da autora (2022).

Na LRA1 foi apresentado apenas a evidência 1 (E1): “Ao haleto de alquila, foi adicionado FeCl<sub>3</sub>, para formar um carbocátion”. Percebe-se então que o carbocátion foi formado para reagir com o anel aromático, mas não ocorreu da forma correta, pois não era o eletrófilo esperado, isso pode ser observado na Figura 30 extraída do trabalho escrito pelo grupo.

**Figura 30:** Mecanismo de reação para formação do carbocátion.

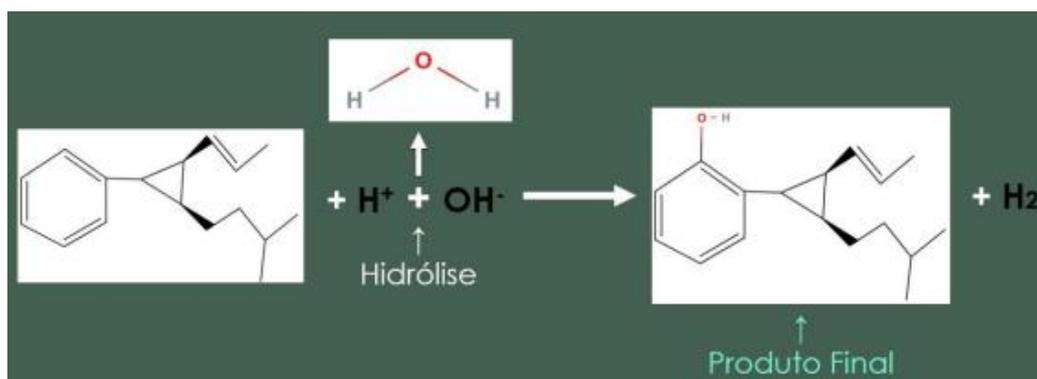


Fonte: Trabalho escrito.

Ainda em relação ao trabalho escrito, o grupo 2 expressou a teoria 3 (T3): “Reação de alquilação”. Foram expressas três linhas de raciocínios argumentativos, mas apenas a LRA3 apresentou uma justificativa, enquanto as demais apresentaram apenas



**Figura 33:** Reação de adição da água ao composto formado na reação anterior.



Fonte: Trabalho escrito.

Quanto a E1, o grupo diz ter realizado a reação de alquilação, portanto isso está coerente, todavia a reação apresentou erros devido aos equívocos anteriores. Ainda, o grupo poderia ter citado sobre qual o tipo de orientação *orto/para* e *meta* essa molécula pode causar quando substituída no anel benzênico, bem como a ativação ou desativação do benzeno. Quanto a E2, o grupo adiciona água para reagir com o anel, mas a molécula de água não é uma opção correta para reagir e substituir um hidrogênio no anel, pois a água é um nucleófilo devido aos elétrons livres no oxigênio, e o anel benzênico possui elétrons  $\pi$ , estando esses sujeitos predominantemente ao ataque por reagentes eletrofílicos, portanto essa não foi uma boa escolha do grupo.

Na LRA2 o grupo expressou a evidência 3 (E3) que diz: “Durante uma pesquisa de fármacos antidepressivos já existentes, as moléculas indolilalquilaminas, que são ligantes de receptores 5-HT1A, e a tranilcipromina, fármaco inibidor da monoamino oxidase (MAO), que foram utilizadas como base para a realização da molécula sintetizada nesse relatório, por apresentarem um benzeno dissustituído e um grupo alquila”. De acordo com essa evidência, pode-se notar que o grupo realizou pesquisas sobre os fármacos já existentes e que possuem ação no tratamento da doença. Dentre as moléculas pesquisadas pelo grupo, perceberam que elas apresentam um benzeno dissustituído e um grupo alquila, e essas são as condições impostas para a síntese do fármaco apresentado no caso.

Na LRA3 o grupo expressou apenas uma justificativa e nenhuma evidência para sustentá-la. Na justificativa 1 (J1) diz que: “Utilizando os reagentes disponíveis e comparando com fármacos já existentes (indolilalquilaminas e tranilcipromina), foi possível prever a síntese de um novo fármaco antidepressivo dentro da química verde que consiste em um benzeno dissustituído”. Uma das condições do caso era prever os subprodutos que poderiam ser reutilizados e assim contribuir com o meio ambiente. O

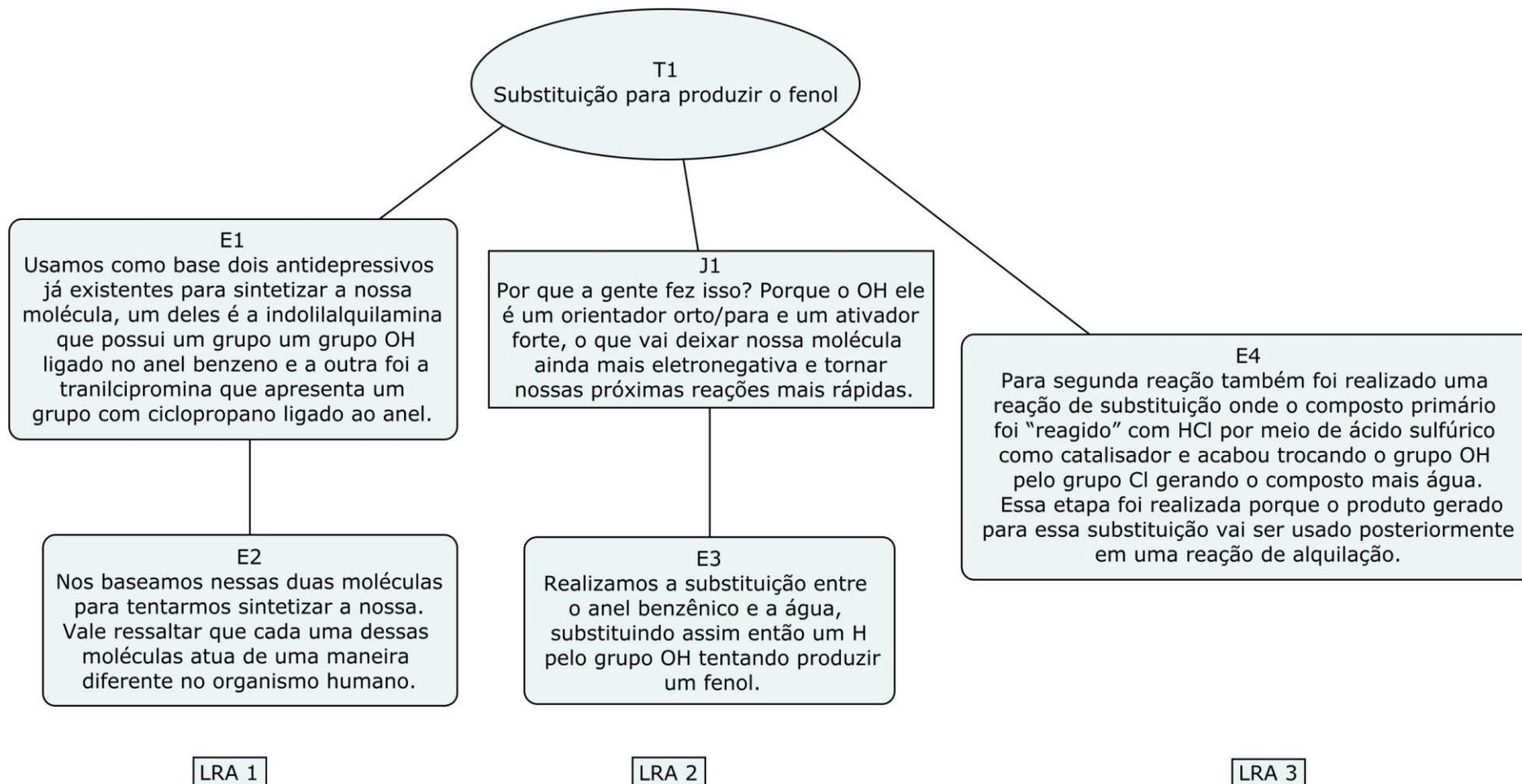
grupo apenas citou sobre a química verde, mas não apresentou nenhum subproduto que poderia ser reutilizado.

#### **4.5 Raciocínios argumentativos do grupo 2 para a apresentação oral**

Na apresentação oral o grupo 2 inicia falando que as ordens das reações mudaram. No trabalho escrito, o grupo utiliza a água no final da síntese e na apresentação oral, o grupo a utiliza na primeira reação da síntese. As evidências e a justificativa que o grupo utiliza são diferentes do que foi apresentado no trabalho escrito.

A primeira teoria que eles expressam é a (T1): “Substituição para produzir o fenol”. Para essa teoria o grupo desenvolveu três linhas de raciocínios argumentativos e essas não se relacionam entre si. A Figura 34 apresenta as linhas de raciocínios argumentativos desenvolvidas para essa teoria.

**Figura 34:** Reação de substituição para produzir o fenol.

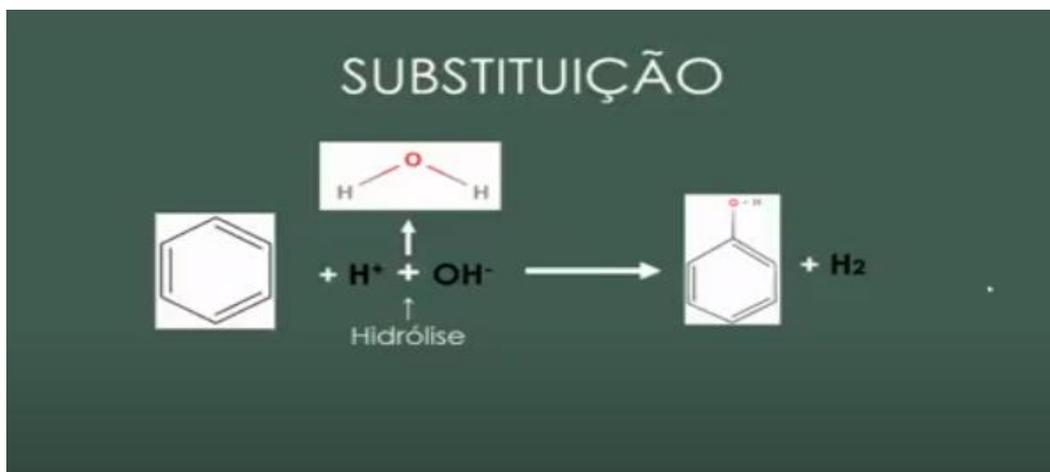


Fonte: elaboração da autora (2022).

A LRA 1 é composta por duas evidências que se relacionam entre si. Na E1: “Usamos como base dois antidepressivos já existentes para sintetizar a nossa molécula, um deles é a indolilalquilamina que possui um grupo OH ligado no anel benzênico e a outra foi a tranilcipromina que apresenta um grupo com ciclopropano ligado ao anel”. E na E2: “Nos baseamos nessas duas moléculas para tentarmos sintetizar a nossa. Vale ressaltar que cada uma dessas moléculas atua de uma maneira diferente no organismo humano”. A relação que o grupo faz com as moléculas já existentes para o tratamento da doença é muito importante para sua autonomia. Mas, a explicação do uso da molécula tranilcipromina ficou um pouco equivocada, pois, há um anel com três átomos de carbono e a ele está ligado o NH<sub>2</sub>, que caracteriza uma amina.

A LRA 2 é composta por uma justificativa sustentada pela evidência 3. Na J1: “Por que a gente fez isso? Porque o OH ele é um orientador orto/para e um ativador forte, o que vai deixar nossa molécula ainda mais eletronegativa e tornar nossas próximas reações mais rápidas”. E na E3: “Realizamos a substituição entre o anel benzênico e a água, substituindo assim então um H pelo grupo OH tentando produzir um fenol”. Na Figura 35, extraída da gravação da apresentação oral, mostra a reação para produzir o fenol a partir do anel benzênico e água.

**Figura 35:** Reação de substituição.

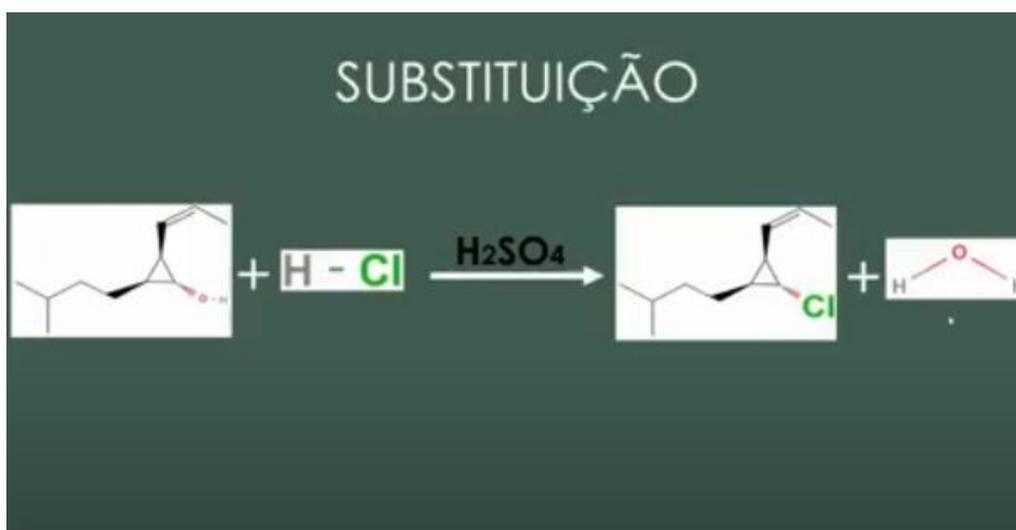


Fonte: Slide da apresentação oral.

Quando o grupo diz: “mais eletronegativa”, na verdade ele quer se referir a ressonância que é estabelecida sobre o anel aromático devido a presença dos elétrons que estão presentes no átomo de oxigênio, e isso contribui na ativação do anel e auxilia na próxima reação. Com relação a evidência utilizada, é um erro que já foi mencionado, pois a água não reage com o anel benzênico.

A LRA 3 é composta por apenas uma evidência, que é a E4: “Para segunda reação também foi realizado uma reação de substituição onde o composto primário foi “reagido” com HCl por meio de ácido sulfúrico como catalisador e acabou trocando o grupo OH pelo grupo Cl gerando o composto mais água. Essa etapa foi realizada porque o produto gerado para essa substituição vai ser usado posteriormente em uma reação de alquilação”. Essa evidência pode ser observada na Figura 36 apresentada a seguir.

**Figura 36:** Segunda reação de substituição.

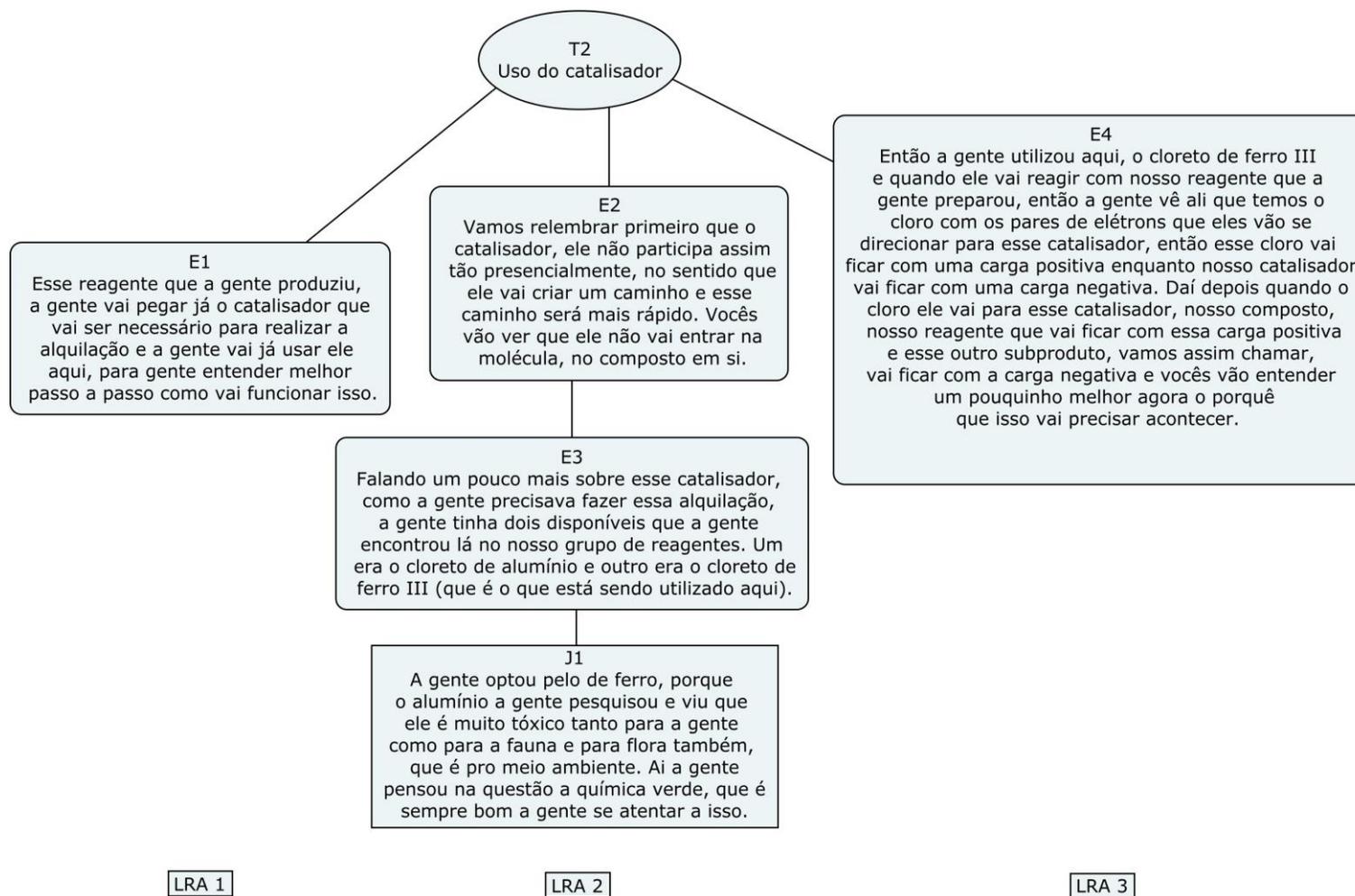


Fonte: Slide da apresentação oral.

O grupo precisava na verdade, obter um composto químico capaz de ser utilizado na reação de alquilação de Friedel-Crafts, pois, essa era uma condição descrita na narrativa do estudo de caso.

Ainda em relação a apresentação oral, o grupo 2 expressou a teoria 2 (T2): “Uso do catalisador”. Para essa teoria o grupo desenvolveu três linhas de raciocínios argumentativos, onde elas não se relacionam. Na Figura 37 está representada as linhas de raciocínios argumentativos para essa teoria.

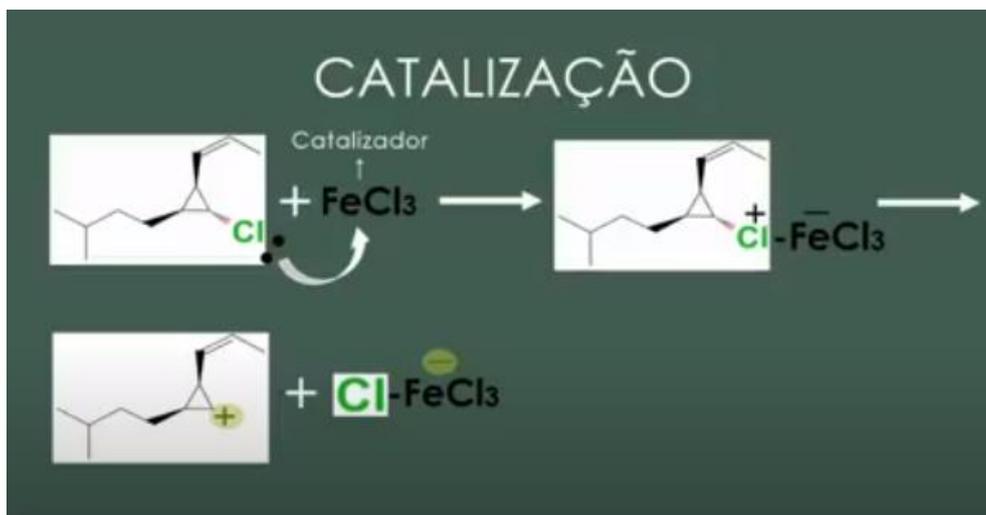
**Figura 37:** Reação com uso do catalisador.



Fonte: elaboração da autora (2022).

Na LRA 1 o grupo expressou a evidência 1 E1: “Esse reagente que a gente produziu, a gente vai pegar já o catalisador que vai ser necessário para realizar a alquilação e a gente vai já usar ele aqui, para gente entender melhor passo a passo como vai funcionar isso”. Essa reação pode ser observada na Figura 38.

**Figura 38:** Reação do reagente produzido pelo grupo com catalisador.



Fonte: Slide da apresentação oral.

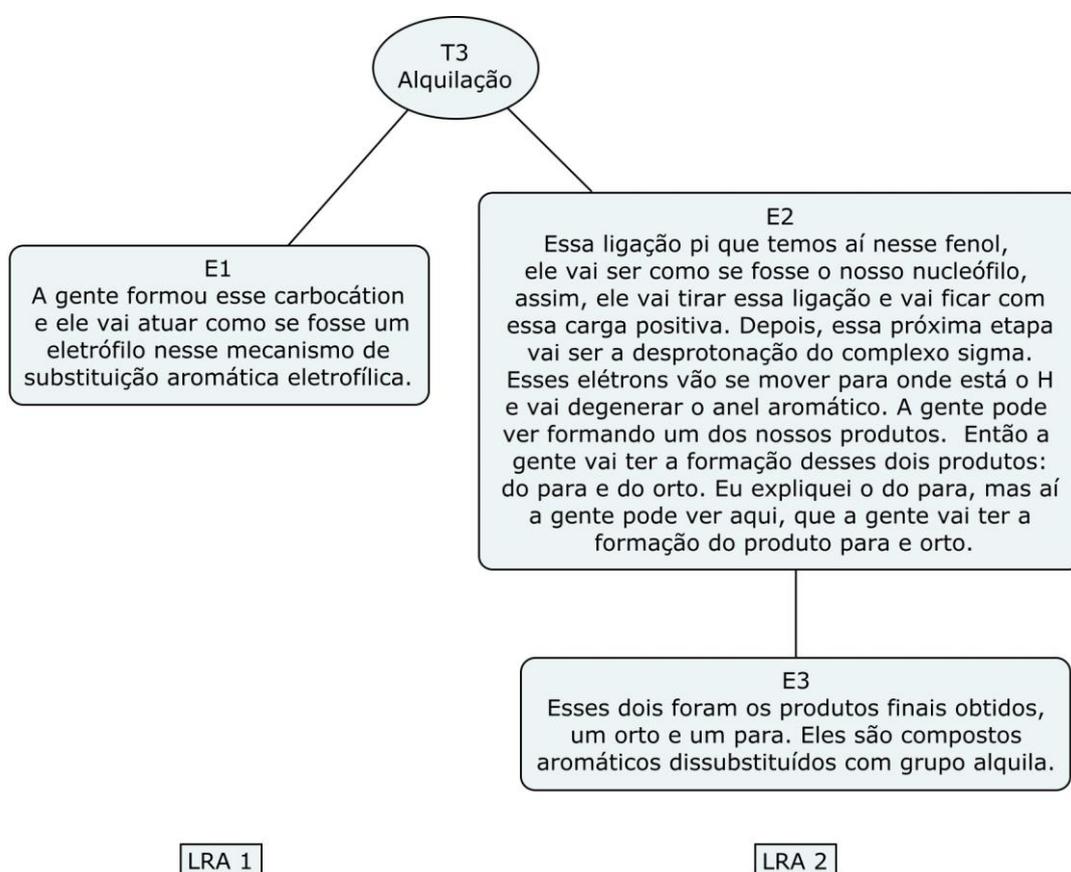
Na LRA 2 o grupo expressou duas evidências e uma justificativa que está ligada a evidência 3 (E3). Na E2 o grupo diz que: “Vamos lembrar primeiro que o catalisador, ele não participa assim tão presencialmente, no sentido que ele vai criar um caminho e esse caminho será mais rápido. Vocês vão ver que ele não vai entrar na molécula, no composto em si”. Na E3 o grupo diz que: “Falando um pouco mais sobre esse catalisador, como a gente precisava fazer essa alquilação, a gente tinha dois disponíveis que a gente encontrou lá no nosso grupo de reagentes. Um era o cloreto de alumínio e outro era o cloreto de ferro III (que é o que está sendo utilizado aqui)”. E na J1 o grupo diz que: “A gente optou pelo de ferro, porque o alumínio a gente pesquisou e viu que ele é muito tóxico tanto para a gente como para a fauna e para flora também, que é pro meio ambiente. Ai a gente pensou na questão a química verde, que é sempre bom a gente se atentar a isso”. Essas evidências são explicativas e assim, é possível concluir que o grupo fez boas escolhas pensando na química verde.

Na LRA 3 o grupo expressou apenas uma evidência, a E4 que diz que: “Então a gente utilizou aqui, o cloreto de ferro III e quando ele vai reagir com nosso reagente que a gente preparou, então a gente vê ali que temos o cloro com os pares de elétrons que eles vão se direcionar para esse catalisador, então esse cloro vai ficar com uma carga

positiva enquanto nosso catalisador vai ficar com uma carga negativa. Daí depois quando o cloro ele vai para esse catalisador, nosso composto, nosso reagente que vai ficar com essa carga positiva e esse outro subproduto, vamos assim chamar, vai ficar com a carga negativa e vocês vão entender um pouquinho melhor agora o porquê que isso vai precisar acontecer”. Essa evidência é mostrada na Figura 38 acima.

Ainda em relação a apresentação oral, o grupo 2 expressou a teoria 3 (T3): “Alquilação”. Para essa teoria o grupo desenvolveu duas linhas de raciocínios argumentativos. A Figura 39 apresenta a teoria.

**Figura 39:** Alquilação



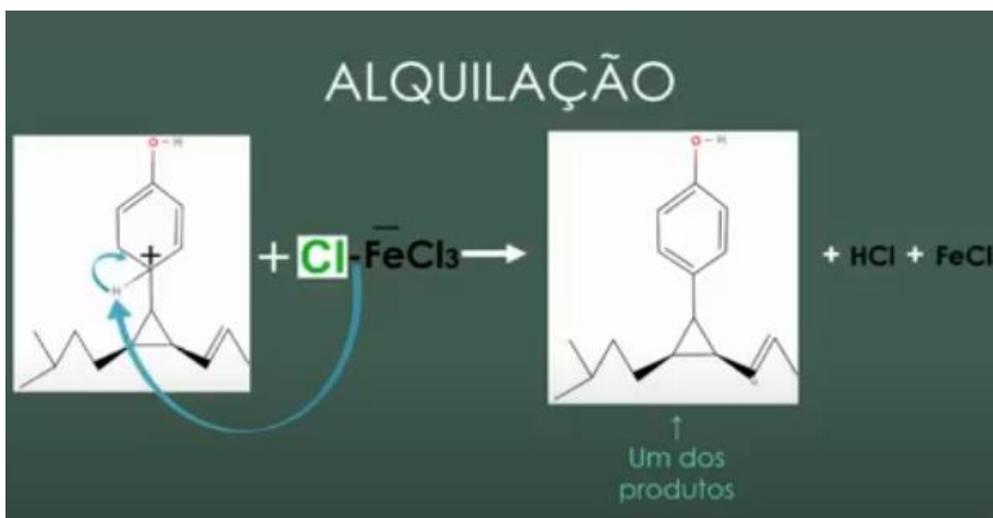
Fonte: elaboração da autora (2022).

Na LRA 1 o grupo expressou apenas uma evidência que não é sustentada por uma justificativa ou por outra evidência. Na E1: “A gente formou esse carbocátion e ele vai atuar como se fosse um eletrófilo nesse mecanismo de substituição aromática eletrofílica”. O carbocátion que o grupo se refere está representado na Figura 28, que é o produto da reação. Mas vale ressaltar que o grupo acha que é uma reação de substituição eletrofílica, mas na verdade não é.

Na LRA 2 o grupo expressou duas evidências. Na E2: “Essa ligação “pi” que temos aí nesse fenol, ele vai ser como se fosse o nosso nucleófilo, assim, ele vai tirar essa ligação e vai ficar com essa carga positiva. Depois, essa próxima etapa vai ser a desprotonação do complexo sigma. Esses elétrons vão se mover para onde está o H e vai degenerar o anel aromático. A gente pode ver formando um dos nossos produtos. Então a gente vai ter a formação desses dois produtos: do *para* e do *orto*. Eu expliquei o do *para*, mas aí a gente pode ver aqui, que a gente vai ter a formação do produto *para* e *orto*”.

Na E3: “Esses dois foram os produtos finais obtidos, um orto e um para. Eles são compostos aromáticos dissubstituídos com grupo alquila”. Na Figura 40 é representada a reação que está mencionada nessas evidências.

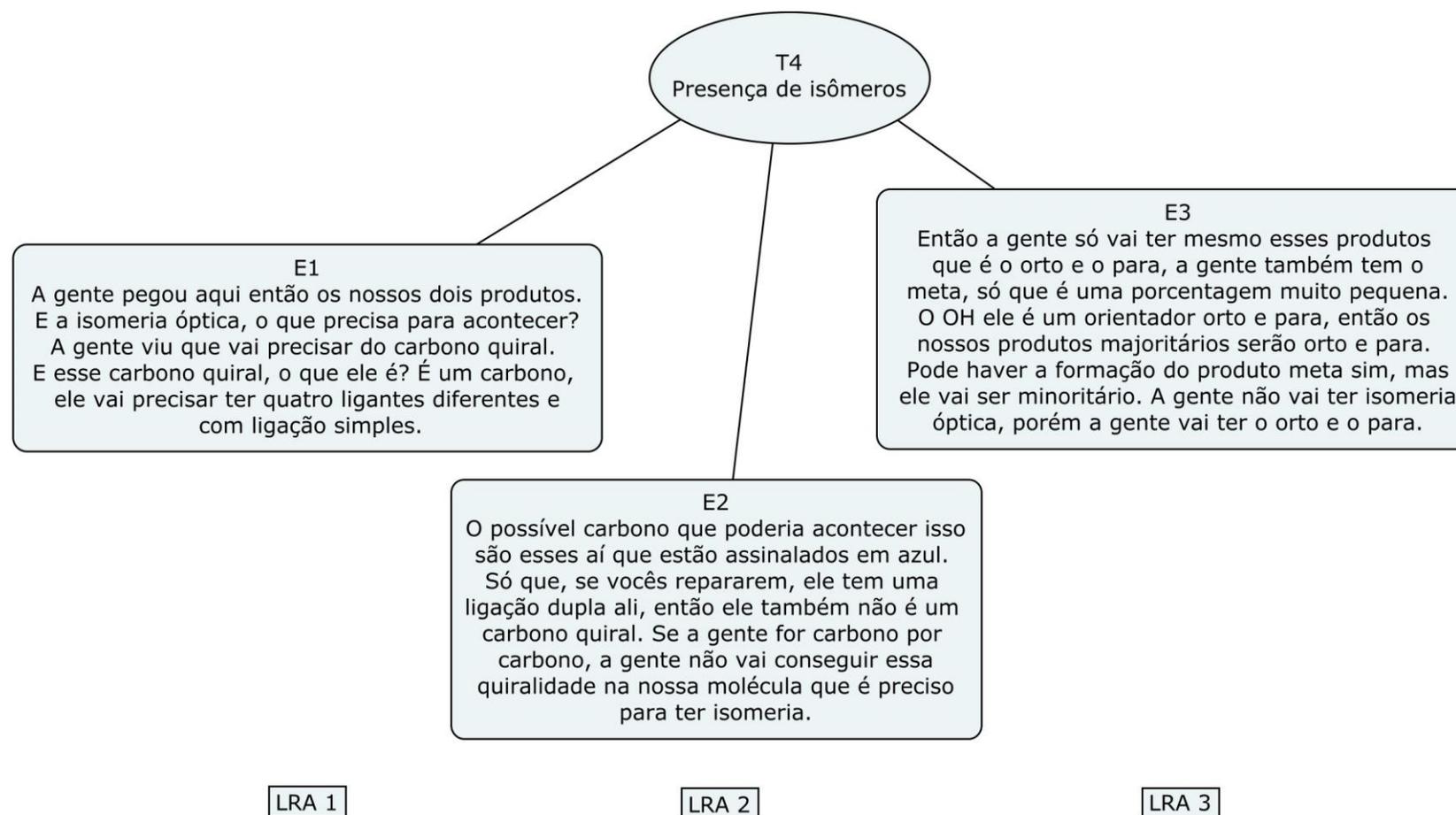
**Figura 40:** Reação de alquilação e a formação do produto *para*.



Fonte: Slide da apresentação oral.

Ainda em relação a apresentação oral, o grupo 2 expressou a teoria 4 (T4): “Presença de isômeros”. Para essa teoria o grupo desenvolveu três linhas de raciocínios argumentativos, cada um com uma evidência que não possuem relações entre si. Na figura 41 está a sua representação.

**Figura 41:** Presença de isômeros.

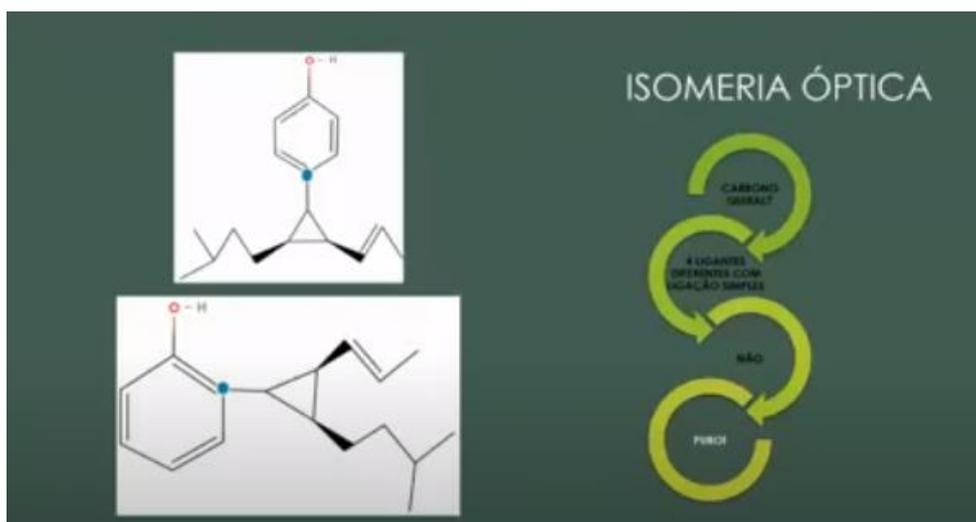


Fonte: elaboração da autora (2022).

Na LRA 1 o grupo expressou a E1: “A gente pegou aqui então os nossos dois produtos. E a isomeria óptica, o que precisa para acontecer? A gente viu que vai precisar do carbono quiral. E esse carbono quiral, o que ele é? É um carbono, ele vai precisar ter quatro ligantes diferentes e com ligação simples”. A mesma não possui relação com as demais evidências, essa é uma explicação sobre o que é um carbono quiral. No trabalho escrito entregue pelo grupo, não foi abordado esse conteúdo de isomeria óptica.

Na LRA 2 E2: “O possível carbono que poderia acontecer isso são esses aí que estão assinalados em azul. Só que, se vocês repararem, ele tem uma ligação dupla ali, então ele também não é um carbono quiral. Se a gente for carbono por carbono, a gente não vai conseguir essa quiralidade na nossa molécula que é preciso para ter isomeria. Esses carbonos assinalados em azul podem ver vistos na Figura 42 a seguir.

**Figura 42:** Isomeria óptica.



Fonte: Slide da apresentação oral.

Na LRA 3 E3: “Então a gente só vai ter mesmo esses produtos que é o *orto* e o *para*, a gente também tem o *meta*, só que é uma porcentagem muito pequena. O OH ele é um orientador *orto* e *para*, então os nossos produtos majoritários serão *orto* e *para*. Pode haver a formação do produto *meta* sim, mas ele vai ser minoritário. A gente não vai ter isomeria óptica, porém a gente vai ter o *orto* e o *para*”.

Após a apresentação oral a professora fez uma arguição para destacar alguns conceitos que eram importantes serem discutidos com o grupo. Para dar início, a professora começou estabelecendo o diálogo apresentado no Quadro 9.

Quadro 9: Diálogo estabelecido para o primeiro conceito que a professora quer esclarecer.

Professora: Por que vocês queriam obter esse fenol?

Estudante 1: A gente precisava de um composto dissubstituído, então a gente pensou em colocar esse, produzir um fenol porque o OH é um ativador forte, só que, gostaria de ressaltar que essa reação não é possível. Eu descobri isso bem recentemente e esse trabalho passou por várias modificações durante a semana, então fiquei com certo receio de alterar isso. Mas gostaria de salientar que: há várias formas de se obter o fenol, mas essa não é uma delas. A gente poderia realizar uma reação entre o benzeno e o  $\text{Cl}_2$  produzindo cloro benzeno e depois adicionando NaOH elevando a pressão e a temperatura para então obter o fenol mais NaCl. Essa seria uma das opções.

Professora: Perfeita defesa equipe. A água reage com um alceno, mas com benzeno não!

A primeira pergunta foi feita porque o grupo fez uma reação do anel benzênico e água, mas essa reação não é possível de acontecer. Percebe-se que esse estudante já aguardava por essa pergunta e nem esperou que a professora questionasse mais sobre essa reação. Essa percepção do erro é muito importante para o processo de aprendizagem dos estudantes, pois assim, podem buscar outras informações para justificar suas escolhas.

Neste erro cometido pelo grupo, não foi necessário o questionamento da professora sobre o conceito, os alunos já trouxeram as respostas corretas. Segundo Nogaro e Granella (2004) o aluno constrói seu conhecimento a partir do ambiente em que vive e pelas oportunidades que lhes é dado para isso. O papel da professora neste momento também foi muito importante, ela permitiu que os alunos conseguissem falar sobre o erro, e depois fez comentários para parabenizar a defesa sobre o assunto.

Em seguida, foi estabelecido o diálogo no Quadro 10.

Quadro 10: Diálogo estabelecido para o segundo conceito que a professora quer esclarecer.

Professora: Na reação de número 2. Entendo que vocês querem obter o cloreto de alquila para fazer a alquilação. Por que vocês estão propondo uma reação de substituição na hidroxila e não uma reação de adição na insaturação desse composto?

Estudante 2: Quando estava fazendo as pesquisas de alquilação mesmo, estava vendo que a maioria das reações ele só fazia essa reação de substituição primeiro, aí eu não pensei em fazer essa nessa dupla. Então achei que seria o mais fácil, que eu entendi, de fazer essa substituição aí, por isso que eu pensei nessa substituição ao invés da outra alternativa.

Professora: Isso! Mas como justificar? Por que reagiria ali um ácido com OH e não o ácido com na insaturação? Nós temos ácido que vai reagir bem com uma base. Se vocês olharem bem para essas duas regiões da molécula de vocês, pensando na questão da basicidade, então esse hidrogênio ligado nessa hidroxila quando comparado com a ligação insaturada, a ligação insaturada tem mais características básicas, então é exatamente onde o HCl vai atacar na molécula.

Estudante 2: Você fala da insaturação ali onde tem a dupla, certo? Então, só que a gente pensou no seguinte: a gente precisava de alguma forma de remover aquele oxigênio, porque senão, depois a gente ia fazer uma acilação, sendo que a gente queria uma alquilação.

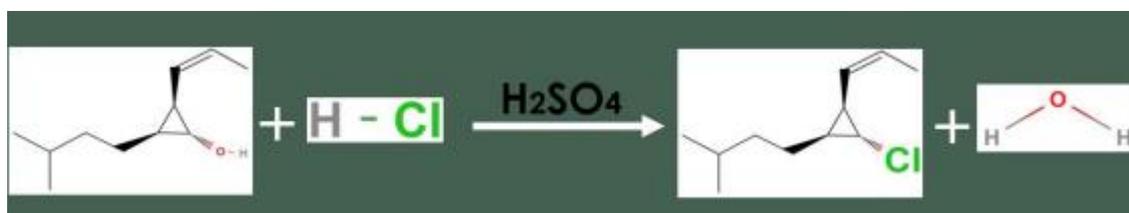
Professora: Por que não fazer uma acilação?

Estudante 2: Porque precisávamos de um grupo alquila, não de um acila.

Professora: Vocês queriam fazer a alquilação primeiro. Mas é possível fazer uma acilação nesses compostos? Qual seria a vantagem de fazer uma acilação? Vocês conseguem perceber diante dos reagentes que estão aí? Vocês tinham um conjunto de reagentes para escolher (ninguém respondeu).

Professora: Vou deixar essa provocação feita ao seu grupo, mas acredito ter a resposta na apresentação de um outro, só para vocês fiquem atentos.

Essa é a reação global que a professora cita ao estabelecer o diálogo acima.



Vale ressaltar que o grupo propôs uma reação que não é estudada nas aulas de química orgânica 1, e a partir disso, é possível perceber que o grupo teve autonomia de fazer pesquisas para auxiliar na resolução do caso e chegou nessa reação.

Como nenhum participante conseguiu responder a essas perguntas sobre a reação de acilação, a professora disse para que o grupo ficasse atento as outras apresentações, pois em algum momento, um grupo falaria sobre essa reação.

Neste momento da arguição o que mais chamou a atenção foi a reação com uso do catalisador, que o grupo chamou de “catalização”. O Quadro 11 apresenta o diálogo que foi estabelecido.

Quadro 11: Diálogo estabelecido para o terceiro conceito que a professora quer esclarecer.

|  |
|--|
| Professora: Alguém se referiu a esse carbocátion como nucleófilo? Quando ele está com essa carga positiva ele tem característica de ser um nucleófilo ou eletrófilo? |
| Estudante 1: Ele é um eletrófilo, não é?   |
| Professora: Ele é um eletrófilo ali, ta bom?   |
| Estudante 1: Eu me confundi. Ele é o eletrófilo, ele é quem vai atrair os elétrons.  |
| Professora: Isso!  |

Esse questionamento foi feito porque um estudante chamou de nucleófilo a espécie com a carga positiva. Além de perceber que ele é um eletrófilo, ainda diz que essa espécie é quem vai atrair os elétrons.

Além da professora responsável pela disciplina, as pesquisadoras desse trabalho estavam presentes e também podiam fazer questionamentos sobre o trabalho dos grupos. Assim, a pesquisadora estabelece o diálogo apresentado no Quadro 12.

Quadro 12: Diálogo estabelecido para o quarto conceito que a professora quer esclarecer.

|  |
|--|
| Pesquisadora: Queria que colocassem na reação onde tem o produto final. Vocês apresentam o ácido clorídrico e o cloreto de ferro III. O que fariam com os subprodutos dessa reação pensando em questões ambientais?  |
| Estudante 1: O cloreto de ferro III é um catalisador, ele pode ser reutilizado para outras reações. Agora o ácido clorídrico, ele pode ser armazenado para futuras reações, mas nesse caso teria que fazer o descarte dele correto. Então nós devíamos colocar ele em um frasco de resíduo e identificar o que está presente ali juntamente com a concentração dele. |

Pesquisadora: Ta! Aí quando você fala que tem que fazer o descarte correto, o que seria isso? Como que você descartaria? Concordo que tem que fazer o descarte correto, mas como? Você conseguiria me explicar?

Estudante 2: Bom, o descarte correto acaba sendo armazenado em um potinho, algum lugar que descarte no laboratório, e depois esse descarte vai para um lugar onde ele é tratado ou então incinerado, ou algo do tipo desse tratamento.

Pesquisadora: Saberá falar como que é esse tratamento? Como que seria um possível tratamento? Essa é a questão que eu queria chegar.

Estudante 2: Acredito que uma reação de ácido e base neutralizaria o ácido e formaria o sal e água, e aí, esse já não é um subproduto agressor para o meio ambiente.

Estudante 3: E após, ele vai para um lugar para ser tratado e purificado e ser utilizado posteriormente em aula.

Pesquisadora: Esses alunos conseguiram responder e ir um pouquinho mais além nas respostas.

Professora: A Estudante 1 também respondeu muito bem a respeito do destino do catalisador cloreto de ferro três.

Esse questionamento foi feito para que os alunos percebessem a importância de um destino correto para os subprodutos da síntese, uma vez que, auxilia na química verde.

O grupo conseguiu chegar no ponto que a pesquisadora queria que eles percebessem o que fazer com os subprodutos. No momento final, ela estava se referindo apenas aos dois últimos participantes que responderam, mas vale ressaltar aqui que o grupo como um todo participou e conseguiu chegar nas respostas que ela esperava, principalmente a estudante 1 que foi a primeira a responder, falando do destino do catalisador.

A professora já havia parabenizado o grupo pela apresentação e por terem participado da arguição, mas quando o grupo passou os slides, ela percebeu que precisava falar de um conceito muito importante que apenas esse grupo trouxe, sobre isomeria óptica. O diálogo estabelecido é apresentado no quadro 13

Quadro 13: Diálogo estabelecido para o quinto conceito que a professora quer esclarecer.

Professora: Antes do grupo encerrar a apresentação, passou algo ali que eu queria pontuar, nessa parte que vocês falaram da estereoquímica do carbono assimétrico. Gostei que vocês foram pensar no estereoisômeros, porque os estereoisômeros são fundamentais pensando nos possíveis isômeros que vão se formar e a parte de estereoquímica que envolve a ação das enzimas, ação do próprio medicamento, tá ótimo esse olhar. Só que aí também gostei, vocês perceberam que tinham marcado um carbono que pertence ao anel aromático como um carbono assimétrico que iria dar quiralidade a molécula, vocês já consertaram. Só que vocês falaram que essa molécula não tem carbonos assimétricos, isso é uma verdade? É possível identificar um carbono assimétrico nessa molécula?

Estudante 1: Não professora, não é possível. Se for carbono por carbono não vai conseguir aquele que precisa para quiralidade, que é o carbono com 4 ligantes diferentes e com ligação simples.

Professora: Então, vou fazer uma provocação, se a gente pegar a cadeia cíclica com 3 átomos de carbono? Estou olhando a figura que está abaixo, a figura maior que está aí em destaque, que é o composto na posição *meta*. Então acompanha aí ó, do lado você chamou a atenção com aquela bolinha azul. Olha o carbono que está ligado a essa bolinha azul, que é o carbono que compõe a cadeia cíclica, não é possível ele ser um carbono assimétrico? Uma, duas, três, quatro ligações simples, podemos identificá-lo como um carbono quiral?

Estudante 1: “O carbono que está ligado ao carbono da bolinha azul?”

Professora: Isso, na cadeia cíclica, vamos olhar a cadeia cíclica que tem três átomos de carbono ali!

Estudante 2: Do propano?

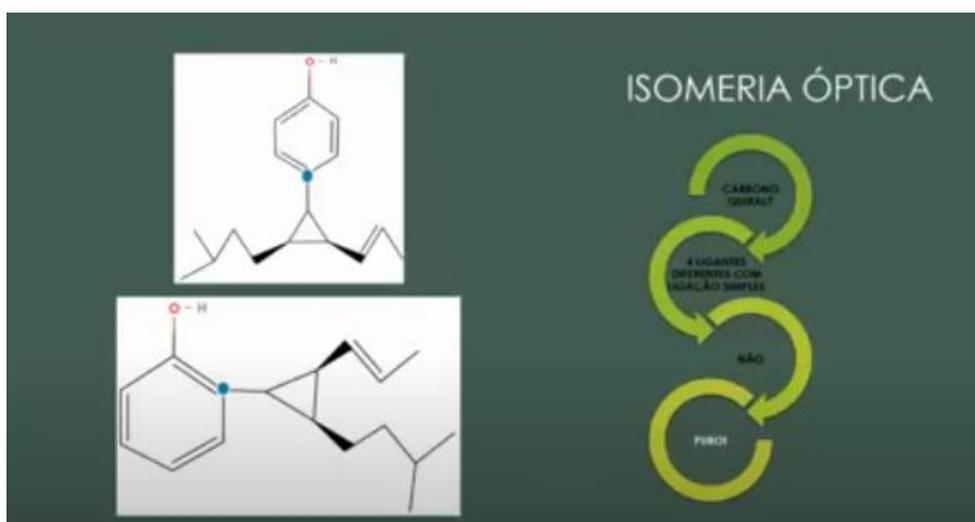
Professora: Isso! Ali a gente tem carbonos assimétrico?

Estudante 2: Não, acredito eu. Ah não, mas está ligado a um hidrogênio também. Mas essa parte do ciclo propano, cada ligação dessa conta como ligantes diferentes?

Professora: Isso! Se você pegar, vamos analisar só o carbono no ciclo ligado ao da bolinha azul. Ele está ligado ao carbono do anel benzênico, que é um grupo diferente de um hidrogênio que está ligado a ele que está oculto, segundo ligante, se você olhar os outros dois átomos de carbono que eles estão ligados, que estão compondo a cadeia,

esses dois não são iguais né? São diferentes! Se vocês pegarem uma parte da molécula pra lá, movimentam aí para mim, em um dos carbonos da cadeia cíclica. Esse aí, esse grupo, agora o grupo de baixo, e esse aí estão ligados aquele carbono que tinha o mouse sobre ele, e que são distintos. Então nós temos um carbono assimétrico aí, que vai dar quiralidade para molécula. Todos os três aí vão ter assimetria. Tinha anotado aqui e tinha esquecido de corrigir isso. Essa assimetria aí, essa quiralidade da molécula, quando vocês foram propor um mecanismo, vocês não trabalharam isso, e nem tinha, porque a forma de rearranjar o composto que vocês obtiveram, não afetaria, não seria uma região que estaria acontecendo as reações químicas. Então não teriam que se preocupar com isso, só não posso deixar vocês falarem que essa molécula não tem quiralidade, pois ela tem aí três carbonos assimétricos. Ta bom? Muito obrigada e parabéns pela apresentação.

Essa é a figura que a professora cita ao estabelecer o diálogo acima.



Vale ressaltar que, quando a professora diz na posição *meta*, na verdade é a posição *orto*, pois o ligante estava no carbono vizinho a hidroxila ligada no anel.

No momento da pergunta, o Estudante 2 percebe que tem um hidrogênio oculto, mas ainda tem dúvidas se os ligantes da cadeia cíclica são diferentes. Como o grupo já estava começando a entender o que estava acontecendo, a professora apenas explicou de forma bem detalhada sobre o assunto e por fim parabenizou o grupo pela apresentação.

#### 4.6 Análise dos níveis de complexidade expressos nas linhas de raciocínios argumentativos

Para resolver a problemática envolvida no estudo de caso, os grupos apresentaram moléculas finais diferentes umas das outras, por mais que o conjunto de reagentes foi o mesmo para todos e era obrigatório ter um grupo alquila, nenhum propôs uma molécula igual.

No Quadro 14 estão apresentadas as teorias defendidas pelos grupos, do trabalho escrito e da transcrição da apresentação oral, as linhas de raciocínios argumentativos desenvolvidas por eles e a classificação do nível de complexidade de cada LRA.

Quadro 14: Teorias defendidas pelos grupos e classificação dos níveis de complexidade das linhas de raciocínios argumentativos desenvolvidas.

| <b>Grupo /<br/>Atividade</b>           | <b>Teoria</b>  | <b>LRA</b> | <b>Nível de<br/>complexidade</b> |
|--|--|------------|----------------------------------|
| <b>Grupo 1</b><br>Trabalho<br>escrito  | T1 - Cloração do benzeno                             | LRA1       | 3A                               |
|  | T2 - Acilação de Friedel-Crafts                      | LRA1       | 2B                               |
|  |  | LRA2       | 3A                               |
|  | T3 - Reação de adição de ácido clorídrico em alcenos | LRA1       | 1A                               |
|  |  | LRA2       | 3A*                              |
|  | T4 - Reação de substituição em alcanos               | LRA1       | 1B                               |
|  |  | LRA2       | 1A                               |
|  |  | LRA3       | 2A                               |
|  | T5 - Alquilação de Friedel-Crafts                    | LRA1       | 2A                               |
|  |  | LRA2       | 2A                               |
| <b>Grupo 1</b><br>Apresentação<br>oral | T1 – Halogenação do benzeno                          | LRA1       | 1A                               |
|  |  | LRA2       | 1A                               |
|  | T2 – Acilação de Friedel-Crafts                      | LRA1       | 1B                               |
|  |  | LRA2       | 2A                               |
|  | T3 – Reação de adição de ácido clorídrico em alcenos | LRA1       | 1A                               |
|  | T4 – Reação de substituição em alcanos               | LRA1       | 1B                               |
| <b>Grupo 2</b><br>Trabalho<br>escrito  | T1 – Reação para substituir o OH pelo Cl             | LRA1       | 3A*                              |
|  |  | LRA2       | 2A                               |
|  | T2 – Formação do carbocátion                         | LRA1       | 1A                               |
|  | T3 – Reação de alquilação                            | LRA1       | 1B                               |
|  |  | LRA2       | 1A                               |
|  |  | LRA3       | 2A                               |

|  |   |      |     |
|--|---|------|-----|
| <b>Grupo 2</b><br>Apresentação<br>oral | T1 – Substituição para produzir o fenol | LRA1 | 1B  |
|  |   | LRA2 | 3A* |
|  |   | LRA3 | 1A  |
|  | T2 – Uso do catalisador                 | LRA1 | 1A  |
|  |   | LRA2 | 3A  |
|  |   | LRA3 | 1A  |
|  | T3 – Alquilação                         | LRA1 | 1A  |
|  |   | LRA2 | 1B  |
|  | T4 – Presença de isômeros               | LRA1 | 1A  |
|  |   | LRA2 | 1A  |
|  |   | LRA3 | 1A  |

Níveis de complexidade assinalados com \* foram adaptados a partir do referencial original de Martins e Justi (2017). Esses apresentaram LRA com apenas uma evidência sustentando uma justificativa.

Fonte: Elaboração da autora (2022).

Ao observar o quadro, em relação ao grupo 1, podemos perceber que para o trabalho escrito foram defendidas cinco teorias e na transcrição da apresentação oral foram defendidas quatro teorias. Dentre as teorias defendidas no trabalho escrito, apenas a T4 apresentou três linhas de raciocínios argumentativos, onde a classificação no nível de complexidade das LRA variou entre 1A e 1B. As LRA 1 para T1, a LRA 2 para T2 e a LRA 2 para T3 foram classificadas no nível de complexidade 3A, onde esse descreve justificativa apoiada por evidências, sendo elas as linhas de raciocínios argumentativos mais desenvolvidas. Cabe ressaltar que para esse nível de complexidade foi feita uma adaptação do trabalho de Martins e Justi (2017), pois no trabalho original esse nível se trata de uma justificativa apoiada por evidências e em alguns casos como na LRA 2 para T3 há apenas uma evidência sustentando a justificativa, por este motivo esse nível é expressado como 3A\*.

Com relação a transcrição da apresentação oral, no qual o grupo defendeu quatro teorias, não houve muitas linhas de raciocínios argumentativos desenvolvidos, tendo no máximo duas para T1 e T2. A LRA que obteve classificação de nível mais complexo foi a LRA 2 com nível 2A, onde essa apresentou apenas uma justificativa não sustentada por evidências.

Ao fazer uma comparação dos trabalhos do grupo 1, podemos perceber que o trabalho escrito foi mais informativo comparado com a transcrição da apresentação oral. E também as LRA do trabalho escrito foram mais desenvolvidas e apresentaram níveis de complexidade 3A, enquanto que, na transcrição da apresentação oral o nível maior foi 2A.

Ao observar o quadro, com relação ao grupo 2, podemos perceber que no trabalho escrito foram defendidas apenas três teorias, e na transcrição da apresentação oral foram defendidas quatro teorias.

No trabalho escrito, a teoria 3 (T3) apresentou mais linhas de raciocínios argumentativos defendendo-a. Mas, ao observar o esquema criado para essa teoria, as LRA não foram muito desenvolvidas, pois na LRA 2 tem somente uma evidência e na LRA 3 tem somente uma justificativa, então os níveis de complexidade para T3 teve classificação variando entre 1A, 1B e 2A. Por mais que o grupo apresentou uma justificativa para essa teoria, ela é classificada em um nível de complexidade inferior do que aquelas em que as justificativas são sustentadas por evidências. Uma vez que, de acordo com Martins e Justi (2017) o estabelecimento de relações entre justificativa e evidência requer do estudante um esforço cognitivo maior.

Também no trabalho escrito, o grupo obteve uma classificação de nível de complexidade maior, sendo ele 3A\*. Na T1 defendida pelo grupo, foram desenvolvidas duas linhas de raciocínios argumentativos, e a LRA1 contém uma justificativa sustentada por uma evidência. Essa LRA 1 é classificada em nível de complexidade maior do que a LRA 2 porque a mesma possui somente uma justificativa que não é sustentada por nenhuma evidência. Assim, podemos concluir em relação a essa teoria que para LRA 1 o grupo estabeleceu relações com esforço cognitivo maior.

Na transcrição da apresentação oral, o grupo defendeu quatro teorias e desenvolveram mais linhas de raciocínios argumentativos para apoiar a teoria. Para T1 foram desenvolvidas três LRA e a LRA 2 foi classificada com maior nível de complexidade, 3A\*. Para T2 também foram desenvolvidas três LRA e a LRA 2 foi classificada como maior nível de complexidade (3A) comparado as outras duas que foram classificadas como 1A, pois nelas há somente uma evidência. Para T3 foram desenvolvidas duas LRA e essas possuem apenas evidências, na LRA 2 possui duas evidências que se relacionam e foi classificada com nível de complexidade 1B, uma vez que esta tem mais evidência do que a LRA 1 que possui apenas uma e é classificada como 1A. Para essa teoria o grupo não procurou estabelecer relações de cognição maior e expressou apenas evidências. Para T4 também foram desenvolvidas três LRA com apenas uma evidência em cada e todas foram classificadas com nível de complexidade 1A. Aqui também podemos perceber que o grupo não estabeleceu relações entre os dados, essas evidências sustentam a teoria.

## 5 AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA ESTUDO DE CASO PELOS ALUNOS DA DISCIPLINA QUÍMICA ORGÂNICA I

A última atividade que os estudantes realizaram foi uma avaliação, através de um questionário (APÊNDICE D), sobre a metodologia utilizada na disciplina de química orgânica I, intitulada de Feedback sobre o Estudo de Caso. Dos 43 alunos, 36 responderam esse questionário. Serão apresentadas aqui, somente algumas perguntas e respostas dos alunos.

A primeira pergunta teve como objetivo saber se o estudo de caso contribuiu para a formação dos alunos. Para essa pergunta foi obtido trinta e seis respostas, sendo que trinta e quatro disseram que o estudo de caso contribuiu, um respondeu depende e um respondeu que não contribuiu.

A seguir será descrito respostas de alunos que tiveram satisfação com a atividade e o reconhecimento das inúmeras habilidades que esta pôde proporcionar.

“Sim, pois além de colocar em prática todo o conteúdo que foi aprendido durante a disciplina, pude desenvolver diversas habilidades, como a de escrita, de construção de ideias, de reflexão, de investigação, de visão crítica e até mesmo de oratória (durante a apresentação). O estudo de caso me permitiu aprender de diversas maneiras, onde essa foi a primeira vez que executei um estudo de caso, sendo pra mim foi uma nova estratégia abordada”. (Estudante 1)

“Sim. Nesse estudo de caso eu estudei muito sobre a produção de medicamentos e essa é uma área que gosto muito. Além disso, as reações feitas para esse estudo de caso me fizeram aprofundar mais na disciplina de Química Orgânica”. (Estudante 2)

“Sim. O estudo de caso faz com haja uma ligação entre o que está ao nosso redor e o que está sendo ensinado, e com isso contribui para a formação profissionais e pessoal, construindo um pensamento crítico e mais analítico com tudo que está a nossa volta”. (Estudante 3)

Assim como tiveram respostas indicando que o Estudo de Caso contribuiu para sua formação, houve um aluno que não sentiu a mesma coisa e não viu aplicabilidade da metodologia na sua vida profissional como futuro professor, sugerindo que não seria

possível aplica-la no ensino médio. Possivelmente este aluno vivenciou uma educação básica com práticas tradicionais e isso influencia suas teorias implícitas que precisam ser desconstruídas ou reformuladas ao longo do curso. A resposta descrita a seguir, mostra isso.

“Não, como o estudo de caso foi possível por em prática aulas que seriam somente vistas e resolvidas através de listas, foi possível identificar como e onde devesse aplicar a química orgânica dentro de um produto fármaco, o estudo de caso foi bastante interessante, porém na minha área de atuação não será necessária, sendo que não poderei aplica-lo em um ambiente escolar de ensino médio”. (Estudante 4)

Através dessa resposta, pode-se perceber que este aluno acha que existe somente casos envolvendo a síntese de fármacos ou casos abrangendo química orgânica com uma maior complexidade, mas existem casos que são criados justamente para serem trabalhados no ensino médio ou adaptados com este objetivo. Porém, não houve um momento com os alunos que pudéssemos esclarecer essas ideias que eles trouxeram nessa avaliação.

Para saber se o estudo de caso auxiliou no desenvolvimento de algumas habilidades, foi utilizada uma escala de cinco pontos, que variou entre discordo fortemente (DF), discordo parcialmente (DP), não tenho opinião formada (I), concordo parcialmente (CP) e concordo totalmente (CT). Essas habilidades são expressas no Quadro 15 abaixo e também a quantidade de alunos que marcaram alguma escala para determinada habilidade.

Quadro 15: Desenvolvimento de habilidades.

| Habilidade/Escala  | DF | DP | I | CP | CF |
|--|----|----|---|----|----|
| Capacidade de comunicação escrita                          | -  | -  | 1 | 11 | 21 |
| Capacidade de pesquisa de informações em fontes confiáveis | -  | -  | 3 | 14 | 19 |
| Capacidade de argumentação diante de questionamentos       | -  | 1  | 4 | 19 | 12 |
| Capacidade de persuasão na apresentação das                | -  | -  | 9 | 16 | 11 |

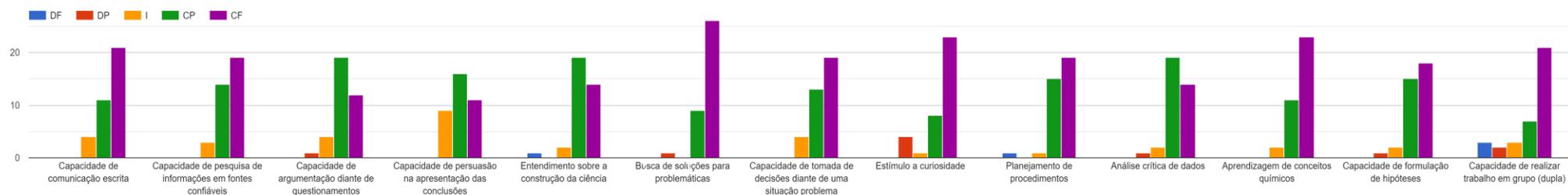
|  |   |   |   |    |    |
|--|---|---|---|----|----|
| conclusões   |   |   |   |    |    |
| Entendimento sobre a construção da ciência                       | 1 | - | 2 | 19 | 14 |
| Busca de soluções para problemáticas                             | - | 1 | - | 9  | 26 |
| Capacidade de tomada de decisões diante de uma situação problema | - | - | 4 | 13 | 19 |
| Estímulo a curiosidade   | - | 4 | 1 | 8  | 23 |
| Planejamento de procedimentos                                    | 1 | - | 1 | 15 | 19 |
| Análise crítica de dados   | - | 1 | 2 | 19 | 14 |
| Aprendizagem de conceitos químicos                               | - | - | 2 | 11 | 23 |
| Capacidade de formulação de hipóteses                            | - | 1 | 2 | 15 | 18 |
| Capacidade de realizar trabalho em grupo (dupla)                 | 3 | 2 | 3 | 7  | 21 |

Fonte: Elaboração da autora (2022).

As escalas mais marcadas pelos alunos foram concordo parcialmente (CP) e concordo fortemente (CF), sendo essas para todas as habilidades. A escala não tinha opinião formada (I), também foram marcadas para quase todas as habilidades, não foi marcada somente para a habilidade “Busca de soluções para problemáticas”. Para essa habilidade, grande parte dos alunos marcou (CF), então percebe-se que a maioria conseguiu chegar a uma solução para o problema e apenas um aluno discordou parcialmente (DP). A escala de discordo fortemente (DF) também foi marcada em algumas habilidades, mas principalmente na “Capacidade de realizar trabalho em grupo (dupla)”, onde muitos alunos relataram que os colegas de grupo não tiveram o interesse de participar do estudo de caso. Também para essa mesma habilidade, todas as escalas foram marcadas, e a maioria dos alunos marcou que concordavam fortemente (CF). A Figura 43 mostra graficamente o que foi falado acima sobre as habilidades e as respectivas escalas.

**Figura 43:** Gráfico das habilidades desenvolvidas e não desenvolvidas pelos alunos.

Refleta sobre o desenvolvimento de algumas habilidades durante o desenvolvimento do ESTUDO DE CASO. Considere a escala: Discordo fortemente (DF); Discordo Parcialmente (DP); Não tenho opinião formada (I); Concordo Parcialmente (CP); Concordo Totalmente (CT)



Fonte: Imagem extraída do questionário de feedbacks.

Comentários livres feitos pelos alunos sobre o desenvolvimento das habilidades também foram coletados. Para essa questão os alunos respondiam se quisessem, não era obrigatório, sendo assim, apenas dezenove alunos responderam.

A seguir estão apresentadas respostas sobre o desenvolvimento das habilidades e em especial o trabalho em grupo. Além disso, este aluno comenta que precisou obter a capacidade de tomada de decisão para conseguir argumentar.

“Concordo em quase todas as questões, principalmente tentar desenvolver minhas habilidades em grupo, visto que, parte de alguns alunos do grupo não se responsabilizaram 100% em todas as tarefas aplicadas e tive que obter capacidade de tomada de decisões para que no final do trabalho conseguisse desenvolver argumentos e desenvolver uma nova síntese utilizando conceitos de química no estudo de caso”. (Estudante 5)

“Em relação às habilidades descritas no desenvolvimento do estudo de caso, algumas delas consegui desenvolver de maneira significativa, tendo uma base bem sólida, mas outras nem tanto. Acredito que ao longo do curso vamos aprimorando cada vez mais elas, principalmente em outros possíveis estudos de caso ou atividades que abordem aspectos parecidos. (Estudante 1)

“Considero que em todos os aspectos consegui desenvolver um pouquinho, sem contar a complexidade do caso para mim, fato que me fez pesquisar mais do que tenho costume”. (Estudante 6)

Ao final deste questionário os alunos puderam comentar sobre as atividades desenvolvidas durante a resolução do caso, e a seguinte resposta relata o sentimento de uma aluna que participa de iniciação científica.

“O estudo de caso foi um dos trabalhos mais interessantes que realizei durante a universidade. Entretanto, senti que a história pode deixar os alunos confusos com o objetivo real do trabalho. Suponho que a ideia é trabalhar sua interpretação diante de um caso, mas é a primeira vez que os alunos entram em contato com este trabalho então seria interessante dar um norte para os mesmos. Como assim? Além da história, dos reagentes, acho interessante deixar mais claro o objetivo ou mais explicativo. Muitos alunos não tiveram a mesma oportunidade que outros alunos. Sou um exemplo claro de aluna que estudou a vida inteira em escolas públicas, porém a UFLA me deu a oportunidade de participar do projeto de iniciação científica júnior que me

ajudou na interpretação do caso. Percebi que muitos alunos viram a história e imaginaram, se cobraram a desenvolver um remédio e apresentar dados, sendo que os dados só poderiam ser identificados com testes e não tinha como fazer isso. Entraram em desespero e assim o trabalho não foi tão interessante para eles. Antes de apresentar o caso, acho que seria importante apresentar o objetivo do trabalho da maneira mais direta possível. Exemplo: neste estudo de caso vamos desenvolver um composto baseado em compostos existentes só que usando os conhecimentos adquirido em aula. NÃO SE PREOCUPEM não é necessária uma molécula perfeita, queremos ver o que você aprendeu”. (Estudante 7)

Esse comentário mostra que alguns alunos não sentiram prazer em realizar esse trabalho e se desesperaram, assim, ele é importante para que possamos criar ou adaptar casos que os alunos consigam entender e interpretar e que não gere sentimentos de desespero nos mesmos. A dica que a aluna apresenta neste comentário, pode ser utilizada para melhorar a participação dos estudantes de forma geral e auxiliar nós, pesquisadores, no desenvolvimento de atividades que estejam dentro das condições dos estudantes.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise dos raciocínios argumentativos expressos pelos grupos no trabalho escrito foi um pouco diferente da transcrição obtida da apresentação oral, principalmente o grupo 2. De maneira geral, as LRA desenvolvidas no trabalho escrito foram mais elaboradas, pois as mesmas apresentaram mais evidências sustentando as justificativas que apoiaram as teorias. Acredita-se que esse fato decorre da limitação do tempo de apresentação do trabalho oral.

Ao observar as LRA desenvolvidas é possível perceber que a maioria é composta por apenas evidências (observação, fato ou dado que dá suporte à teoria). Essas LRA tinham apenas uma evidência, mais de uma e múltiplas evidências inter-relacionadas que foram classificadas em um nível de complexidade inferior. Houve também, LRA com apenas justificativas (razão ou causa que dá suporte à teoria). Essas LRA tinham apenas uma justificativa, mais de uma e múltiplas justificativas inter-relacionadas, essas foram classificadas em um nível de complexidade superior. Já as LRA compostas por justificativas conectadas a evidências sustentando a teoria, foram classificadas em maior nível de complexidade, pois exigiu dos estudantes um esforço

cognitivo maior, pois tiveram que selecionar dados importantes para auxiliar no suporte das justificativas. Assim, é possível perceber que a habilidade de argumentar foi desenvolvida pelos alunos, principalmente ao defenderem as suas teorias. Alguns argumentos expressos pelos estudantes são aceitos cientificamente, porém há argumentos também que não são aceitos cientificamente.

Outro fator que também auxiliou nas análises dos raciocínios argumentativos foram as reações e os mecanismos que os grupos fizeram para chegar à molécula final. A partir deles, podemos ver como os alunos selecionaram os reagentes disponíveis e os combinaram para propor a síntese.

O estudo de caso aplicado contribuiu para o desenvolvimento de habilidades dos estudantes, como melhora na comunicação escrita e oral, trabalho em grupo, autonomia para pesquisar fontes confiáveis para resolver o caso. Isso pode ser comprovado ao analisar os fragmentos de respostas dada ao questionário de feedback, onde os estudantes tinham que dizer se a metodologia contribuiu para sua formação. Muitos disseram que sim, o estudo de caso foi útil e trouxe contribuições, em contrapartida, apenas um estudante disse que não, que o mesmo não contribuiu para sua formação e que não conseguiria utilizar essa metodologia em sua futura profissão ao trabalhar com os estudantes do ensino médio.

Ainda sobre a metodologia, muitos estudantes relataram que esta poderia ter contribuído ainda mais se fosse aplicado em aula presencial, pois o ensino remoto dificultou no entendimento da proposta do estudo de caso. O que poderia ter promovido uma maior familiarização dos os estudantes com a metodologia, uma vez que a professora poderia disponibilizar maior tempo para esclarecimento da mesma.

Vale ressaltar que, um maior tempo dedicado a apresentação oral dos trabalhos poderia proporcionar discussões relacionadas aos erros conceituais apresentados na resolução do caso.

O presente trabalho acrescentou muitas habilidades para a pesquisadora, pois essa metodologia ainda não é muito utilizada no ensino de forma geral e muitos não a conhecem ainda. Quando a mesma teve a oportunidade de participar de um estudo de caso como estudante, não tinha muito conhecimento suficiente sobre as potencialidades da metodologia e o quanto ela auxilia no desenvolvimento de diversas habilidades que contribuem para seu futuro profissional. Ao participar de um estudo de caso como pesquisadora, o olhar foi totalmente diferente.

De acordo com o esperado, os objetivos desse trabalho foram alcançados, ou seja, foi possível analisar os raciocínios argumentativos dos estudantes durante a resolução da narrativa presente no estudo de caso utilizado. Assim, é muito importante que os professores contribuam e deem oportunidades para que os estudantes possam desenvolvê-las nas aulas, principalmente no aprendizado de ciências para auxiliar na linguagem científica dos mesmos, além de contribuir para formação de cidadãos mais ativos e críticos perante a sociedade.

## REFERÊNCIAS

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. *Investigação Qualitativa em Educação: Uma introdução à teoria e aos métodos*. Portugal: Editora Porto, 1994.

IBRAIM, S. S.; JUSTI, R. Contribuições de ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação para a inserção de estudantes na prática científica de argumentar. *Quim. Nova*, Vol. 43, N° 1, p. 16-28, FEVEREIRO 2021.

LOURENÇO, A. B.; QUEIROZ, S. L. Argumentação em aulas de química: estratégias de ensino em destaque. *Quim. Nova*, Vol. 43, No. 9, 1333-1343, 2020.

LOURENÇO, A.B; et. al. Lembrança estimulada no desenvolvimento da prática reflexiva de licenciandos em química sobre Argumentação. *Quim. Nova*, Vol. 43, N° 1, p. 129-140, FEVEREIRO 2021.

MACEDO, A. N.; ALEMEIDA, M. R.; QUADROS, A. L. Carbonato de cálcio ou cálcio quelado? Elucidando essa dúvida por meio de estudo de caso. *Quim. Nova*, Vol. 44, No. 5, 659-666, 2021.

MARTINS, M.; JUSTI, R. Uma nova metodologia para analisar raciocínios argumentativos. *Ciênc. Educ.*, Bauru, v. 23, n. 1, p. 7-27, 2017.

NOGARO, A.; GRANELLA, E. O erro no processo de ensino e aprendizagem. *Revista de Ciências Humanas*, v. 5, n. 5, 2004.

SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudo de caso em química. *Quim. Nova*, Vol. 30, No. 3, 731-739, 2007.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. *Estudo de casos no ensino de química*. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no ensino superior de química. *Quim. Nova*, Vol. 30, No. 8, 2035-2042, 2007.

SAMPAIO, A. A. M.; BERNARDO, D. L.; AMARAL, E. M. R. Análise de uma estratégia de estudo de caso vivenciada por licenciandos em química. *Quim. nova esc.* – São Paulo SP, BR. Vol 38, Nº 2, p. 173 – 180, MAIO 2016.

SANTOS, W. L. P.; dos, MORTIMER, E. F.; & SCOTT, P. H. (2011). A argumentação em discussões sócio-científicas: Reflexões a partir de um estudo de caso. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 1(1). Recuperado de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4191>

SELBACH, A. L.; DANIEL D. P.; RIBEIRO, D, C, A.; PASSOS, C. G. O método de Estudo de Caso na promoção da argumentação no ensino Superior de Química: uma revisão bibliográfica. *Quim. nova esc.* – São Paulo SP, BR. Vol 43, Nº 1, p. 38-50, FEVEREIRO 2021.

QUEIROZ, S. L.; SÁ, L. P. O espaço para argumentação no ensino superior de química. *Educación Química, México*, v. 20, n. 2, p. 104-110, 2009.

**APÊNDICE A – Questionário prévio**

|   |        |
|---|--------|
| <b>Questionário Prévio da Disciplina Química Orgânica - GQI 106</b><br><b>Tema Medicamentos</b> |        |
| Nome:   | Turma: |

**Observação:** As respostas a este questionário são muito importantes para que possamos planejar algumas ações da disciplina ao longo do semestre letivo. Pedimos que não faça consultas a internet ou aos colegas para responder os questionamentos. É fundamental que seja fiel ao que você conhece / lembra nesse momento.

- 1) Escreva 4 palavras que lhe vem à mente ao pensar no tema medicamentos.
- 2) Sabemos que o uso de medicamentos tem aumentado gradativamente por parte da população.
  - A) Explique com suas palavras por que o uso de medicamentos tem sido mais frequente pela a população?
  - B) Em quais situações você ou sua família ingere medicamentos?
  - C) Quais os medicamentos mais utilizados por você ou por sua família?
- 3) Historicamente, como se deu a evolução da origem dos medicamentos?
- 4) Saber como os medicamentos são obtidos é de fundamental importância, já que esses estão relacionados ao nosso cotidiano e nossa área de atuação como futuros químicos. Visto isso, é importante conhecer as etapas do processo de obtenção dos medicamentos até a comercialização.  
**Cite e explique cada etapa envolvida.**
- 5) Sabe-se que existem vários medicamentos para diversos sintomas. Como é possível identificar quimicamente a diferença de um medicamento para outro?
- 6) Como podemos relacionar a obtenção de medicamentos e a disciplina de química orgânica?

**APÊNDICE B – Questionário guia****Guia para interpretação do Caso**

Responda as questões abaixo:

- 1) Listar termos ou frases que pareçam ser importantes para a compreensão do assunto abordado no caso.
  
- 2) Discutir sucintamente o seguinte:
  - a) De que trata o caso?
  - b) Quais são os temas principais do caso?
  
- 3) Para organizar melhor o trabalho, tomar nota dos assuntos e perguntas principais que surgirem ao pensar sobre:
  - a) O que nós sabemos sobre o caso?
  - b) O que nós ainda precisamos saber para solucionar o caso?
  
- 4) Quais fontes ou referências adicionais e confiáveis podem ser usadas para ajudar a solucionar o caso?

**APÊNDICE C – Questionário orientador****GQI-106 – Química Orgânica I – 1-SEM-2021****Atividade III – Resolução do Estudo de Caso****Questionário orientador**

| <b>Nomes dos membros do grupo</b> |
|-----------------------------------|
|                                   |
|                                   |
|                                   |
|                                   |
|                                   |
|                                   |

**1) Identificação do problema**

1- Assunto: Explicar em linhas gerais o assunto do caso e fazer um levantamento do que é necessário para solucioná-lo.

**2) Produção de critérios**

1. Pesquisa das características do problema:
2. Quais as etapas para a síntese de um medicamento?
3. Como a química verde pode estar relacionada à síntese de um medicamento?
4. Quais medicamentos já são usados para depressão?
5. Quais observações podem ser feitas a partir das estruturas químicas e propriedades dos princípios ativos dos medicamentos usados para depressão?
6. Quais as etapas / ações envolvidas em uma síntese orgânica?
7. Julgamento de valor – gravidade do problema: Fazer um julgamento da gravidade do problema descrito no caso. Justificar a resposta.

**3) Geração de alternativas****Inventário de medidas:**

1. Quais são os tipos de medidas que podem ser tomadas diante da situação apresentada no caso?
2. Especificamente em relação aos medicamentos já existentes para depressão, ao observar as estruturas moleculares, é possível fazer alguma relação com as estruturas químicas presentes no caso?

**4) Avaliação das alternativas**

1. Pesquisa das características das medidas: As medidas acima citadas são suficientes para resolver o problema? Que outras medidas importantes deveriam ser tomadas?

2. Apresente vantagens e desvantagens da opção que vocês escolheram para a resolução do problema. Faça uma análise dos custos e benefícios.

### **5) Escolha da solução**

Julgamento de valores da melhor solução:

Quais as medidas mais adequadas para a solução do caso?

Como a aplicação da medida escolhida reflete no cotidiano das pessoas envolvidas no caso, levando em consideração aspectos sociais, econômicos, ambientais e éticos?

### **6) Ação**

1. Estabelecimento de um plano de ação: ou seja, apresente um cenário utilizando os personagens do caso e as medidas julgadas adequadas para solução do caso.
2. Execução da decisão: Com a solução do caso, elabore um material para apresentação oral e justifique suas escolhas.

## APÊNCIDE D - Questionário de feedback

### Feedback sobre o ESTUDO DE CASO

Prezado estudante,

Você deverá avaliar todo o processo de execução do ESTUDO DE CASO, bem como a pertinência das atividades para sua formação. Esses dados serão utilizados para que se possa fazer melhorias em futuras aplicações, portanto, seja sincero quanto as suas colocações.

---

\*Obrigatório

1. Nome \*

---

2. Matrícula \*

---

Importância para formação

3. Você julga que a execução do ESTUDO DE CASO contribuiu para sua formação? Explique \*

---

---

---

---

---

Participação e habilidades

4. Reflita sobre a sua participação. Em uma escala de 1 (não participei) a 5 (participei ativamente, me dedicando em todas as atividades) responda: \*

Marcar apenas uma oval por linha.

|   | 1 (não participei)    | 2                     | 3                     | 4                     | 5 (participei ativamente, me dedicando em todas as atividades) |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|
| Como você avalia sua participação (envolvimento) no desenvolvimento da resolução do estudo de caso?                                     | <input type="radio"/>  |
| Como você avalia sua participação (envolvimento) na elaboração do relatório final com a resolução do caso?                              | <input type="radio"/>  |
| Como você avalia sua participação (envolvimento) na elaboração da apresentação, da resolução do caso, para a última live da disciplina? | <input type="radio"/>  |
| Como você avalia sua participação durante a apresentação da resolução do caso, última live da disciplina?                               | <input type="radio"/>  |

5. Comentários livres sobre a sua participação no ESTUDO DE CASO.

---



---



---



---

6. Reflita sobre o desenvolvimento de algumas habilidades durante o desenvolvimento do ESTUDO DE CASO. Considere a escala: Discordo fortemente (DF); Discordo Parcialmente (DP); Não tenho opinião formada (I); Concordo Parcialmente (CP); Concordo Totalmente (CT) \*

Marcar apenas uma oval por linha.

|  | DF                    | DP                    | I                     | CP                    | CF                    |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Capacidade de comunicação escrita                                | <input type="radio"/> |
| Capacidade de pesquisa de informações em fontes confiáveis       | <input type="radio"/> |
| Capacidade de argumentação diante de questionamentos             | <input type="radio"/> |
| Capacidade de persuasão na apresentação das conclusões           | <input type="radio"/> |
| Entendimento sobre a construção da ciência                       | <input type="radio"/> |
| Busca de soluções para problemáticas                             | <input type="radio"/> |
| Capacidade de tomada de decisões diante de uma situação problema | <input type="radio"/> |
| Estímulo a curiosidade   | <input type="radio"/> |
| Planejamento de procedimentos                                    | <input type="radio"/> |
| Análise crítica de dados   | <input type="radio"/> |
| Aprendizagem de conceitos químicos                               | <input type="radio"/> |
| Capacidade de formulação de hipóteses                            | <input type="radio"/> |
| Capacidade de realizar trabalho em grupo (dupla)                 | <input type="radio"/> |

7. Comentários livres sobre as habilidades

---

---

---

---

---

**Futura Aplicação**

8. Você julga ser interessante desenvolver uma atividade na perspectiva do 'ESTUDO DE CASO', quando retornarem as aulas presenciais? Explique \*

---

---

---

---

---

9. Faça comentários de forma livre sobre as atividades desenvolvidas.

---

---

---

---

---