



DANIELA APARECIDA PAMPLONA

Desenvolvimento de um estudo de caso em um componente curricular de Química Orgânica I: domínios CTSA presentes nas resoluções propostas por estudantes do curso de química

**LAVRAS-MG
2022**

DANIELA APARECIDA PAMPLONA

Desenvolvimento de um estudo de caso em um componente curricular de Química Orgânica I: domínios CTSA presentes nas resoluções propostas por estudantes do curso de química

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

Profa. Dra. Marianna Meirelles Junqueira
Orientadora

Profa. Dra. Josefina Aparecida de Souza
Coorientadora

**LAVRAS - MG
2022**

DANIELA APARECIDA PAMPLONA

Desenvolvimento de um estudo de caso em um componente curricular de Química Orgânica I: domínios CTSA presentes nas resoluções propostas por estudantes do curso de química

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

Aprovada em 27/07/2022

Prof. Sérgio Scherrer Thomasi DQI-UFLA

Profa. Renata Reis Pereira DQI-UFLA

Profa. Dra. Marianna Meirelles Junqueira
Orientadora

Profa. Dra. Josefina Aparecida de Souza
Coorientadora

**LAVRAS-MG
2022**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter me dado força e coragem para persistir aos obstáculos durante a graduação e nunca ter me deixado desistir.

Aos meus pais Marlene e Ednei, que são meu alicerce e porto seguro, por sempre estarem comigo, não medindo esforços para contribuírem com minha formação, me dando todo o apoio necessário, e, fazendo dos meus sonhos os seus sonhos. Agradeço também a irmã Vanessa, por sempre estar comigo(mesmo que de longe) incentivando e apoiando a conseguir alcançar meus objetivos. Ao meu namorado Cleidinaldo, que também esteve sempre presente nesta etapa da minha vida, obrigada pelo carinho e incentivo.

Aos meus avós, que também estiveram sempre presentes na minha jornada, sempre vibrando a cada conquista almejada.

Aos fomentos CAPES e UFLA, pelo investimento e confiabilidade, em proporcionar oportunidades a fim de abranger conhecimentos no âmbito educacional, o que foi de extrema importância para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Aos meus ex-orientadores e professores, Dra. Renata Reis Pereira, Dr. Paulo Ricardo da Silva e Dra. Rita de Cássia Suart, que tive o imenso prazer de desenvolver projetos durante o curso, seus questionamentos foram essenciais para meu desenvolvimento, obrigada pelas reflexões.

Ao professor Dr. Sérgio Scherrer Thomasi e Dra. Renata Reis Pereira, por terem aceitado em fazer parte da banca avaliadora.

A todos os professores do Departamento de Química que contribuíram para minha formação.

À minha orientadora Dra. Marianna Meirelles Junqueira, por ter me dado todo o apoio necessário e ter tranquilizado nos momentos de desespero. Obrigada pela paciência, orientação impecável, pelos valiosos conselhos e ensinamentos.

À minha co-orientadora Dra. Josefina Aparecida de Souza, por ter aceitado a colaborar para o desenvolvimento desta monografia, obrigada, pelos infinitos conselhos e ensinamentos.

Aos meus amigos que sempre estiveram comigo durante esses anos de graduação, muito obrigada pelo incentivo.

A todos que sempre torceram por mim, sou extremante grata.

Muito Obrigada!

RESUMO

O ensino de química ainda permeia um modelo de ensino tradicional, focado na memorização de fórmulas e conceitos, a qual o professor é visto como detentor de conhecimento e os alunos se tornam passivos em seu processo de aprendizagem. Por consequência, é essencial repensar metodologias de ensino que contribuem para a formação dos alunos, tornando-os os principais responsáveis pela sua aprendizagem. Assim é necessário propor atividades problematizadoras, que desafiem os alunos e despertem seu interesse, ocorrendo discussões entre aluno-aluno e aluno-professor, com levantamento de hipóteses, argumentação e resolução do problema solicitado. Na perspectiva de propor um ensino contextualizado e problematizador que visa uma aprendizagem mais efetiva do aluno, foi proposto a aplicação de um Estudo de Caso(EC) na disciplina de Química Orgânica I (GQI-106), que aconteceu remotamente. O caso envolveu a proposta de uma síntese de uma molécula que poderia originar um novo medicamento para depressão, doença muito comum na sociedade. Nesse contexto, o presente trabalho visou a análise de domínios CTSA(Ciência- Tecnologia –Sociedade-Ambiente) contemplados na narrativa do caso, na resolução do questionário orientador e na escrita do relatório final elaborados pelos alunos. Realizada as análises, foi possível inferir que tanto na resolução do questionário orientador, como no relatório final, os grupos consideraram os domínios CTSA, o que é importante para que percebam que além da ciência é importante considerar outros aspectos quando se propõe realizar uma síntese. É importante destacar que os domínios contemplados nas resoluções dos alunos condizem com os apresentados na narrativa no caso, tendo uma ênfase maior em ciência e sociedade, também é válido enaltecer que atingiram respostas de alta complexidade combinando os quatro domínios CTSA. Além disso, o EC contribuiu para o desenvolvimento de diversas habilidades nos estudantes como: autonomia, escrita, raciocínio e o ato da pesquisa.

Palavras-Chave: Estudo de Caso, CTSA, Química Orgânica, Ensino Superior.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 Estudo de Caso e tomada de decisão	9
2.2 Perspectiva CTSA no Ensino de Química	16
3. METODOLOGIA DE PESQUISA	18
3.1 Contexto de aplicação do caso	18
3.2 Elaboração do Caso e os instrumentos para construção dos dados	19
3.3 Análise dos dados	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
4.1 Domínios CTSA presentes na narrativa do Caso	24
4.3 Domínios CTSA presentes nas resoluções propostas pelos grupos referentes ao questionário orientador	27
4.4 Domínios CTSA presentes nas resoluções propostas pelos grupos referentes ao relatório final.	40
4.5 Combinações dos domínios CTSA presentes nas resoluções propostas do questionário orientador e relatório final	48
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
6. REFERÊNCIAS	53

1. INTRODUÇÃO

Inicialmente começo enaltecendo o primeiro contato com a área de Ensino de Química que se deu no 2º período do curso de licenciatura em Química, ao participar do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) na Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde pude vivenciar experiências como futura professora. Mesmo observando as dificuldades enfrentadas na educação, isso não me fez desistir, sempre acreditei na melhoria do ensino, principalmente visando a aprendizagem dos alunos. Participar desse programa foi um engatilho para despertar o interesse pelo ensino de Química, conhecendo novas estratégias de ensino, planejando e refletindo sobre cada atividade, e dentre tantas outras ações que foram realizadas ao longo dessa iniciação.

Posteriormente, tive a oportunidade de participar do Programa Institucional de Bolsas para as Licenciaturas (PIBLIC), vinculado ao Programa Institucional de Bolsas (PIB/UFLA), sendo o projeto enfatizado no desenvolvimento de materiais didáticos para o Ensino de Química com foco na inovação curricular, o qual visava a construção de materiais didáticos para o ensino médio. Novos conhecimentos foram construídos sobre a elaboração de materiais didáticos para o Ensino de Química. Por fim, enfatizo as disciplinas de ensino, e dentre elas ressalto a denominada Abordagens Investigativas no Ensino de Química, na qual aprendi sobre estudo de caso (EC), motivação que culminou nessa monografia.

Dessa forma, com o propósito de um ensino contextualizado e atrativo a fim de diminuir as dificuldades dos alunos no entendimento de conceitos químicos, visando a construção de novos saberes, destaca-se a proposta do estudo de caso, tendo como aplicação no ensino superior. Esse método de ensino pode trazer diversos benefícios no processo de aprendizagem dos alunos, contribuindo, assim, para a construção de seus conhecimentos, e ainda, desenvolver o pensamento crítico e a tomada de decisão. Outro fator, é que os alunos poderão desenvolver habilidades de agir diante de um problema do cotidiano, utilizando conceitos estudados para a resolução do mesmo, dessa forma, poderá promover a percepção por parte dos alunos da importância dos conteúdos estudados (COTTA *et al.*, 2020).

De acordo com Hofstein, Aikenhead e Riquarts (1988) a proposta do estudo de caso (EC) pode contemplar uma perspectiva CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente), no qual os alunos podem desenvolver:

“a auto-estima, comunicação escrita e oral, pensamento lógico e racional para solucionar problemas, tomada de decisão, aprendizado colaborativo/cooperativo, responsabilidade social, exercício da cidadania, flexibilidade cognitiva e interesse em atuar em questões sociais” (p.362).

O EC é a principal metodologia de ensino que permeia este trabalho, tendo como temática medicamentos. Segundo Pazinato *et al.*, (2012), medicamento é definido como substâncias ou um conjunto delas que tem por finalidade a prevenção ou cura de doenças. A escolha deste tema se deu pelo fato da popularização dos medicamentos, visto que a maioria das pessoas faz uso desses em algum momento de sua vida, e, a existência de uma forte relação dos princípios ativos dos medicamentos com a química orgânica.

O caso envolveu a proposta de uma síntese de uma molécula que poderia originar um novo medicamento para depressão, doença muito comum na sociedade. Destacando que sua aplicação ocorreu durante a pandemia de COVID-19, e a depressão ficou ainda mais evidente, com isso possivelmente os alunos se familiarizariam com a problematização a ser resolvida. Adicionalmente, para a solução do caso pretendia-se que os estudantes considerassem os aspectos CTSA, para que a resolução não fosse pensada apenas no âmbito da ciência, mas também em tecnologias associadas, e os impactos na sociedade e ambiente. Assim, esperava-se que os estudantes conseguissem relacionar os conceitos estudados, ao longo da disciplina de Química Orgânica I, com a resolução do problema, e, ainda, percebessem as relações CTSA ao resolverem o caso.

Neste contexto, a presente monografia teve como objetivo geral refletir sobre a aplicação de um estudo de caso no ensino superior, analisando como os estudantes trataram a relação CTSA na resolução do caso, enfatizando a análise no questionário orientador e relatório final. Além disso, a estrutura da narrativa do caso foi analisada na perspectiva de quais domínios CTSA estão explícitos na história, permitindo um olhar crítico na resolução por parte dos alunos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico é apresentado sobre Estudo de Caso (EC) e suas principais características, como também a sua importância no Ensino de Química, visando o desenvolvimento de diversas habilidades. Ainda são destacadas ideias em relação a tomada de decisão para resolução dos casos fazendo escolhas de forma consciente e responsável, visando à perspectiva CTSA.

2.1 Estudo de Caso e tomada de decisão

O ensino de química muitas vezes é vinculado a memorização de fórmulas, definições, dentre outros. Não havendo uma aprendizagem significativa por parte dos estudantes, voltado a um ensino tradicional conteudista, em que o professor é detentor do conhecimento e os alunos agem de forma passiva na construção de conhecimento. Os estudantes não conseguem relacionar conceitos químicos com fenômenos que acontecem no cotidiano, demonstrando que não houve a construção de conhecimento a respeito do que foi estudado (FERNANDES *et al.*, 2019).

Concomitantemente, Macedo, Almeida e Quadros (2021) ressaltam que existe certa dificuldade dos alunos relacionarem os conhecimentos construídos das disciplinas teóricas com o contexto social, até mesmo com a atuação profissional, assim os docentes enfrentam o desafio de estabelecer as relações teoria e aplicabilidade dos conteúdos.

Com a percepção das dificuldades de aprendizagem enfrentadas no ensino, de acordo com Sá, Francisco e Queiroz (2007) inicia-se uma inquietação em busca de estratégias de ensino que possam contribuir para a aprendizagem dos alunos nos cursos superiores.

Nesse contexto as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química afirmam que:

os currículos vigentes estão transbordando de conteúdos informativos em flagrante prejuízo aos formativos, fazendo com que o estudante saia dos cursos de graduação com conhecimentos já desatualizados e não suficientes para uma ação interativa e responsável na sociedade, seja como profissional, seja como cidadão (ZUCCO; PESSINE; ANDRADE, 1999, p.454).

Com isso, destaca-se a proposta do método de EC que é considerado como uma variante da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), porém ambos métodos se diferenciam. A ABP centraliza na aprendizagem científica envolvendo questões reais, enquanto o EC direciona para o desenvolvimento de habilidades para a tomada de decisão, podendo abranger situações reais ou fictícias (SÁ, FRANCISCO, QUEIROZ, 2007).

Segundo Sá (2006), o método EC proporciona aos alunos a serem os principais responsáveis pela sua aprendizagem, isso porque os EC são compostos por questões complexas a serem resolvidas envolvendo conceitos científicos e exigem dos alunos a tomada de decisão para resolução do problema. É importante salientar que, para os alunos serem ativos no processo de aprendizagem, é preciso propor um tema que esteja envolvido com a realidade e o contexto em que vivem, assim os estudantes podem se envolver mais (SANTOS; MORTIMER, 2001).

O EC é composto por uma narrativa que conta um problema ou dilema, esse pode ser um caso real, podendo já ter acontecido ou que esteja ocorrendo, ou ainda, um caso fictício. Com a leitura realizada, é pretendido que os alunos se familiarizem com o caso, por isso é importante que seja uma história próxima da realidade deles, posteriormente, identifiquem o problema a ser resolvido, elaborem hipóteses e realizem uma pesquisa para discutirem a melhor alternativa para a resolução (PASSOS *et al.*, 2018).

Para a elaboração de “um bom caso”, Herreid (1998) apresenta algumas características que devem ser contempladas, sendo elas:

- ***narrar uma história:*** o fim não deve existir ainda;
- ***despertar o interesse pela questão:*** para que um caso pareça real, deve haver um drama, um suspense. O caso deve ter uma questão a ser resolvida;
- ***deve ser atual:*** deve tratar de questões atuais, onde o estudante perceba que o problema é importante;
- ***produzir empatia com os personagens centrais:*** os personagens devem influenciar na maneira como certas decisões forem tomadas;
- ***incluir citações:*** é a melhor maneira de compreender uma situação e ganhar empatia para com os personagens. Deve-se adicionar vida e drama a todas as citações;
- ***ser relevante ao leitor:*** os casos escolhidos devem envolver situações que os estudantes provavelmente saibam enfrentar. Isto melhora o fator empatia e faz do caso algo que vale a pena estudar;
- ***ter utilidade pedagógica:*** deve ser útil para o curso e para o estudante;
- ***provocar um conflito:*** a maioria dos casos é fundamentada sobre algo controverso;
- ***forçar uma decisão:*** deve haver urgência e seriedade envolvida na resolução dos casos;
- ***ter generalizações:*** deve ter aplicabilidade geral e não ser específico para apenas uma curiosidade;

- **ser curto:** os casos devem ser suficientemente longos para introduzir os fatos de um caso, mas não tão longos, que provoque uma análise tediosa.

Com a contemplação dessas características, espera-se que os alunos se sintam próximos do contexto, visto que o caso deve ser atual despertando o interesse de quem vai resolvê-lo. Vale mencionar que o professor tem como papel, mediar os alunos para a sua resolução.

Fernandes *et al.* (2019) ressaltam que o EC permite aos alunos desenvolverem diversas habilidades que contribuem para a formação de um cidadão crítico, como o trabalho em equipe, o levantamento de hipóteses para solucionar dado problema, a pesquisa e a análise, em diferentes olhares sobre o problema e, a tomada de decisão. Com essas habilidades que os alunos podem desenvolver e com a proposta desse método de ensino, os estudantes colocarão em prática seu conhecimento para resolver um dado problema, pensando e agindo como profissionais de suas áreas (MACEDO; ALMEIDA; QUADROS, 2021).

A metodologia do EC tem sido empregada em disciplinas do ensino superior. Recentemente, Macedo, Almeida e Quadros (2021) publicaram o artigo intitulado por “Carbonato de cálcio ou cálcio quelado? elucidando essa dúvida por meio de estudo de caso”. A aplicação ocorreu na disciplina de Química Analítica, em que a história permitia trabalhar os conceitos de estequiometria da reação, formação de íons complexos, equilíbrio e volumetria de complexação, visto que pela experiência dos docentes os alunos tinham dificuldades no entendimento destes conceitos e também de relacionar com o cotidiano. Assim se fez necessário o uso da metodologia EC, com o intuito de promover um ensino e aprendizagem mais eficazes, e, ainda, para que os alunos percebessem a importância e aplicação dos conceitos estudados.

O caso aplicado na disciplina de Química Analítica abordou a história de dona Helena que faz uso de 500mg de carbonato de cálcio para tratar sua osteopenia¹, contudo ao comprar seu medicamento o frasco estava denominado por “cálcio quelato”, dessa forma ela ficou inquieta, mesmo o farmacêutico informando que era o mesmo medicamento. Com isso, dona Helena pediu ajuda a Júlio, estudante de Química para saber se poderia tomar a mesma dosagem do medicamento. Júlio não sabia respondê-la no momento e como fazia estágio em um laboratório se prontificou a analisar as cápsulas dos dois medicamentos. Assim, o caso solicitou que os alunos pesquisassem sobre as diferenças dos dois suplementos, levando em

¹ Osteopenia: perda de massa óssea, que compromete a resistência dos ossos e aumenta o risco de fraturas.

consideração algumas perguntas expostas no caso e elaborassem um folder para divulgação científica na sociedade (MACEDO; ALMEIDA; QUADROS, 2021).

No primeiro momento os alunos tiveram que realizar cálculos para identificar o teor de cálcio em ambos os medicamentos, e nessa questão apresentaram dificuldades nos conceitos envolvidos. O resultado esperado era que os suplementos tinham dosagens diferentes; alguns grupos (minoria) conseguiram chegar nessa proposta e também trouxeram referências sobre os benefícios do medicamento quelato. Na segunda questão os estudantes tiveram que propor um procedimento para determinar a composição dos medicamentos, a partir da análise volumétrica, realizando a descrição do tipo de titulação e do titulante usado, do pH da titulação e do indicador escolhido, justificando suas escolhas. Nas propostas realizadas pelos alunos foram identificadas interpretações errôneas sobre os conceitos envolvidos e que já haviam sido trabalhados em sala de aula. Por fim, para a divulgação científica na sociedade, esperava-se que os estudantes usassem uma linguagem mais leiga de acordo com seu público-alvo, contudo alguns folders ficaram em uma linguagem mais científica, outros elaboram um folder com uma linguagem mais simples e com imagens atrativas. O EC permitiu que os estudantes entendessem a relação entre os conceitos científicos estudados e o contexto social, o que era pretendido pelos docentes da disciplina (MACEDO; ALMEIDA; QUADROS, 2021).

Outra aplicação realizada com graduandos é apresentada no artigo de Passos *et al.*(2018), nomeado por “O tema carboidratos através da metodologia de estudos de caso: desenvolvimento de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais” na disciplina de Química Orgânica de Biomoléculas, que tem por objetivo desenvolver atividades formativas que abrangem os conteúdos e privilegia a aprendizagem dos alunos, sendo eles ativos nesse processo.

Nesse sentido, a metodologia foi usada em uma turma pequena de nove alunos, que estavam no final do curso; eles possuíam conhecimento na área da Química, alguns eram técnicos, graduados em Química Industrial, um aluno realizava doutorado, e o restante participava de iniciação científica. Para a resolução do caso os discentes foram distribuídos em dois grupos. Para o Caso 1 os estudantes se colocariam na posição de membros de uma comissão da Associação Brasileira de Saúde Coletiva (ABRASCO) e deveriam apresentar soluções para a redução significativa da adição de açúcar em sucos naturais industrializados, melhorando a vida do consumidor. Já o grupo responsável pelo Caso 2, representaria a indústria alimentícia e foram contratados pela Associação Brasileira de Bebidas (ABRABE),

a qual deve buscar a solução para redução significativa da adição de açúcar em sucos naturais industrializados. Cada grupo deveria defender os interesses de seus órgãos (PASSOS *et al.*,2018).

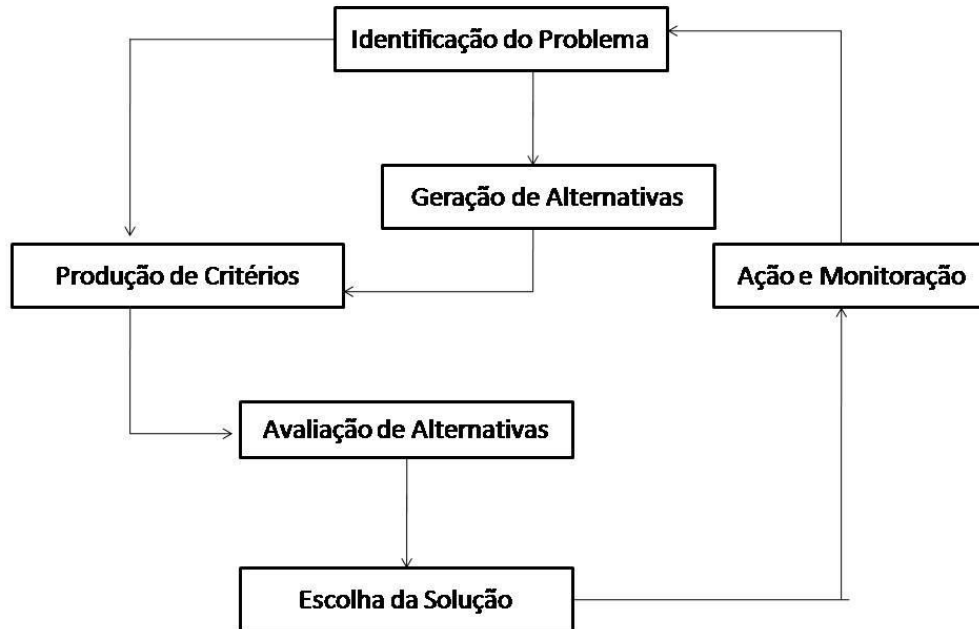
A proposta da atividade contribuiu para a aprendizagem dos conteúdos conceituais da Química, ainda, permitiu o desenvolvimento dos conteúdos procedimentais que relaciona à comunicação escrita com a elaboração dos relatórios, e a comunicação oral; isso foi observável desde a argumentação e defesa das ideias, até o momento da apresentação da resolução. Nos conteúdos atitudinais, que visam à forma como os estudantes deveriam agir de acordo com os problemas expostos nos casos, resolvendo-os de forma crítica e em equipe, os grupos apresentaram algumas estratégias para resolução dos casos, mas não chegaram a uma única ideia e também não levantaram questionamentos (PASSOS *et al.*,2018).

De forma geral, os alunos apresentaram dificuldades na elaboração de hipóteses, trabalho em equipe, na pesquisa sobre seus respectivos casos, até mesmo na defesa, isso pode ser explicado pela falta de experiências com atividades desse patamar (PASSOS *et al.*,2018).

Também podemos citar a aplicação do EC na disciplina de Bioquímica II ofertada pelo Instituto de Química de São Carlos da USP no curso de Química Bacharelado, apresentado no trabalho de Silva *et al.* (2016). Neste trabalho foi elaborado um caso investigativo, intitulado por mal do século, de acordo com as características apresentadas por Herreid (1998). Esse caso retrata a obesidade mórbida de dois primos, assim como seus pais. Em um exame constatou que a doença de um dos primos não tem cura. Sendo assim os alunos ficaram responsáveis em investigar o problema da obesidade e propor formas seguras e eficazes para a cura. Adicionalmente para contribuir na elaboração de uma redação, o professor propôs o modelo de tomada de decisão de Kortland (1996). Os relatórios apresentaram conhecimentos de Bioquímica por parte dos alunos para a resolução do caso, em contrapartida, não levaram em consideração aspectos sociais e históricos relacionados à obesidade.

Segundo Santos e Mortimer (2001) a tomada de decisão, a qual é exigida conhecimentos e habilidades a fim de tomar atitudes com valores, agindo de forma responsável na sociedade pode ser favorecida quando está relacionada ao ensino na perspectiva CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). A tomada de decisão é um processo longo que envolve várias etapas, a qual há várias alternativas de escolhas e dentre elas deve haver o julgamento para a melhor ação. Nesse pretexto Kortland (1996) enfatiza o modelo de tomada de decisão, demonstrado na Figura 1, no qual é explícito as etapas para o processo.

Figura 1 - Modelo Normativo de Tomada de Decisão de Kortland (1996)



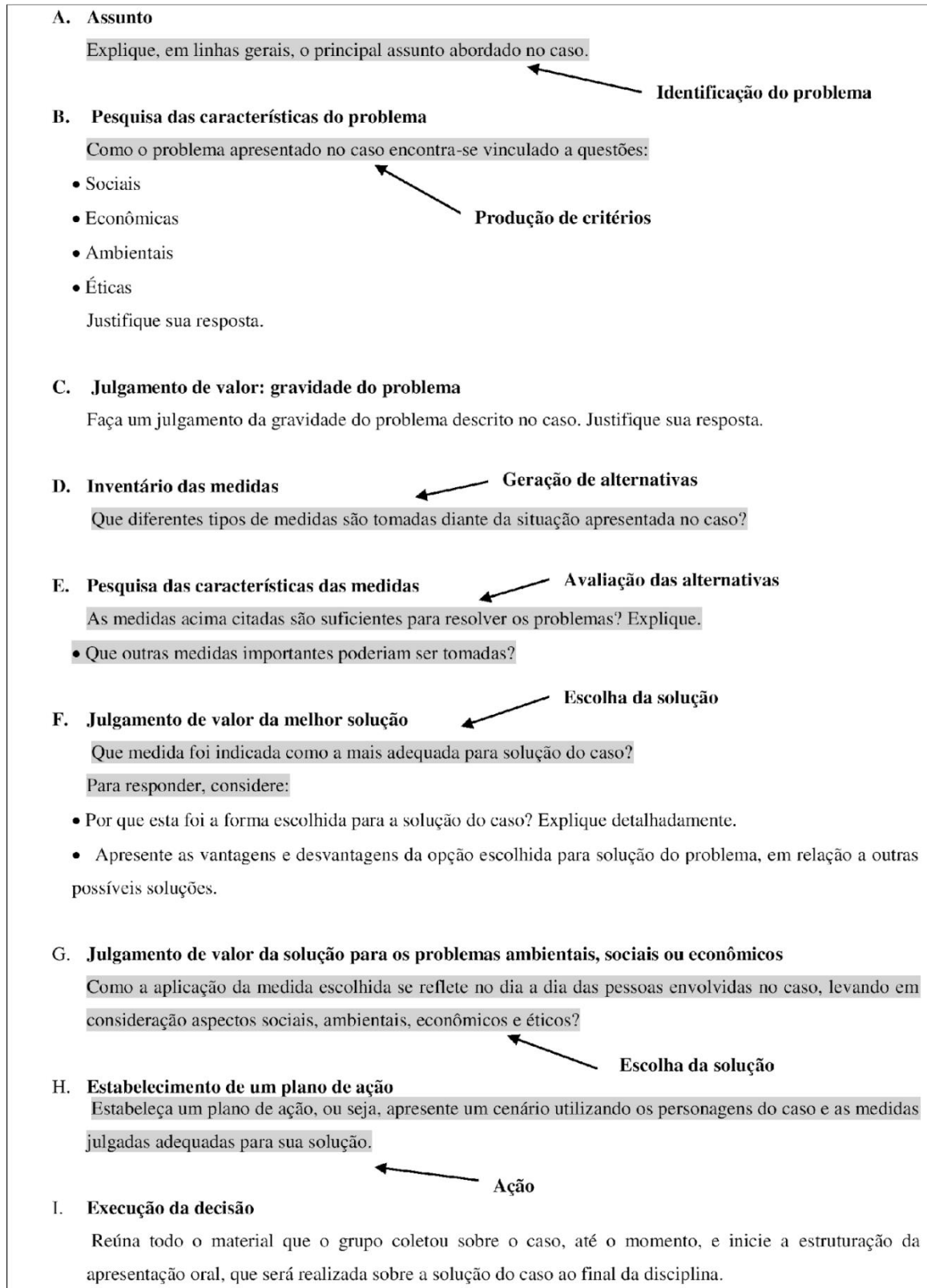
Fonte: Sá (2010, p.76)

Sobre o modelo de tomada de decisão Sá (2010) relata que,

Os critérios para avaliar as soluções alternativas (ou as características desejáveis de uma solução) são formulados em direta conexão com a identificação do problema. As soluções alternativas geradas são avaliadas em um estágio posterior de acordo com esses critérios, resultando em uma decisão sobre o que parece ser a melhor ou a pior solução. E, finalmente, esses critérios são usados para monitorar os efeitos da decisão tomada: a solução escolhida teve os efeitos desejados na prática? Assim, esse modelo tem como um dos seus principais objetivos ensinar os estudantes a tomar decisões independentemente e de maneira reflexiva, comparando sistematicamente os prós e contras das possíveis alternativas de solução (SÁ, 2010, p.76).

Esse modelo é muito utilizado na metodologia de EC. A partir deste Sá (2010) elaborou algumas questões mais gerais, expostas no Quadro 1, que podem auxiliar os professores a criarem questões próprias de acordo com o seu caso, contribuindo para o processo de tomada de decisão e proposta de resolução.

Quadro 1 - Questões elaboradas de acordo com o modelo normativo de tomada de decisão proposto por Kortland (1996).



Fonte: Sá e Queiroz (2010, p.261)

Com a proposta do modelo de Kortland (1996) e sua aplicação como ferramenta para auxiliar na resolução do EC, acreditamos que pode ajudar os alunos a organizar suas ideias, comparar as alternativas e escolher a melhor solução para a problematização. Ainda, o modelo pode propiciar o desenvolvimento da habilidade de escrita, que segundo Oliveira (2009), o hábito da escrita também é uma forma de aprendizado, visto que é exigida a organização das ideias e do conhecimento.

2.2 Perspectiva CTSA no Ensino de Química

Segundo Santos (2006), a educação deve estar focada na cidadania e na formação de professores que conheçam e coloquem em prática novas perspectivas de ensino que visam a intervenção na sociedade. Neste ponto de vista, para um ensino de ciências que tenha essa perspectiva se faz necessário uma aprendizagem que correlacione às dimensões sociais, políticas e econômicas com a ciência, tecnologia e sociedade. Ainda, o autor afirma que, é fundamental formar cidadãos que sejam ativos e tomem decisões a fim de melhorar sua qualidade de vida, baseando em conhecimentos construídos em sua formação escolar, assim como também, no aprimoramento da tecnologia e ciência.

Adicionalmente, para almejar a ideia de formar cidadãos, o professor deve instigar seus alunos, avaliando a construção de conhecimentos conceituais estudados a partir de perguntas, e não avaliar seu desempenho em questão de notas, mas de analisar suas posturas críticas, construídas seja individual ou em grupo, argumentando seja de forma científica ou de um raciocínio lógico, desde que seja estruturada e fundamentada, e, é assim que se pode educar para a cidadania (SANTOS, 2006).

Neste sentido, Halmenschlager (2011) retrata que a perspectiva CTS pode propiciar ao aluno a tomada de decisão, a ação do indivíduo e espera que a aprendizagem não seja apenas de conceitos, mas também que contribua para a formação crítica do aluno, a fim dele agir como cidadão consciente e saber relacionar com a ciência, tecnologia e sociedade e o que esses aspectos influenciam em sua decisão.

Para tanto, com o intuito de uma perspectiva CTS mais efetiva, de acordo com Santos, Mortimer (2002) se faz necessário a presença de um problema social, em que existirá a relação com a tecnologia e o conceito científico, para que assim tenha a discussão do problema. Nesta direção concordo com Latini *et al.* (2013), em que nesta perspectiva o ensino deve começar com um problema socioambiental, e não com conceitos, como vemos em ensinamentos tradicionais, posteriormente o professor aborda o conteúdo químico que contribuirá para a resolução do problema. Com isso, podemos inferir que, dado um problema inicial e

com os conceitos construídos ao longo das aulas, pretende-se que os alunos consigam fazer a relação entre a teoria estudada e a prática, dado uma questão a ser resolvida.

De maneira análoga, Giffoni, Barroso e Sampaio (2020) enfatizam a importância do aluno e professor trabalharem o CTSA. O educador em seu papel propicia uma formação mais crítica e interativa, e, o mais essencial com responsabilidade social em conjunto com a construção do conhecimento. Com isso, eis a importância desta perspectiva no ensino de química, uma vez que os alunos têm dificuldade em relacionar conceitos químicos com as suas vivências. Por esse motivo o ensino que envolve ciências requer que os docentes relacionem os conteúdos essenciais com o cotidiano dos alunos, o que tem sido um obstáculo e para suprir o mesmo alcançando a aprendizagem significativa que vise à responsabilidade tanto social e ambiental pode ser proposta a perspectiva CTSA. Ainda, educação focalizada em CTSA objetiva abordar valores de responsabilidade com o ambiente e a sociedade, também, designa a habilidade de criticidade dos alunos tendo a fundamentação teórica, com isso eles podem exercer seu papel na cidadania e relacionar com a sociedade.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Considerando a importância do EC (Estudo de Caso), este trabalho visou analisar os domínios CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) presentes na narrativa do caso e nas resoluções do caso propostas pelos alunos. Para isso, foram construídos questionários a fim de contribuir na interpretação da narrativa, os quais os estudantes responderam e entregaram para a docente, e, ainda, elaboraram um relatório contendo uma proposta de resolução final.

Neste contexto, a pesquisa é caracterizada como qualitativa, a qual de acordo com Godoy (1995) esse tipo de pesquisa não tem um método rígido a ser seguido, sendo assim proporciona ao pesquisador a liberdade da inovação em trabalhos com novas perspectivas. Ainda, em uma análise qualitativa é exigida do pesquisador a interpretação dos dados e entender as características que os textos analisados revelam, com isso, o pesquisador deve entender o que está sendo dito e procurar novos significados.

3.1 Contexto de aplicação do caso

O EC foi desenvolvido na disciplina de Química Orgânica I (GQI106) do curso de Química Licenciatura turma 13 A e Bacharelado turma 21 A. A qual é lecionada no 3º período da matriz curricular de ambos os cursos, contando com 43 discentes matriculados no período letivo acompanhado. A disciplina aborda conceitos de ácidos e bases, análise conformacional, estereoquímica, reações de substituição nucleofílica em haletos orgânicos, reações de adição em alcenos e alcinos, hidrocarbonetos aromáticos e reações de compostos aromáticos, por fim, reações radicalares em alcanos e alcenos, com o total de 3 créditos semanais, totalizando uma carga horária de 2h30min semanais, sendo as aulas geminadas, ou seja, as aulas acontecem em seguida, sem intervalos.

A disciplina foi desenvolvida de maneira remota, a partir de orientações postadas no Campus Virtual, devido a pandemia da COVID-19. As atividades foram aplicadas por meio de REOs (Roteiros de Estudos Orientados) quinzenais, sendo que a docente responsável realizou lives semanais no horário previamente definido para as aulas, com duração de 1h30min a 2h; estas foram gravadas e disponibilizadas para todos os alunos matriculados, a fim de sanar dúvidas e explicar o conteúdo, por meio do google meet. Além disso, duas licenciandas do curso de licenciatura em Química, que estavam realizando uma pesquisa na

disciplina e usaram a mesma para a escrita da monografia, acompanharam algumas aulas da docente, também realizaram uma live para sanar as dúvidas dos alunos em relação ao caso.

A atividade ocorreu durante o semestre letivo de 2021/1, sendo que os alunos precisaram dos conceitos construídos e estudados ao longo do período, além de outros, para a resolução do caso. Para a realização do EC, foi proposto que a turma se dividisse em oito grupos, a princípio foram formados os seguintes grupos: três com seis membros e cinco com cinco membros. Contudo durante a resolução do caso houve uma reorganização dos grupos, alguns fizeram de forma individual e outros em duplas, o que influenciou na escolha de alguns grupos para realizar as análises da presente pesquisa. Assim, a escolha de quatro grupos foi ocasionada pela maior participação dos membros nas aulas síncronas e também no pressuposto de que seria mais interessante analisar um grupo com maior número de membros, já que em coletivo pressupõe que haja mais discussões.

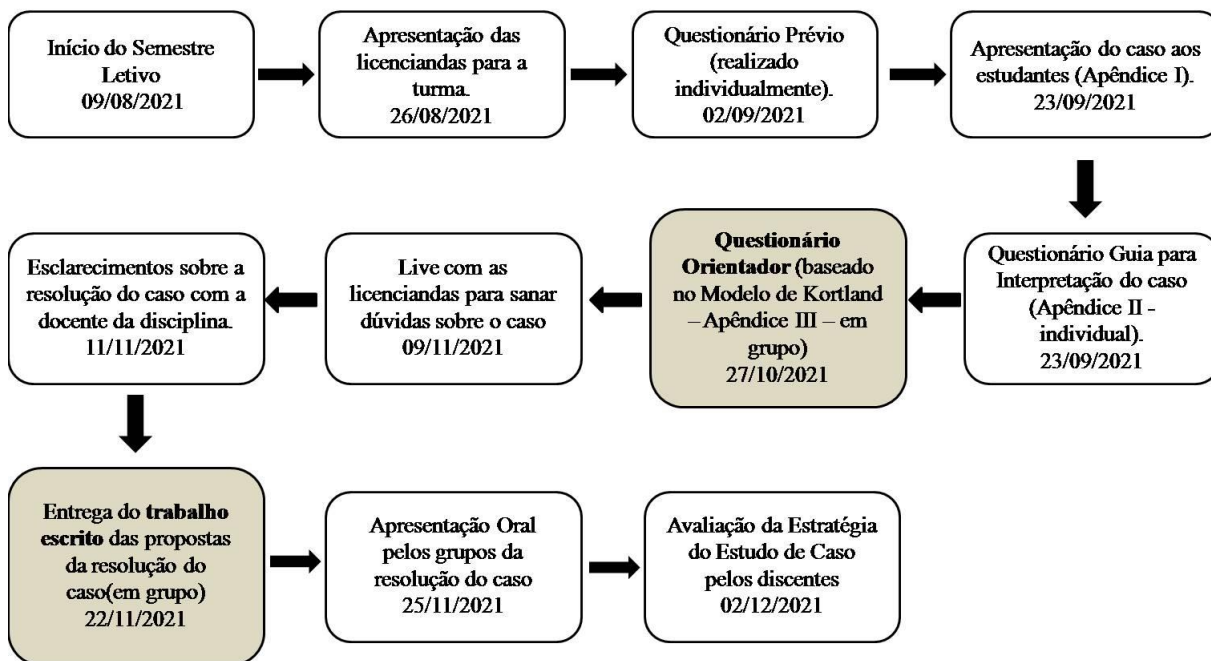
3.2 Elaboração do Caso e os instrumentos para construção dos dados

A docente responsável pela disciplina já tinha um texto com a narrativa de um caso elaborado e aplicado previamente. Contudo, ele foi reelaborado, na perspectiva de melhorar a sua estrutura e contexto, deixando-o mais instigante e com uma temática mais atual. Para tanto, o cenário da pandemia foi escolhido e também a referência ao mês do setembro amarelo (mês dedicado a conscientização da prevenção ao suicídio) porque algumas atividades seriam desenvolvidas ao longo do mês citado. Neste contexto, optou-se pela temática medicamentos, abordando uma história de ansiedade por uma aluna da universidade no início da pandemia. A reelaboração da narrativa do caso aconteceu por meio de discussões reflexivas semanais com o grupo de pesquisa, o qual é composto por uma docente responsável por ministrar disciplinas correlacionadas à área de ensino do curso de Licenciatura em Química, a professora da disciplina de Química Orgânica I e duas licenciandas do curso de Química, sendo uma delas a autora desta monografia. A reelaboração do caso aconteceu de forma remota, utilizando a plataforma google meet, onde aconteciam reuniões semanais e com discussões referentes a narrativa, originando a história apresentada no Apêndice I.

Para facilitar a visualização das ações que ocorreram na disciplina, relacionadas ao EC, foi elaborada a Figura 2, que apresenta um esquema com uma organização cronológica das ações relacionadas ao EC desenvolvidas ao longo do período letivo. Destacando que para a presente pesquisa foi feito um recorte e serão analisados os dados construídos nos momentos destacados na Figura 2. Também se realça que as aulas da disciplina e demais

atividades relacionadas a abordagem dos conteúdos programáticos foram acontecendo concomitantemente ao desenvolvimento do EC.

Figura 2- Esquema com ordem cronológica de ações relacionadas ao Estudo de Caso desenvolvidas ao longo da disciplina Química Orgânica I.



Fonte: Autoria própria (2022).

Com o caso reelaborado e apresentado aos estudantes da disciplina, foi proposto um questionário (Apêndice II) como guia para análise e solução do caso baseado no questionário de Sá, Queiroz (2010); com o intuito de nortear a identificação do problema que deveria ser resolvido e saber se os estudantes tiveram entendimento do caso, listando frases ou termos importantes e, ainda identificar, se os alunos sabem pesquisar por referências confiáveis.

Posteriormente, foi proposto um questionário orientador (Apêndice III) sendo adaptado e baseado no modelo de tomada de decisão de Kortland (1996). O intuito desse questionário foi trazer reflexões aos estudantes em vários aspectos, como éticos, ambientais, sociais e econômicos, a geração de alternativas e avaliação dessas, a fim de contribuir para a melhor solução, despertando a reflexão crítica do estudante. É importante destacar que não houve feedback dos questionários para os alunos, antes da entrega do relatório final, nem por parte da docente da disciplina e nem por parte das licenciandas durante a live que fizeram.

Decorrido algumas semanas, os alunos elaboraram o relatório escrito demonstrando todo o procedimento para a resolução do caso, explicando o porquê de suas escolhas,

permitindo assim um melhor entendimento para o grupo de pesquisa do passo a passo da resolução e qual foi o raciocínio usado por eles nessa atividade. A escrita do relatório deveria conter os seguintes itens: introdução, justificativa, metodologia (quais foram os reagentes utilizados e as possíveis reações proposta para uma possível síntese do medicamento), discussões (apresentando e discutindo as escolhas), conclusões e referências.

Também foi realizada a apresentação oral online por parte dos grupos de estudantes da disciplina acompanhada, com um tempo limitado de 10 a 15 minutos, sendo a presença online obrigatória para todos os membros. Nesta apresentação, houve questionamentos do grupo de pesquisa para quem estava apresentando, a fim de observar a desenvoltura de cada membro no trabalho e as argumentações quando questionados.

No final do período letivo foi solicitado aos alunos responder um questionário de avaliação sobre a metodologia EC, usada ao longo da disciplina.

3.3 Análise dos dados

A identificação dos domínios CTSA apresentados na narrativa do caso e pelos estudantes ao longo das atividades desenvolvidas, questionário orientador e relatório final, se baseou na análise de conteúdo proposta por Bardin (2011). De acordo com Moraes (1999), essa análise é uma metodologia de pesquisa com ênfase em descrição e interpretação de conteúdo expostas em documentos e textos, podendo ser verbais ou não-verbais (SILVA; FOSSÁ, 2015). Na presente pesquisa trabalhamos com textos verbais sendo alguns questionários respondidos pelos alunos e o relatório final com a resolução. Esse tipo de análise se destaca em pesquisa qualitativa, proposta dessa monografia, pois permite “atingir níveis de compreensão mais aprofundados dos fenômenos que se propõe a investigar” (MORAES, 1999, p.3). Destacando ainda que foi acompanhado o processo de resolução, não apenas o momento final.

Na análise de conteúdo um dos processos essenciais é a categorização, nesse faz-se uma leitura agrupando as ideias em comuns presentes nos textos. No processo de categorização utiliza-se critérios que podem ser pré-definidos por quem vai analisar ou podem ocorrer durante o processo de leitura, sendo as categorias emergentes. Ainda, nessa metodologia as categorias podem ser construídas por meio de verbos, substantivos, temáticas, nos sentidos das palavras, dentre outras. O processo de análise para a categorização exige dedicação, pois é necessário retirar dos dados as informações importantes e seus significados, sendo uma análise cíclica que depende de uma imersão profunda nos dados (MORAES, 1999).

Moraes (1999) ainda afirma que, em uma análise as categorias devem ser validadas e adequadas com o objetivo da análise, com isso a categorização é significativa de acordo com o que está sendo analisado, sendo assim o material analisado será apropriado aos conteúdos analisados.

Para fazer a análise dos dados, primeiramente, foram escolhidos a narrativa do caso, os relatórios e respostas ao questionário orientador de quatro grupos. Em seguida foi realizada uma leitura flutuante a fim de compreender sobre quais domínios estavam presentes nesses materiais. Tanto na narrativa do caso, questionário orientador quanto no relatório, foram realizadas várias leituras a fim de identificar as categorias pré-definidas sendo elas C (Ciência), T (Tecnologia), S (Sociedade) e A (Ambiente). De acordo com Queiroz, Conrado e Silva (2019), o domínio C se apresenta quando o aluno demonstra aspectos científicos; o domínio T quando se fala em técnica ou produto tecnológico; no domínio S o aluno descreve aspectos sociais e por fim o domínio A apresentando uma situação ambiental e nesse domínio o aluno olhará as consequências ambientais do caso elaborado.

Para a validação das categorizações, inicialmente realizada de forma individual pela pesquisadora autora desta monografia, foram realizadas discussões com o grupo de pesquisa, a fim de verificar a análise de acordo com os domínios CTSA.

Após essas categorizações validadas, foram observadas as combinações dos domínios CTSA readaptado do trabalho de Queiroz, Conrado e Silva (2019), apresentado no Quadro 2.

Quadro 2: Combinações dos domínios CTSA

Domínios	Possíveis Combinações
D1	C ou T ou S ou A
D2	CT; CS; CA; TS; TA; AS
D3	CTS; CTA; CSA; TSA
D4	CTSA

Fonte: Autoria Própria (2022)

Consideramos assim o domínio D1, quando o aluno abrange apenas um domínio CTSA; D2 o aluno apresenta combinações de dois domínios CTSA; D3 ocorre a presença de três domínios CTSA e D4 todos os domínios são explorados. A readaptação se fez necessária já que no trabalho realizado por Queiroz, Conrado e Silva (2019), é proposto os níveis de complexidade sendo eles: (i) baixa complexidade, ocorre quando os domínios CTSA são apresentados separados; (ii) média complexidade, o aluno apresenta uma combinação dos domínios CTSA, e (iii) alta complexidade, apresenta todos os domínios CTSA. Porém na

média complexidade os autores consideram a combinação dos domínios, inferindo que pode haver a combinação de dois ou três; julgamos ser pertinente distinguir a combinação entre dois ou três domínios.

Realça-se que se fez necessário a categorização do caso de acordo com os domínios CTSA presentes na narrativa. Esta análise é de suma importância, pois os aspectos presentes de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, poderiam induzir aos alunos a abordarem estas relações na justificativa da resolução do caso.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os principais resultados e discussões relacionados a análise dos dados.

4.1 Domínios CTSA presentes na narrativa do Caso

A análise da narrativa do caso permitiu identificar a contemplação dos domínios CTSA, o que visa o ensino de química contextualizado. O Quadro 3 apresenta aspectos da narrativa do EC que abrangem os domínios CTSA. De acordo com Vaciloto *et al.* (2019) o ensino na perspectiva CTSA propõe uma problemática que a partir dela os conteúdos são abordados conforme sua demanda, assim o problema da atividade proposta deve promover discussões que envolvem aspectos sociais, e exigem dos alunos a intervenção e posicionamento em relação a realidade social.

Quadro 3- Domínios CTSA presentes na narrativa do caso.

<p style="text-align: center;">Ciência</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Efeitos Colaterais ● Síntese de novas moléculas ● Síntese de Fármacos ● Síntese de novos compostos aromáticos dissubstituídos ● Ação de compostos aromáticos dissubstituídos contendo grupo alquila como potenciais fármacos 	<p style="text-align: center;">Tecnologia</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Realização de testes
<p style="text-align: center;">Sociedade</p> <ul style="list-style-type: none"> ● COVID-19 ● Depressão: a doença mais impactante de 2020 ● Setembro amarelo ● Efeitos Colaterais 	<p style="text-align: center;">Ambiente</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Princípios da Química Verde

Fonte: Aatoria própria (2022).

O EC aplicado na disciplina enfatizou maior presença nos domínios de ciência e sociedade. Isso também foi observado no trabalho de Akahoshi, Souza e Marcondes (2018)

em que houve maior predominância dos domínios CS presentes nas cinco unidades didáticas produzidas por professores de química. É de se esperar que as propostas de atividades elaboradas por professores enfatizem a ciência em sua maior parte, isso porque os docentes estão acostumados a ministrarem aulas visando apenas conteúdos, não relacionando com aspectos tecnológicos, ambientais e sociais.

No trabalho de Marcondes *et al.* (2020) foram analisadas três sequências de ensino com enfoque CTSA elaboradas por professores distintos, a qual estavam envolvidos no processo de formação baseado na reflexão orientada, o que permitia refletirem sobre suas propostas. Mesmo tendo momentos de reflexões e possíveis contribuições para a imersão dos aspectos CTSA em suas aulas, ainda, teve-se maior predominância na ciência e sociedade, havendo uma dificuldade de inserção de tecnologia e ambiente. Esta pode ser advinda ao fato dos materiais didáticos utilizados por professores não sugerirem as relações ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, pautando apenas os conceitos e aplicações e ocorrências dos cotidianos.

Na própria história do caso a ciência é mencionada várias vezes por meio da solicitação de uma proposta de síntese, deixando claro que alguns conceitos científicos seriam necessários para sua realização. Os alunos eram chamados a propor uma nova molécula e as reações possíveis para sintetizá-la envolvendo compostos aromáticos dissubstituídos. Nesse pretexto os estudantes teriam que propor a síntese de um composto, que seria o reagente adequado para a reação de alquilação de Friedel Crafts do anel aromático requisito obrigatório descrito na narrativa do caso. Para tal, tinham como opção diferentes moléculas contendo insaturações em carbonos sp^2 , realizando assim, uma reação de adição, conceito trabalhado no conteúdo reações de adição em alcenos e alcinos. Além de pensar nos rearranjos dos carbocátions, intermediários da reação. Nessa etapa, os rearranjos poderiam ser justificados a partir da estabilidade dos carbocátions e do alívio da tensão de Baeyer nas cadeias cíclicas das moléculas disponibilizadas no EC. Considerando a obrigatoriedade da reação de alquilação e a dissubstituição do anel aromático da molécula com potencial farmacológico, eles necessitariam escolher uma segunda reação de substituição no anel benzênico, podendo essa, caso tenham partido do benzeno, ser mais uma alquilação de Friedel Crafts, halogenação, nitração, sulfonação e acilação de Friedel Crafts, escolha essa que deveria ser justificada durante a resolução do EC. Esperava-se que pensariam ao longo do desenvolvimento da síntese nos conceitos de grupos orientadores, ativadores e desativadores do anel benzênico.

A síntese de moléculas tem sua importância na área da química medicinal, essa surge na perspectiva de obter fármacos com menor toxicidade, sendo mais eficazes se comparado aos encontrados na natureza. De forma geral, a síntese química pode desempenhar o papel em alterações moleculares e são frequentemente usadas nas estruturas desses fármacos (MIKOVSKI; BASSO; RIBAS, 2018). Sendo assim, com esse caso os alunos poderiam perceber a importância da aplicação dos conceitos estudados em áreas relevantes para a sociedade.

Domínios que remetem a sociedade também estão relacionados ao caso, mesmo que não tenham sido destacados com maior abertura igual à ciência. O caso se preocupou em abordar a depressão que é uma doença comum na sociedade e enfatizou o setembro amarelo, que no país tem campanhas anuais sobre o assunto. Ainda trouxe o contexto da COVID-19 que ocasionou a doença e além de tudo fazia parte do momento em que toda a população do planeta estava vivenciando e realizando o isolamento social, deixando de fazer suas atividades rotineiras. Segundo Akahoshi (2012) a sociedade é contemplada no currículo CTS quando são propostos temas científicos que envolvem problemas sociais e assim relaciona diversas crenças e valores.

A presença do domínio tecnologia é apresentado apenas para se referir à realização do teste, no sentido de equipamentos utilizados para realizar a síntese na prática. Contudo deve-se atentar no que se entende por tecnologia; Santos e Mortimer (2002) referem à tecnologia como um conhecimento que nos possibilita mudar o mundo e está relacionada com o conhecimento de ciência. Nesse sentido, para Ricardo (2007) a tecnologia consiste em saber fazer, onde a pauta está no conhecimento sistematizado dentro do seu processo. Afinal, os produtos visam sanar problemas, com o intuito de transformar o ambiente natural e sócio-cultural. Em algumas unidades didáticas presentes no trabalho de Akahoshi, Souza e Marcondes (2018) tem pouca presença do domínio de tecnologia, em outras propostas, nem apresenta. As autoras ressaltam que se observou uma dificuldade dos professores em inserir aspectos tecnológicos em suas aulas, e, também se pode ter uma concepção que apenas citar o nome de processos pode ser considerado uma tecnologia.

Em relação ao domínio ambiente, esperava-se que os estudantes relacionassem a química verde com a ciência, assim como também a sociedade e tecnologia, visto que muito se discute sobre a preservação ambiental na sociedade. Com a proposta de síntese era necessário pensar no meio ambiente, e a história enalteceu a importância dos princípios da química verde. Ao considerar esses princípios realizam-se escolhas de métodos para diminuir

ou acabar com o uso ou produção de elementos prejudiciais à saúde da sociedade e a natureza, desse modo pode-se inferir a química verde como uma tecnologia limpa, ou seja, aprimorar a tecnologia química para reduzir ou eliminar a produção de substâncias tóxicas (LENARDÃO *et al.*, 2003; LIMA, 2017). Nesse contexto, Lima (2017) enfatiza a necessidade de temas que trabalhem com a questão ambiental, propiciando aos estudantes a criticidade a fim de agirem de forma que preserve a natureza e melhore a qualidade da vida do ser humano.

Destacamos a importância do professor ao longo das atividades, planejadas para a resolução do caso, chamar a atenção dos estudantes para as relações entre a síntese da nova molécula e as questões ambientais envolvidas. O docente também pode solicitar pesquisas voltadas para as tecnologias possíveis de serem utilizadas para desenvolver a síntese.

4.3 Domínios CTSA presentes nas resoluções propostas pelos grupos referentes ao questionário orientador

Com a leitura e análise dos questionários orientadores de quatro grupos, foi possível identificar os domínios CTSA presentes em cada etapa do questionário baseado no Modelo de Kortland. Ressaltando que cada etapa era composta por perguntas, sendo assim optou-se em fazer uma análise minuciosa de cada pergunta, destacando os domínios presentes. A Tabela 1 representa a análise dos domínios presentes nas resoluções propostas pelos grupos no questionário.

Tabela 1–Domínios CTSA presentes na resolução do Questionário Orientador.

		Domínios presentes															
		Grupo 1				Grupo 2				Grupo 3				Grupo 4			
Etapas da Tomada de decisão	Perguntas	C	T	S	A	C	T	S	A	C	T	S	A	C	T	S	A
Identificação do problema	1	x	x	x	x	x		x	x	x		x		x		x	
Produção de critérios	1					x		x		x		x		x	x		
	2		x			x	x			x	x				x		
	3				x				x				x				x
	4	x				x				x				x			
	5	x		x		x				x		x		x			
	6	x	x			x			x	x				x	x		
	7	x				x		x		x		x		x		x	
Geração de alternativas	1			x		x		x	x	x	x	x		x		x	x
	2	x		x		x				x				x			
Avaliação das alternativas	1			x			x	x		x	x	x		x		x	
	2	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x		x	
Escolha da solução	1	x	x	x		x		x		x		x	x	x			
	2	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x			x	x
Ação	1	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x

Fonte: Autoria própria (2022).

A primeira etapa, contendo apenas uma pergunta, solicitava a **identificação do problema** (Explicar em linhas gerais o assunto do caso e fazer um levantamento do que é necessário para solucioná-lo). Pode-se perceber na Tabela 1 que apenas o Grupo 1 contemplou todos os domínios CTSA, enquanto o Grupo 2 apresentou em sua resposta CSA e os Grupos 3 e 4 apenas CS. É evidente que a ciência e sociedade estão presentes em todos os grupos, o que era de se esperar, visto que o próprio caso deixava explícita a importância da síntese de um novo medicamento para contribuir para o tratamento de depressão, que é um problema de cunho social. Os trechos a seguir demonstram a semelhança de respostas de dois grupos em relação aos domínios CS.

“O caso se trata da realização de uma síntese de novos compostos aromáticos dissustituídos, contendo grupo alquila como potenciais fármacos [...] sobre fármacos e aqueles que apresentam menor efeito colateral e também sobre a doença depressão.” Grupo 1

“[...] o objetivo é sintetizar um novo composto aromático dissustituído com um potencial que auxilie no tratamento da depressão com menores efeitos colaterais.” Grupo 3

Em relação ao domínio ambiente foi contemplado apenas pelos Grupos 1 e 2. Ambos citaram a importância de considerar a química verde na síntese de um novo medicamento, como é demonstrado nos trechos a seguir, o que também era enfatizado no EC.

“[...] levando em consideração um menor efeito colateral do fármaco e também os princípios da química verde.” Grupo 1

“[...]além de pensar na produção desse composto através de conceitos da química verde.” Grupo 2

Apenas o Grupo 1 explorou em sua resposta a tecnologia, considerando a mesma nos testes do novo medicamento, como demonstrado abaixo.

“Essas moléculas sintetizadas serão testadas como possíveis medicamentos [...]” Grupo 1

Ainda é de valia mencionar que nesta etapa o Grupo 1 destacou a importância de saber conceitos de química orgânica e sua relação com a química verde, como destacado a seguir.

“[...]é necessário ter conhecimento sobre a química orgânica (especificamente, em relação a compostos aromáticos dissustituídos, contendo grupo alquila), sobre os conceitos envolvendo a síntese orgânica e a química verde, sobre as características dos reagentes disponíveis no laboratório (estruturas, propriedades, reatividade, etc.) [...]” Grupo 1

Na etapa de **produção de critérios**, temos que na primeira pergunta (Pesquisa das características do problema), nenhum grupo apresentou os quatros domínios CTSA. Sendo que o Grupo 1, deixou a resposta em branco. Os Grupos 2 e 3 apresentaram domínios CS. Ambos os grupos destacaram os efeitos colaterais, que envolvem tanto a ciência e a sociedade e também a depressão.

“O problema apresentado consiste nos efeitos colaterais [...] além disso, o uso a longo prazo desses medicamentos, segundo estudos, podem causar efeitos contrários aos desejados.” Grupo 2

“Sendo os efeitos colaterais o problema do caso, os fármacos em sua maioria contêm efeitos paralelos e os medicamentos que auxiliam no tratamento da depressão não são diferentes [...]” Grupo 3

Já o Grupo 4, destacou em seu trecho aspectos de ciência ao discorrer sobre a síntese e a tecnologia ao falar do melhor método para obter os medicamentos.

“Os medicamentos podem ser obtidos com o método de bancada, que acontece a partir da definição de uma rota sintética e em pequenas quantidades, a fim de melhores estudos e resultados. E tem-se a rota em maior escala (semi- industrial), com o objetivo de melhor adequação da síntese” Grupo 4

Na segunda pergunta (Quais as etapas para a síntese de um medicamento) todos os grupos apresentaram a tecnologia, essa foi considerada quando as respostas se remetiam aos testes. Contudo, a partir dos trechos a seguir, podemos observar que os alunos apenas citam que é necessário realizar testes, mas não indicam quais ou um detalhamento.

“[...] a pesquisa experimental que consiste na realização de testes em células animais. Depois é realizada a pesquisa clínica onde é testada a eficácia do medicamento em humanos” Grupo 1

“[...] avaliar os instrumentos utilizados nas reações, realizar os devidos testes para assegurar que medicamento terá os resultados esperado” Grupo 3

Os grupos 2 e 3 também complementaram em suas respostas aspectos de ciência, sendo que o Grupo 2 detalhou a etapa para obter o novo medicamento envolvendo a ciência, fazendo uma pesquisa sobre obtenção de um medicamento proveniente de plantas, como descrito no trecho a seguir. Já o Grupo 3 apenas citou o termo síntese.

“A primeira etapa é a identificação botânica, envolvendo o estudo fitoquímico, os ensaios pré-clínicos e clínicos da espécie vegetal estudada e o desenvolvimento da formulação farmacêutica.” Grupo 2

Na terceira pergunta desta etapa (Como a química verde pode estar relacionada à síntese de um medicamento?), todos os grupos contemplaram apenas o domínio ambiente. Os grupos se preocuparam com a geração de resíduos em sínteses em geral e o descarte correto, mas não relacionaram com a síntese do caso, observando se os reagentes escolhidos visam os aspectos ambientais. Apenas os Grupos 2 e 4, destacam o que pode ser feito na síntese para diminuir o impacto ambiental; as alternativas do Grupo 2 são expostas abaixo.

“[...] podemos relacionar com substituição de processos químicos, eliminação ou, em alguns casos, tratamento de resíduos, materiais poliméricos degradáveis, desenvolvimento de reações sem catalisadores metálicos, reações sem solventes ou com solventes facilmente recicláveis etc” Grupo 2

Essa é uma resposta interessante, todavia genérica, uma vez que, não retrata qual catalisador metálico pode ser utilizado na resolução do caso e na lista de reagentes disponíveis no EC não há catalisador metálico. Ou então, o grupo está se referindo a presença de metais na composição dos ácidos de Lewis FeCl_2 ou AlCl_3 , reagentes apresentados na narrativa do caso.

A resposta proposta pelo Grupo 4 também ficou superficial, não especificando quais catalisadores poderiam ser substituídos, como pode ser observado a seguir. Além disso, considerando os conceitos trabalhados na disciplina e o conjunto de reagentes disponibilizado no caso, os alunos não conseguiriam aprofundar no assunto. Por outro lado, é importante enaltecer que os grupos desenvolveram habilidades de autonomia direcionando a própria aprendizagem e de pesquisa ao propor uma resposta contemplando conceitos não abordados nas aulas. Os trabalhos de Passos *et al.* (2018) e Sá e Queiroz (2010) discutem que o estudo de caso pode promover diversas habilidades, como a de pesquisa e a autonomia no processo de aprendizagem.

“[...] substituição de catalisadores sintéticos para a utilização de catalisadores biológicos que possuem o mesmo fundamento.” Grupo 4

No questionamento quatro (Quais medicamentos já são usados para depressão?), os Grupos responderam de forma direta, citando nomes como: oxalato de escitalopram, citalopram, sertralina e fluoxetina. Assim consideramos a categorização do domínio ciência.

Ao responder a quinta pergunta (Quais observações podem ser feitas a partir das estruturas químicas e propriedades dos princípios ativos dos medicamentos usados para depressão?) todos os grupos apresentaram o domínio ciência. O Grupo 1 enfatizou que os medicamentos apresentavam em suas estruturas químicas o anel aromático e a presença do grupo amina; se consideramos a palavra grupo como referência a grupo funcional, pode-se perceber que há um entendimento conceitual errôneo por parte dos alunos, visto que a amina é a classe ou família do composto. Enquanto o Grupo 3, apenas citou a presença do nitrogênio e também o anel aromático na estrutura química.

Já os Grupos 2 e 4 destacam que os medicamentos de nova geração não apresentam estruturas em comum, porém são classificados de acordo com suas propriedades farmacológicas e estrutura química; pode-se perceber que ambos os grupos fazem a mesma justificativa. Destacamos que os Grupos 2 e 4, pesquisaram tal explicação baseado nos autores Moreno, Moreno e Soares (1999), em que detalha sobre a classificação dos medicamentos. Alguns trechos das respostas podem ser observados a seguir.

“As estruturas químicas são bem semelhantes entre si, e sua principal semelhança é que todos eles contêm anel aromático e a presença do grupo amina em sua fórmula.” Grupo 1

“Os antidepressivos são classificados de acordo com cada estrutura química e propriedades farmacológicas, sendo mais prático na prática clínica, já que, os antidepressivos da nova geração, geralmente, não compartilham estruturas comuns.” Grupo 2

“Os medicamentos utilizados no tratamento da depressão apresentam estruturas químicas parecidas, todas possuem anéis aromáticos e nitrogênio em sua composição.” Grupo 3

“Atualmente os antidepressivos, preferencialmente, são classificados em função da ação farmacológica, mais útil na prática clínica porque os antidepressivos de nova geração não compartilham estruturas comuns.” Grupo 4

Ainda, os Grupos 1 e 3 abordaram a sociedade juntamente com a ciência ao destacar que os princípios ativos dos medicamentos são responsáveis por tratar a depressão e seus enantiômeros são responsáveis pelos efeitos colaterais. Podemos observar o aparecimento de conceitos correlacionados a estereoquímica, presentes no conteúdo da disciplina. Entretanto, nem sempre o enantiômero que não é o princípio ativo é responsável por algum efeito colateral.

Na questão seis (Quais as etapas / ações envolvidas em uma síntese orgânica?), os Grupos 1 e 4 apresentaram domínios CT. Ambos especificaram a técnica de análise retrossintética a qual é detalhada no trecho a seguir, como uma etapa para realizar a síntese.

“A análise retrossintética consiste em uma técnica para resolver problemas no planejamento de sínteses orgânicas. Isto é conseguido através da transformação de uma molécula alvo em estruturas precursoras mais simples, sem hipóteses quanto aos materiais iniciais. Cada material precursor é examinado usando o mesmo método. Esse procedimento é repetido até estruturas simples ou comercialmente disponíveis serem alcançadas.” Grupo 1

Os grupos propuseram uma técnica que não é trabalhada na disciplina. É perceptível a autonomia dos alunos em fazer pesquisas em busca de informações para a resolução do caso e ainda serem os responsáveis em sua construção de conhecimento, reafirmando a discussão pautada por Sá (2006), onde o método estudo de caso oportuniza aos alunos a serem os principais responsáveis pela sua aprendizagem.

Já o Grupo 2 expressou os domínios CA, expondo a importância de “analisar a molécula alvo e seus fatores de complexidade” e enfatizou a química verde como descrito a seguir.

“É preciso levar-se em consideração as etapas de isolamento e purificação e o número de passos reacionais, além de se promover uma redução sensível na geração de resíduos e no custo total do processo.” Grupo 2

O Grupo 3, apenas se atentou à ciência, objetivando o mecanismo da reação, sendo que poderia destacar as influências das escolhas visando o meio ambiente, como também as técnicas que poderiam utilizar e visar o social, olhando aspectos de custo.

“A primeira etapa em uma síntese orgânica é determinar detalhadamente o mecanismo das reações orgânicas que ser são usadas nesse processo, por exemplo, as reações de acilação, halogenação, alquilação, entre outras [...]” Grupo 3

Por fim, na última pergunta desta etapa (Julgamento de valor – gravidade do problema: Fazer um julgamento da gravidade do problema descrito no caso. Justificar a resposta), todos os grupos consideraram necessário realizar uma síntese de medicamentos, envolvendo o domínio ciência. Contudo, os Grupos 2, 3 e 4 também relevam a importância do tratamento da depressão, sendo de cunho social, contemplando domínios CS.

“Dessa maneira se faz necessário a síntese de uma nova molécula ou composto que se apresente comum a menor quantidade de efeitos colaterais” Grupo 3

Para essa pergunta e com base nas anteriores, os alunos poderiam discorrer sobre os aspectos que já haviam mencionado. Uma vez que a síntese se torna importante para a produção de um medicamento relacionado ao tratamento de pessoas com depressão, mas que para pensar em como realizá-la é importante considerar quais os melhores reagentes a serem utilizados, pensando na química verde e na tecnologia necessária para fazer a própria síntese.

Analisando a primeira pergunta da etapa de **geração de alternativas** (Quais são os tipos de medidas que podem ser tomadas diante da situação apresentada no caso?), tem que o Grupo 1 apresentou apenas o domínio de sociedade destacando o tratamento de depressão com terapias e psicoterapia. Enquanto os Grupos 2, 3 e 4 destacaram a ciência juntamente com a sociedade, enfatizando a síntese de um antidepressivo com menos efeitos colaterais. É de valia, ainda destacar que os Grupos 2 e 4, discorreram sobre a relevância de considerar os princípios da química verde nesta síntese, mas não explicaram como poderiam fazer. E ainda, o Grupo 3, considerou a necessidade de realizar testes laboratoriais, contemplando assim o domínio de tecnologia.

A segunda pergunta desta etapa (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?), requeria respostas que apresentassem a ciência, já que os alunos têm que observar as estruturas químicas dos medicamentos. Sendo assim todos os grupos apresentam o domínio C, e destacam a semelhança no anel aromático. Contudo o Grupo 1, também destacou a sociedade quando relacionou os efeitos colaterais.

Na primeira pergunta da etapa da **avaliação das alternativas** (Pesquisa das características das medidas: As medidas acima citadas são suficientes para resolver o problema? Que outras medidas importantes deveriam ser tomadas?), o Grupo 1 teve predominância no domínio sociedade, isso porque o grupo considerou que o paciente deve ter um acompanhamento médico e psicológico e tomar o medicamento de forma controlada, como também fazer a prática de exercícios físicos. O Grupo 2, discutiu observando que as medidas não eram suficientes, já que não considerava os valores dos reagentes, o que implica na sociedade em termos econômicos e discutiu sobre o processo de rapidez da reação, o que pode ser considerado que deve haver o uso de tecnologia, sendo assim este grupo manifestou domínios TS. Os Grupos 3 e 4 abordam a ciência e sociedade de forma semelhante,

discorrendo que as medidas optadas para resolver o caso não são tão eficientes já que ainda podem acarretar efeitos colaterais, necessitando de uma nova síntese, contudo, não argumentam como puderam afirmar que sua proposta de medicamento ainda tem efeitos colaterais, visto que a síntese não foi realizada, tampouco as testagens. E como complemento o Grupo 3 considerou a importância da tecnologia para realizar novos testes para minimizar os efeitos colaterais.

Na segunda pergunta da etapa da **avaliação das alternativas** (Apresente vantagens e desvantagens da opção que vocês escolheram para a resolução do problema. Faça uma análise dos custos e benefícios) os grupos tiveram que discutir sobre as vantagens e desvantagens das medidas que escolheram para resolver o caso. Pôde-se perceber que os Grupos 1 e 3 abrangeram os quatro domínios CTSA, porém observamos, no trecho a seguir, que o Grupo 3 não justifica todos os aspectos relacionados à ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, apenas citam elementos que remetem a estes domínios.

“Neste medicamento foram usados alguns princípios da química verde, pois a reação para essa síntese ocorreu de maneira com que fosse obtido o maior rendimento possível, um baixo custo de produção do fármaco já que os reagentes são de baixos custos, menores efeitos colaterais no organismo devido as testagens realizadas. Entretanto há algumas desvantagens, pois não há a ausência de efeitos colaterais.”
Grupo 3

Novamente, os grupos trazem afirmativas que são suposições, pois na resolução do questionário não descrevem o levantamento dos custos dos reagentes disponibilizados no caso e os usados nas sínteses dos medicamentos comercializados. E ainda afirmam que não é possível a ausência de efeitos colaterais.

O Grupo 1 faz uma discussão mais detalhada, explicando a vantagem de usar o ácido clorídrico e abordando partes da tecnologia, quando se refere a uma produção mais rápida e econômica que remete a sociedade.

“[...] ácido clorídrico de qualidade tem sua produção pela síntese direta de elementos, queima de cloro em hidrogênio e, em seguida, a absorção na água do cloreto de hidrogênio resultante, podendo dizer que é uma produção mais rápida e mais econômica, por o mesmo é usado em larga escala na indústria farmacêutica e alimentícia.” Grupo 1

De acordo com Tolentino e Forezi (2014) para a síntese industrial de ácido clorídrico têm-se quatro processos, sendo eles: síntese direta; via subprodutos da cloração de compostos

orgânicos; método de Mannheim e através de reações do tipo Hargreaves. A que mais se aproxima com a descrita pelo Grupo 1 é a síntese direta, a qual é realizada a combustão do hidrogênio na presença de cloro, entretanto, houve um equívoco por parte dos alunos ao descrever a obtenção do ácido clorídrico (houve inversão indicando a queima de cloro em hidrogênio). Por outro lado, houve autonomia dos alunos em pesquisar sobre a obtenção de ácido clorídrico, sendo assim responsáveis pela própria construção de conhecimento, já que esse assunto não é discutido na disciplina.

O Grupo 1 também destaca a desvantagem de utilizar este ácido, já que o descarte no meio ambiente em certa quantidade pode prejudicar o ecossistema devido sua toxicidade. Porém, faz uma generalização que o ácido é sempre prejudicial, como destacado no trecho a seguir.

“Os benefícios podem ser grandes, visando a economia para uma empresa pequena, porém o HCl é prejudicial à saúde do planeta e até mesmo dos seres humanos, todos os cuidados devem ser tomados, para não haver morte e possíveis outras doenças.” Grupo 1

Ressaltamos que algumas concepções em relação ao entendimento dos alunos sobre ácidos ainda são equivocadas, como a referência ao ácido como maléfico. No trabalho de Oliveira (2008) são discutidas concepções sobre ácido e base presentes no ensino médio, em que os alunos consideram o ácido como corrosivo, que queima e é prejudicial à saúde. Pode-se perceber que as ideias dos alunos de ensino médio permanecem presentes no ensino superior, dessa forma, faz-se necessário a mediação do professor a fim de romper com estes paradigmas que os estudantes carregam consigo.

Os Grupos 2 e 4 apresentam aspectos CS. Eles mencionam as vantagens e desvantagens das reações propostas explicando em termos científicos, como demonstrado a seguir.

“Uma das desvantagens é o fato de que em algumas etapas a velocidade da reação é mais lenta, devido à escolha de alguns reagentes, no entanto o uso de substâncias como, por exemplo, o FeBr_3 como catalisador, auxilia a resolver este problema.” Grupo 4

“[...] escolhemos trabalhar (reação de substituição de Haletos orgânicos), achamos alguns estudos que mostraram que os Inibidores seletivos recaptação de serotonina (ISRSs) se deve à presença de halogênios em suas estruturas que potencializam a interação dos mesmos com os transportadores de serotonina (SERTs).” Grupo 2

É subentendido que o Grupo 2 propõe a substituição de átomos de hidrogênio do anel aromático por átomos de halogênios, o que seria possível considerando as reações de

substituição em anel aromático trabalhados na disciplina, bem como o conjunto de reagentes disponibilizados no caso. Em relação a sociedade, o Grupo 2 considera que sua escolha apresenta menor toxicidade e efeitos colaterais e o Grupo 4 cita sobre o custo dos reagentes, mas os grupos não apresentam argumentos para as afirmações.

Na primeira pergunta da etapa da **escolha da solução** (Quais as medidas mais adequadas para a solução do caso?), no Grupo 1 houve predominância CTS na resposta ao considerar que o melhor medicamento é o com menos efeitos colaterais e que se pode optar por tratamento com terapias, e caso for realizar a ingestão de medicamentos é necessário fazer testes farmacológicos.

O Grupo 2 de forma breve destacou CS. Descreveu sobre realizar uma reação de substituição de haletos orgânicos e a escolha de um substrato(cloreto de butirila), nucleófilo(água) e solvente(ácido bromídrico);são evidentes erros conceituas, ou seja, dificuldades no entendimento em relação a alguns conceitos, até mesmo na elaboração de hipóteses para a solução do caso.A substituição de um átomo de hidrogênio do anel aromático por halogênio poderia ser uma proposta para a inserção de um halogênio no benzeno, considerando os reagentes disponibilizados no EC (Cl_2 e FeCl_3), todavia considerar o cloreto de butirila como reagente para essa etapa da síntese é um equívoco. O cloreto de butirila poderia ser usado para uma reação de acilação do anel benzênico, porém o átomo de cloro presente na molécula não estaria presente no composto obtido. Destacamos ainda o fato de considerar a reação do benzeno com o nucleófilo (água). O anel aromático possui elétrons π , estando esses sujeitos predominantemente ao ataque por reagentes eletrofílicos. E considerando os reagentes disponibilizados no caso, um ataque nucleofílico não seria possível. Tais reações do benzeno com nucleófilos não são considerados na ementa da disciplina em questão.

Assim, as reações eletrofílicas esperadas seriam: alquilação, acilação, nitração, sulfonação e halogenação. O ácido bromídrico é sugerido utilizar na reação de adição com a insaturação em carbonos sp^2 , presentes em algumas moléculas disponibilizadas, para a obtenção de um reagente necessário para a reação de alquilação de Friedel Crafts, obrigatória segundo as informações da narrativa do caso. O Grupo 2 também se atentou aos valores dos reagentes, destacando a importância deste para a sociedade. É de valia enaltecer que, na resolução da proposta de estudo de caso de Macedo, Almeida e Quadros(2021) os alunos também apresentaram erros conceituais, contudo os autores consideram que os erros são construtivos, isso porque precisaria da consciência sobre o erro que estavam cometendo para

obter uma resposta correta. Vale ressaltar que durante a apresentação oral da resolução do caso, dados não analisados no presente trabalho, a docente responsável pela disciplina bem como as pesquisadoras tiveram a oportunidade de pontuar alguns erros que persistiram e em alguns momentos os estudantes tomaram consciência sobre os equívocos e foram modificando suas argumentações.

O Grupo 3 teve predominância CSA. De forma sucinta apenas relatou que para a síntese do medicamento deveria propor um medicamento com menos efeitos colaterais, com baixo custo de produção e que se enquadre nos princípios da química verde, mas não detalhou sobre cada domínio. Já o Grupo 4 abordou apenas a ciência, dizendo sobre a escolha da estrutura química, e que existem vários outros aspectos a serem analisados para a escolha.

Na segunda perguntada etapa **escolha da solução** (Como a aplicação da medida escolhida reflete no cotidiano das pessoas envolvidas no caso, levando em consideração aspectos sociais, econômicos, ambientais e éticos?), os Grupos 1 e 3 apresentaram os quatro domínios CTSA. Porém o Grupo 1 não detalhou sobre esses domínios, apenas respondeu que com o teste farmacogênico o médico escolheria o melhor medicamento, com menores efeitos colaterais, o que contribuiria com os aspectos econômicos, ambientais sociais ou éticos. Já o Grupo 3, abrangeu em sua resposta como suas escolhas refletiriam na vida das pessoas; em alguns domínios não retrata com clareza como poderia ser feito, como por exemplo, as testagens, o trecho a seguir remete a esta ideias.

“Já no aspecto ambiental, os medicamentos sintetizados segue todos os parâmetros apresentados pela química verde, já que todos os produtos formados na síntese foram descartados corretamente, além de serem utilizados os meios racionais específicos, que garantiram o maior rendimento da reação. No âmbito ético, as testagens foram muito bem estudadas e devidamente testadas primeiro em laboratórios, para somente depois serem realizados testes no organismo humano, isso para que o resultado minimize a quantidade de efeitos colaterais nocivos à saúde” Grupo 3

Os Grupos 2 e 4 consideraram em suas respostas a Sociedade e Ambiente. Eles discutem sobre o valor do fármaco e retratam que as medidas que tomaram não causarão danos ao meio ambiente, não explicando o porquê.

A última etapa do modelo de tomada de decisão é a **ação** (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). Neste momento os alunos elaborariam um plano de ação para a resolução do caso, ou seja, os grupos poderiam reunir todas as informações que

julgaram importantes nas etapas anteriores e relatar nesta etapa, explicando todas suas escolhas. Apenas o Grupo 3 explorou o CTSA, mesmo não detalhando todas as suas escolhas; recordaram o caso de depressão da Lívia e o objetivo de sintetizar um novo medicamento com menos efeito colateral e que não prejudicasse a saúde do consumidor, realizando testes com o princípio ativo do medicamento, a fim de verificar se os resultados eram satisfatórios e ainda respeitando os parâmetros da química verde.

Os Grupos 1, 2 e 4 abordaram os domínios CSA. Também sem detalhamento das escolhas, como podemos observar nos trechos a seguir.

“O principal objetivo deste estudo é promover medicamentos para o tratamento de doenças depressivas e minimizar os efeitos colaterais provocados por tais substâncias no organismo, além de promover uma melhor qualidade de vida aos pacientes e melhoria na capacidade funcional para um bom diagnóstico. Além do mais, tem-se a preocupação ambiental, já que a indústria farmoquímica gera muitos resíduos prejudiciais ao meio ambiente.” Grupo 4

“Considerando os reagentes disponíveis no laboratório os alunos do núcleo escolheram usar um substrato, o Cloreto de butirila, um nucleófilo que será a água e um solvente que será o ácido bromídrico para realizarem uma reação de substituição de Haletos orgânicos. Essa reação produzirá um antidepressivo com poucos efeitos colaterais e dentro da química verde.” Grupo 2

No trecho do Grupo 2, referente ao plano de ação, foi apresentado o mesmo raciocínio do proposto na primeira pergunta da etapa da escolha da solução, o que era de se esperar já que o grupo propôs essa alternativa para a síntese, contudo há presença de erros. É neste momento que o docente pode reconhecer que o papel do erro é necessário para a construção de novos saberes, é normal o aluno errar, mas ele deve refletir sobre seus erros para conseguir acertar, e, este processo de erro-acerto é essencial para que o estudante tenha sua própria linha de raciocínio e seja o responsável por sua aprendizagem (CARVALHO *et al.*, 2013). Quando existe o erro, o professor é induzido a pensar que não houve aprendizagem, entretanto o docente deve considerar esse fator como uma possibilidade para correção e a oportunidade para alcançar à aprendizagem do aluno (NOGARO; GRANELL, 2004). Nesse sentido destacamos que durante a resolução de um estudo de caso, envolvendo diferentes momentos como a aplicação de questionários e discussões ao longo do processo, é importante que o professor esteja atento aos erros e as ações que podem ser desenvolvidas para que os alunos reflitam sobre eles.

Ao observar a resposta do Grupo 3 a seguir, pode-se observar que também há presença de conceitos errados, visto que o cloreto de alumínio é um catalisador e não um ativador como dito pelo grupo. Pode-se subentender pela resposta que usaram a palavra ativadora com o mesmo sentido de catalisador, entendendo que o cloreto de alumínio é para acelerar a reação.

“[...] alquilamos um benzeno que tínhamos disponível no laboratório, realizando a primeira substituição. O cloreto de alumínio é o ativador do eletrófilo. O produto dessa reação é um alquibenzeno, que é mais reativo do que o próprio benzeno. Decidimos pela utilização do Ácido Clorídrico, pelo baixo custo de mercado. Vale afirmar que o Ácido Clorídrico é letal para peixes a partir de 25mg/l e tóxico para organismos aquáticos devido a alteração do pH, portanto seu descarte deve ser feito de maneira consciente e correta.” Grupo 3

De forma geral, na resolução deste questionário os grupos conseguiram usar todos os aspectos CTSA, mesmo havendo dificuldades em descreverem de forma detalhada sobre tecnologia e ambiente, visto que pode ter sido o primeiro contato da turma com atividades que visam à abordagem CTSA, e não apenas, atividades que exijam dos alunos exclusivamente o saber científico. Além do primeiro contato com a metodologia EC e no formato remoto. Destacamos também que os erros cometidos podem ser considerados uma etapa importante no processo de aprendizagem, uma vez que estavam construindo o conhecimento sobre os conceitos discutidos em sala de aula e também, a resolução pretendida no caso dependia da construção gradual dos conceitos abordados na disciplina.

4.4 Domínios CTSA presentes nas resoluções propostas pelos grupos referentes ao relatório final.

Posteriormente a análise dos questionários foi realizada a leitura e categorização dos domínios CTSA contemplados no relatório final elaborados pelos alunos. Sendo assim o relatório foi dividido em tópicos para esta análise; tópicos que foram definidos pela docente responsável pela disciplina nas orientações entregues aos estudantes. A Tabela 2 representa a análise dos domínios presentes nas resoluções propostas no relatório pelos discentes.

Tabela 2 - Domínios CTSA presentes na resolução do Relatório Final

	Domínios presentes															
	Grupo 1				Grupo 2				Grupo 3				Grupo 4			
Etapas do relatório final	C	T	S	A	C	T	S	A	C	T	S	A	C	T	S	A
Introdução					x		x		x		x	x	x		x	
Justificativa	x	x	X	x	x				x		x	x	x	x	x	x
Metodologia	x				x				x			x	x			
Discussão	x	x	X		x				x		x	x				
Conclusão	x		X	x	x			x	x		x		x		x	x

Fonte: Autoria própria(2022).

Na etapa de **introdução** do relatório final era esperado que os grupos fizessem uma apresentação de forma geral do estudo de caso e revelassem a importância de resolvê-lo, como também destacassem quais os conceitos envolvidos. O grupo 1 não contemplou nenhum domínio CTSA, isso porque introduziram o assunto fazendo uma cópia do próprio caso proposto na disciplina. Já os Grupos 2 e 4 contemplaram domínios CS, destacando a ocorrência de depressão na sociedade, como apresentado nos trechos a seguir.

“[...] a depressão tem sido uma doença recorrente na população mundial, mas ainda há muitos mitos sobre esta doença, onde muitas pessoas julgam como apenas falta de vontade, fingimento, fraqueza e até falta de caráter.” Grupo 2

“A depressão, também conhecida como a doença do século, é uma psicopatologia que está se estabelecendo nos últimos anos com números elevados de casos, e os sintomas são característicos podendo desencadear crises de ansiedade, tristeza profunda, surtos psicóticos, transtornos de humor, transtornos de bipolaridade, alteração no sono, pensamentos suicidas, etc” Grupo 4

Em relação ao domínio ciência é destacado pelo Grupo 2 a realização da síntese que visa menores efeitos colaterais, sendo este o motivo do EC. Já o Grupo 4 destacou as estruturas químicas dos antidepressivos, como mostrado a seguir.

“Esses medicamentos são, comumente, classificados conforme sua estrutura química ou também suas propriedades farmacológicas. A

estrutura cíclica, em forma de anéis de benzeno, demonstra os antidepressivos em dois modos heterocíclicos, os tricíclicos e tetracíclicos. Tem-se os medicamentos antidepressivos classificados de acordo com a ação do fármaco.” Grupo 4

É importante mencionar que o grupo 4 enfatizou o mesmo argumento apresentado no questionário orientador, indicando que essa atividade pode ter contribuído para a tomada de decisão final.

O Grupo 3 com predominância CSA, apresentou o objetivo do EC referindo a síntese para tratamento de depressão, que é de cunho social e apenas lembrando de considerar os princípios da química verde, como descrito no trecho a seguir.

“A meta é sintetizar um composto dentro dos parâmetros da química verde, que possua um baixo custo de produção e que apresente resultados favoráveis ao tratamento do problema, sem influenciar no bom funcionamento do organismo.” Grupo 3

Para a **justificativa** do trabalho apenas o Grupo 2 abrangeu apenas ciência, destacando as pesquisas realizadas pelo grupo que teve como embasamento para síntese de seu medicamento, ou seja, de certa forma não justificaram o porquê estavam realizando este trabalho. Os Grupos 1 e 4 apresentaram todos os domínios CTSA. No que tange a ciência é discutido pelo Grupo 1 a síntese, juntamente com aspectos ambientais, como pode ser observado no trecho abaixo.

“[...] pensando em uma síntese limpa e benéfica, foi realizado um processo que abordasse as seguintes características: seletividade, brevidade (menor número possível de etapas), utilizar solventes e reagentes baratos e disponíveis, não agredir o meio ambiente e ser catalítico sempre que possível.” Grupo 1

É ressaltado pelo Grupo 1 a relevância de utilizar tecnologias alternativas na síntese que sejam mais limpas e seguras para o meio ambiente. Também é frisado a importância de propor um medicamento para o tratamento de depressão, além disso, é válido mencionar que o grupo continua com a generalização que o ácido clorídrico sempre é prejudicial.

“[...] como qualquer outro reagente, este pode causar danos à saúde humana e ao meio ambiente, por isso é relevante estar atento aos cuidados necessários ao utilizá-lo, bem como o seu descarte de forma correta.” Grupo 1

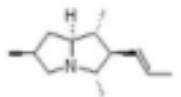
O Grupo 4 apenas justifica de forma breve a proposta da síntese para tratamento da depressão que deve ser realizada de acordo com os reagentes disponíveis, levando em consideração a gestão ambiental e cita que a síntese deve ser testada.

O Grupo 3 utiliza os domínios CSA na justificativa. Entretanto, pode-se perceber que, apenas considera que a síntese deve atender os parâmetros da química verde, contudo não relaciona as escolhas com os aspectos ambientais.

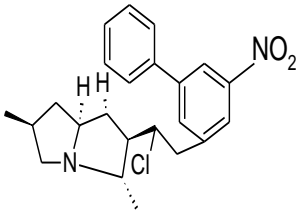
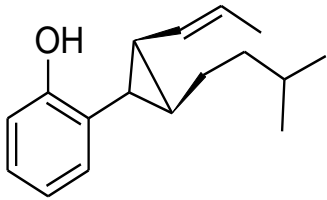
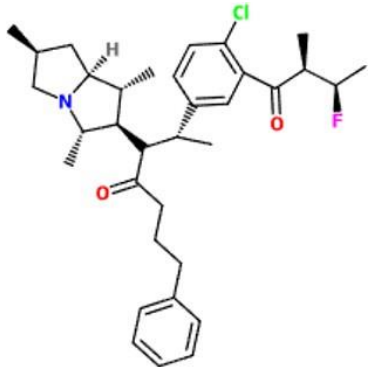
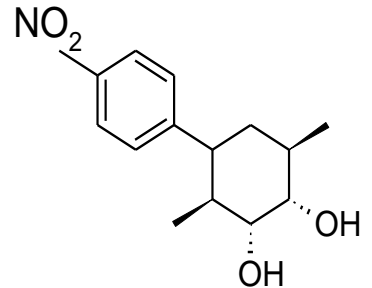
“[...] propor um composto orgânico que apresenta um anel aromático dissubstituído com um substituinte alquila que seja um potencial fármaco para auxiliar no tratamento da depressão, tendo como fundamentos os princípios da química verde na sua síntese”

Em relação a **metodologia**, houve predominância apenas do domínio ciência em todos os Grupos, isso porque descreveram os procedimentos da síntese e quais reagentes utilizariam. Destacamos que os estudantes não estavam formulando um fármaco, mas uma nova molécula que talvez tenha potencial para este fim. Para facilitar a visualização dos procedimentos metodológicos propostos pelos Grupos foi organizado o Quadro 4, com um resumo das principais etapas e a molécula final sintetizada.

Quadro 4 - Metodologia da síntese proposta pelos grupos.²

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
<p>1. Utilizou-se Cl_2 para a realização da halogenação de um alceno (benzeno) para a obtenção de um haleto orgânico;</p> <p>2. Utilizou-se o haleto orgânico obtido na reação anterior para realização de uma reação de alquilação;</p> <p>3. Utilizou-se AlCl_3 como catalisador da reação;</p> <p>4. Utilizou-se HNO_3 para reagir com o alquibenzeno obtido na reação anterior;</p> <p>5. Utilizou-se H_2SO_4 como catalizador da reação;</p> <p>6. Adicionou-se HCl à molécula</p>  <p>para a quebra da dupla ligação</p> <p>7. Reagiu-se o anel aromático</p>	<p>1. Em um béquer foi adicionado $\text{C}_{11}\text{H}_{19}\text{OH}$ e com uma pipeta foi adicionado HCl. Para favorecer a reação, foi adicionado H_2SO_4.</p> <p>2. Separou-se a água do $\text{C}_{11}\text{H}_{19}\text{Cl}$ e adicionou-se FeCl_3.</p> <p>3. Em um tubo de ensaio foi adicionado o carbocátion e em seguida, adicionou-se C_6H_{12}.</p> <p>4. Foi adicionado H_2O</p>	<p>[...] o benzeno foi submetido a três diferentes reações orgânicas, com reagentes e catalisadores específicos para cada reação:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cloração do benzeno; 2. Acilação de Friedel-Crafts; 3. Alquilação de Friedel-Crafts; <p>Reação de adição de ácido clorídrico em alcenos; Reação de substituição em alcanos.</p> <p>Nessa síntese o produto final é constituído por um cloro como substituinte no benzeno, como o cloro é um orientador orto-para, a halogenação deve ser a primeira reação realizada, para que os outros substituintes ocupem as devidas posições na molécula.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar uma reação entre um alceno e um haleto de hidrogênio, resultando assim em um haleto de alquila. 2. O haleto de hidrogênio escolhido foi o ácido bromídrico, pois a nucleofilia, é maior do que no HCl (um dos dois haletos de hidrogênio presentes na lista) 3. Processo de alquilação de Friedel-Crafts, onde os reagentes foram o Haleto de alquila supracitado, um anel aromático e o FeBr_3 que foi usado como catalisador 4. Para finalizar a síntese, optou-se pelo processo de nitração, pois foi observado que em grande parte dos antidepressivos há a presença de substâncias nitrogenadas. Utilizou o ácido sulfúrico como catalisador, de forma a gerar o íon nitrônio,

² Destacamos que podem ser encontrados vários erros conceituais nas propostas apresentadas no Quadro 4. Entretanto, esses erros foram discutidos durante as apresentações orais (atividade desenvolvida na disciplina, mas que não foi contemplada na análise deste trabalho).

<p>dissubstituído com o produto da reação anterior;</p> <p>Molécula final:</p> 	<p>Molécula final:</p> 	<p>Molécula Final</p> 	<p>necessário para que o processo de nitração inicie.</p> <p>Molécula final:</p> 
--	---	---	--

Fonte: Autoria própria(2022).

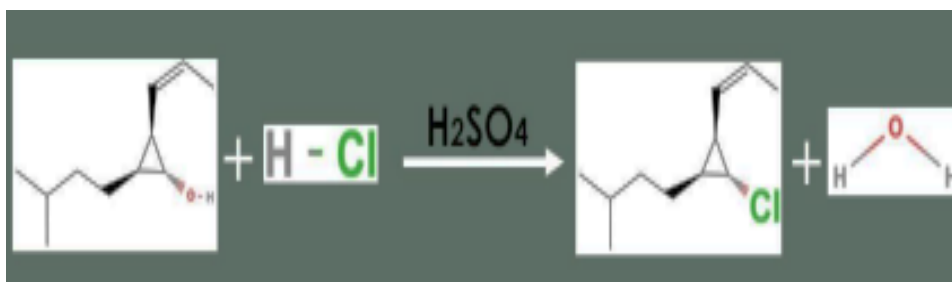
Ressaltamos ainda que o Grupo 3, além da ciência, destaca a questão ambiental na metodologia, mas não detalha as suas escolhas relacionando com as questões ambientais, como destacado no trecho a seguir.

“Ao final desta síntese deve ser levado em consideração todos os produtos formados ao longo dos processos, assim como os catalisadores e as condições necessárias para cada reação, para que esses e outros parâmetros da química verde sejam atendidos.” Grupo 3

Em relação a **discussão**, o Grupo 4 não apresentou este tópico. O Grupo 2 apenas discutiu considerando a ciência, porém como podemos observar no recorte da resolução abaixo, houveram equívocos na reação, pois era esperado uma adição do HCl nos carbonos sp^2 da molécula disponibilizada e não uma reação de substituição do grupo OH, característico de um álcool) pelo cloro. Assim como também a fórmula molecular do produto ($C_{17}H_{26}OH$) encontra-se errada (Figura 3). No questionário orientador o Grupo 4 também apresentou reações equivocadas, contudo, como não houve um feedback do questionário, o Grupo não pôde refletir sobre as propostas das reações a partir de orientações/ações desenvolvidas no âmbito das aulas/lives. Como os erros não foram detectados pela professora ao longo do processo de resolução do caso (entre o questionário orientador e o relatório final), este não teve oportunidades de adequar suas aulas de acordo com as dificuldades de seus alunos e assim possibilitar o estudante a corrigir e refletir sobre seus erros (NOGARO; GRANELLA, 2004). Destacando que durante a apresentação oral vários erros foram comentados e discutidos.

“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. Essa reação foi necessária para produzir um reagente usado posteriormente para realização da alquilação.” Grupo 4

Figura 3 – Equação química proposta pelo Grupo 4 para a síntese



O Grupo 1, apresentou domínios CTS em sua discussão tendo maior predominância de Ciência. O recorte a seguir detalha um pouco do que propuseram.

“[...] foi feita uma reação de halogenação de um alceno (benzeno), para a obtenção do haleto orgânico necessário para a realização da alquilação, pois não havia um grupo CH_3 - HALETO disponível no laboratório. Durante esse processo de halogenação, necessitou-se da presença de um ácido de Lewis (Cl_2).” Grupo 1

É nítido, mais uma vez, a presença de entendimento errôneo, pois o benzeno não é um alceno, e o ácido de Lewis mencionado no trecho seria o FeCl_3 e não o Cl_2 . É importante pontuar a falta de feedback, da professora e licenciandas que estavam acompanhando as ações, ao questionário orientador, o qual poderia intervir nessas confusões conceituais, ou também, até mesmo na atitude do aluno em questionar a docente da disciplina sobre suas dúvidas. Ressaltamos também que o grupo apenas citou, sem detalhamento, que deveria realizar testes da síntese para ser utilizado como um fármaco para tratamento de depressão.

O Grupo 3 não discutiu sobre as reações especificamente, isto foi realizado na etapa da metodologia, mas abrangeu o domínio sociedade quando apresentou o custo do medicamento; o ambiente ao mencionar que a síntese foi pensada na química verde e o domínio ciência, ao explicar a utilização de compostos aromáticos, como destacado a seguir.

“Nessa síntese, compostos aromáticos foram usados como reagentes, uma vez que realizam ressonância, aumentando sua estabilidade. Assim como átomos de flúor, cloro, oxigênio e nitrogênio presente em sua estrutura, que em conjunto com os anéis aromáticos desempenham a função antidepressiva.” Grupo 3

Por fim, na última etapa do relatório a **conclusão**, os Grupos 1, 2 e 4 apenas citaram que a síntese buscou respeitar os princípios da química verde, sem muitos detalhes, indicando a presença do ambiente. Os Grupos 1, 3 e 4 contemplaram o domínio sociedade; Grupos 3 e 4, apenas retratam que o medicamento proposto visa ser eficaz para o tratamento de depressão; e o Grupo 1 faz uma afirmação como demonstrada no trecho a seguir, que sua proposta de medicamento é melhor quando comparada aos outros, contudo não se pode afirmar, já que a síntese não foi devidamente colocada em prática e testada.

“[...] foi possível obter um novo medicamento que gera mais benefícios para o tratamento de depressão que os remédios já existentes.” Grupo 1

Em relação a Ciência os grupos enfatizaram que foi possível realizar a síntese. O Grupo 2 destaca que foi possível realizar a síntese de um benzeno dissubstituído; o Grupo 1, 3 e 4 retrata sobre a proposta do medicamento com menores efeitos colaterais.

De forma geral, relacionando o questionário orientador e o relatório final, os grupos consideraram alguns aspectos para suas escolhas, como os princípios da química verde envolvendo o domínio ambiente, mas não discorreram com detalhes sobre estas relações. Como também sabem da importância de realizar testes (domínio tecnologia), mas não detalharam com maior precisão como seriam estes testes. Acreditamos que a narrativa e solicitação apresentada no próprio caso podem ter influenciado a presença e abrangência dos domínios CTSA nos textos dos alunos, visto que, é enfatizada a depressão e a necessidade em propor a síntese de uma nova molécula. Por esse motivo os domínios ciência e sociedade foram mais exaltados na resolução do questionário orientador e no relatório final. Outro detalhe importante, que pode ter influenciado nas resoluções, é o fato da docente e licenciandas que estavam acompanhando não ter chamado a atenção dos alunos para detalhar suas escolhas, explicando todos os procedimentos. O detalhamento dos procedimentos e argumentação da resolução pode parecer corriqueiro para quem está aplicando o EC, porém os alunos podem ter dificuldade de perceber sua necessidade já que estavam participando de um EC pela primeira vez em sua jornada escolar.

É importante planejar atividades que permitam acompanhar todo o processo de resolução do caso possibilitando que o docente perceba as dificuldades dos estudantes e insira feedbacks e questões reflexivas para orientá-los.

4.5 Combinações dos domínios CTSA presentes nas resoluções propostas do questionário orientador e relatório final

Após as análises dos domínios CTSA presentes nas resoluções do questionário orientador e relatório final, apresentadas nas Tabelas 1 e 2, foi realizada as combinações dos domínios com o objetivo de verificar a complexidade das respostas. Os dados foram organizados nas Tabelas 3 e 4, lembrando que D1 (representa um domínio), D2 (combinação de dois domínios), D3 (combinação de três domínios) e D4 (os quatro domínios contemplados).

Tabela 3– Combinação dos domínios CTSA presentes nas respostas ao Questionário Orientador

		Complexidade dos domínios presentes			
Etapas da Tomada de decisão	Perguntas	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Identificação do problema	1	D4	D3	D2	D2
Produção de critérios	1	--	D2	D2	D2
	2	D1	D2	D2	D1
	3	D1	D1	D1	D1
	4	D1	D1	D1	D1
	5	D2	D1	D2	D1
	6	D2	D2	D1	D2
	7	D1	D2	D2	D2
Geração de alternativas	1	D1	D3	D3	D3
	2	D2	D1	D1	D1
Avaliação das alternativas	1	D1	D2	D3	D2
	2	D4	D2	D4	D2
Escolha da solução	1	D3	D2	D3	D1
	2	D4	D2	D4	D2
Ação	1	D3	D3	D4	D3

Fonte: Autoria própria (2022).

Tabela 4– Combinação dos domínios CTSA presentes nas resoluções apresentadas no Relatório Final

Complexidade dos domínios presentes				
Etapas do relatório final	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Introdução	--	D2	D3	D2
Justificativa	D4	D1	D3	D4
Metodologia	D1	D1	D2	D1
Discussões	D3	D1	D3	
Conclusões	D3	D2	D2	D3

Fonte: Autoria própria (2022).

De modo geral observamos uma variação dos níveis de complexidade nas respostas ao questionário orientador e nas resoluções apresentadas no relatório final. Os grupos alternaram entre D1 a D4 considerando a mesma etapa. E cada grupo também alternou seus níveis de complexidade considerando as diferentes etapas. Destacando que os grupos 2 e 4 não

contemplaram D4 (alta complexidade) em nenhum momento do questionário orientador. E no relatório final os grupos 2 e 3 não apresentaram todos os domínios CTSA em nenhuma etapa.

Especificamente observando a Tabela 3, na **identificação do problema**, os grupos conseguiram contemplar domínios acima de D2; o Grupo 1 combinando os quatro domínios, o grupo 2 domínio D3 e os grupos 3 e 4, domínio D2. A presença de dois ou mais domínios nesta etapa pode ter ocorrido pelo fato dos alunos terem feito um apanhado da narrativa identificando todos (ou vários) aspectos que culminaram no EC.

A etapa de **produção de critérios** envolvia questões diretas, visto isso, é perceptível que os grupos contemplaram domínios entre D1 e D2; quando a pergunta era direcionada a alguma questão mais específica como: social, econômico, ambiental, os alunos não consideraram todos os aspectos CTSA. Portanto, a baixa complexidade das respostas pode estar relacionada à etapa específica do Modelo de Kortland.

Na **geração de alternativas**, para a primeira pergunta o Grupo 1, trouxe apenas um domínio, enquanto os Grupos 2, 3 e 4 relacionaram domínios D3. Já na segunda pergunta o Grupo 1 abrangeu dois domínios e os outros grupos apenas um dos domínios CTSA. Portanto nesta etapa as respostas ficaram entre baixa e média complexidade.

Para a **avaliação de alternativas**, tivemos para a primeira pergunta, o Grupo 1 contemplando domínio D1, os Grupos 2 e 4 domínios D3, e o Grupo 3, domínio D2. E na segunda pergunta os Grupos 1 e 3, abordaram os quatro domínios e os grupos 2 e 3 apenas dois domínios. Portanto, nesta etapa houve uma variação de respostas de baixa e alta complexidade.

Na **escolha da solução**, os Grupos 1 e 3, apresentaram D3, enquanto os Grupos 2 e 4, enfatizaram domínios D2 e D1 respectivamente, isso para a primeira pergunta. Já na segunda pergunta desta etapa, ocorreu D4 nos grupos 1 e 3, e D2 nos grupos 2 e 4. Nesta etapa a variação de complexidade também envolveu todos os níveis.

Na última etapa de **ação**, os grupos 1, 2 e 4 contemplaram três domínios e no Grupo 3, todos os domínios foram alcançados. Indicando que para a ação o nível de complexidade tende a ser mais alto.

Ao observar a Tabela 4, na **introdução** os Grupos 2 e 4, contemplaram a combinação de dois domínios e o Grupo 3 (D3), enquanto o Grupo 1 não apresentou uma introdução, já que fizeram uma cópia do caso. Os grupos tiveram a oportunidade de abranger os quatro domínios nesta etapa, apresentando e problematizando o problema, como também enaltecendo a sua importância.

Pode-se perceber que pouco houve a contemplação dos quatro domínios, apenas na **Justificativa** pelos grupos 1 e 4 que apresentaram em conjunto aspectos CTSA, os Grupos 2 e 3, abrangeram D2 e D3, respectivamente.

Em relação a **metodologia**, nos Grupos 1, 2 e 4 houve predomínio de domínio D1, isso porque discorreram apenas sobre ciência destacando os procedimentos. E o Grupo 3 relacionou dois aspectos CTSA, ou seja, combinação D2.

Na etapa de **discussão**, considerada muito importante, a qual os alunos poderiam descrever detalhadamente todas as etapas da síntese, não ocorreu D4 com alta complexidade. Os Grupos 1 e 3 apresentaram três domínios e o Grupo 4 não expôs uma discussão no relatório. A presença de três domínios já pode ser considerada de grande relevância, mas pelas análises anteriores percebemos apenas citações relacionadas à tecnologia e ambiente, sem argumentações mais profícuas. Tal fato pode ter ocorrido porque os alunos estavam participando pela primeira vez do desenvolvimento de um EC e tiveram maior autonomia para a escrita do relatório, não houve perguntas ou ações para direcionamento.

No item **conclusão** houve combinação D2, por parte dos Grupos 2 e 3, e D3 pelos Grupos 1 e 4. Era um fragmento do relatório em que os estudantes poderiam fazer um resumo das principais etapas da síntese e apresentar considerações finais, dessa maneira, era possível contemplar os quatro domínios CTSA.

Inferimos que as análises das combinações dos domínios CTSA para as etapas do Modelo de Kortland e relatório final parecem promissoras no sentido de auxiliar os docentes na identificação de lacunas que precisam/poderiam ser abordadas durante a resolução do caso. Entretanto não encontramos outro trabalho na literatura que realizou análise semelhante, o que poderia corroborar ou não com as inferências acima citadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados obtidos neste trabalho, é perceptível que os grupos conseguiram relacionar os domínios CTSA ao proporem soluções para o caso. Em alguns momentos abordaram apenas um domínio, enquanto em outros ocorreram a combinação de dois, três e até mesmo a presença dos quatro domínios indicando respostas de alta complexidade. É importante enfatizar que em etapas específicas do questionário orientador, baseado em Kortland, as perguntas eram mais diretas, envolvendo um dos domínios, por isso os grupos abrangeram apenas um domínio em sua resposta. Destacamos também uma predominância

dos domínios ciência e sociedade na narrativa do caso, o que pode ter influenciado nas respostas ao questionário orientador e relatório final.

Ainda de acordo com as resoluções propostas, pudemos constatar que os grupos desenvolveram diversas habilidades, como: autonomia, pesquisa, escrita e argumentação. Essas ficam evidentes em algumas de suas respostas, quando propõe a abordagem de alguns conceitos não trabalhados na disciplina, em que tiveram autonomia para pesquisarem, sendo ativos neste processo.

Também é de significância enaltecer que, apesar dos erros conceituais apresentados pelos grupos, inferimos que a metodologia de ensino abordada contribuiu para a construção de conhecimento dos alunos, como também para sua formação crítica. Uma vez que puderam perceber a aplicação de conceitos químicos em situações problemas do cotidiano e, além disso, não visar apenas à ciência, mas também considerar em como ela pode influenciar na sociedade e no ambiente.

Salientamos ainda, que o erro é fundamental para a construção de conhecimentos, e, é necessário o professor conseguir identificá-lo e discutir com seus alunos, a fim de sanar suas dúvidas. Nas atividades planejadas para o EC na disciplina, não houve esse momento ao longo do processo, ficando mais restrito a apresentação oral. Porém quando os alunos entregaram o questionário orientador, seria um momento promissor para o docente fazer uma leitura das respostas, identificar os erros e propor ações envolvendo as atividades da disciplina.

Desenvolver e utilizar a metodologia de ensino EC, propondo uma abordagem contextualizada e problematizadora, requer tempo, tanto da parte do docente, agindo na elaboração do caso e acompanhamento de sua resolução, como para a resolução do caso, por parte dos alunos. Acreditamos que alguns pontos podem ter influenciado a resolução do caso, durante o semestre, como o fato da carga horária da disciplina ser reduzida em função do ensino remoto e o número de alunos elevado por turma, dificultando o acompanhamento. O desenvolvimento das aulas on-line também tiveram baixa adesão dos estudantes.

Podemos concluir a partir deste trabalho que alguns aspectos devem ser revisitados, como a necessidade do feedback das atividades dos alunos para que possam corrigir seus possíveis erros. Adicionalmente, uma possível readaptação do questionário orientador, já que algumas perguntas remetem de forma direta a apenas um aspecto CTSA; faz-se necessário também colocar melhores instruções no relatório final. Ainda, propor a readaptação da narrativa do caso, deixando aspectos ambientais e tecnológicos mais explícitos no texto.

Por fim, este trabalho contribuiu para uma melhor e mais ampla visão como futura professora em propor abordagens e metodologias de ensino que possam contribuir para a transformação da sociedade, saindo totalmente da zona de conforto quando é discutido apenas ciências em salas de aulas.

6. REFERÊNCIAS

AKAHOSHI, L. H. Uma Análise de Materiais Instrucionais com Enfoque CTSA Produzidos por Professores em um Curso de Formação Continuada. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

AKAHOSHI, L. H; SOUZA, F. L; MARCONDES, M. E. R. Enfoque CTSA em materiais instrucionais produzido por professores de química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 3, 2018.

BARDIN, L. Análise de conteúdo 4ª ed. Lisboa: Edições, v. 70, p. 1977, 2011.

CARVALHO, A. M. P. de.; OLIVEIRA, C. M. A. de.; SCARPA, D. L.; SASSEROM, L. H.; SEDANO, L.; SILVA, M. B.; CAPECCHI, M. C. V. de M.; ABIB, M. L. V. dos.; BRICCIA, V. Ensino de ciências por investigação. Condições para implementação em sala de aula. 2013.

COTTA, J. A. de O.; GOMES, B. M.; ANDRADE, F. L. de S.; FIGUEIREIDO, G. C. N.; DE SOUZA, G. K. F.; LINHARES, I. L.; GOMES, J. D.; SANTOS, J. M. B. dos; GOMES, L. A.; CARMO, N. H. do; DE MELO, P. E. S.; SANTOS, P. H. F. dos; CARNEIRO, R. P. de C.; TORRES, R. Q. Q. de F. Kineticandelectrochemistryteaching-learningusing experimental activities: case study in highereducation. **Research, Society andDevelopment**, [S. l.], v. 9, n. 2, 2020.

FERNANDES, C. G.; SOUZA, J.A.; SUART, R. C.; THOMASI, S. S. Estudo de Caso como Estratégia para Desenvolver o Pensamento Crítico em Licenciandos em Química. In: XII ENPEC, Natal. Anais do XII ENPEC, 2019.

GIFFONI, J. de S.; BARROSO, M. C. da S.; SAMPAIO, C. de G. Aprendizagem significativa no ensino de Química: uma abordagem ciência, tecnologia e sociedade. **Research, Society andDevelopment**, v.9, n.6, 2020.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de empresas**, v. 35, p. 20-29, 1995.

HALMENSCHLAGER, K. R. Abordagem temática no ensino de ciências: algumas possibilidades. **Vivências: revista eletrônica de extensão da URI**, v.7, n.13, p.10-21, 2011.

HERREID, C. F. What's makes a good case? **JournalofCollege Science Teaching**, v.27, n.3, 1998.

HOFSTEIN, A.; AIKENHEAD, G; RIQUEARTS, K. Discussions over STS atthefourth IOSTE symposium. **International Journal of Science Education**, v.10, n.4, p.357-66, 1988.

KORTLAND, K. An STS case study about students' decision making on the waste issue. **Science Education**, v.80, n.6, p.673-689, 1996.

LATINI, R. M.; SANTOS, M. B. P.; CANESIN, F. P.; COTELO, P. F. S. M. A Abordagem Ciência- Tecnologia-Sociedade no Ensino de Química. **Revista Práxis**, n.10, p.11-19, dez. 2013.

LENARDÃO, E. J; FREITAG, R. A; DABDOUB, M. J; BATISTA, A. C. F; SILVEIRA, C. da C. " Green chemistry": os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Química Nova**, v.26, p.123-129, 2003.

LIMA, M. F. A. de. Uso da Química Verde com enfoque em ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (CTSA) nas aulas de Química Ambiental. 2017.

MACEDO, A. N. de; ALMEIDA, M. R.; QUADROS, A. L. de. Carbonato de cálcio ou cálcio quelado? Elucidando essa dúvida por meio de estudo de caso. **Química Nova**, v.44, p.659-666, 2021.

MARCONDES, M. E. R; PAULINO, A. C. de A; SOUZA, F. L de; JUNIOR, J. B. dos S; AKAHOSHI, L. H; VACILOTO, N. C. N; PEREIRA, T. I. A. Analisando materiais didáticos com enfoque CTSA produzidos por professores de Química do Ensino Médio. **Indagatio Didactica**, v.12, n.4, 2020.

MIKOVSKI, D; BASSO, J. da S, P; RIBAS, J. L. C. Química Medicinal E A Sua Importância No Desenvolvimento De Novos Fármacos. **Revista Saúde e Desenvolvimento**, v.12, n.13, p.29-43, 2018.

MORAES, R. **Análise de conteúdo**. Revista Educação, Porto Alegre, v.22, n.37, p.7- 32, 1999.

MORENO, R. A.; MORENO, D. H.; SOARES, M. B. de M. Psicofarmacologia de antidepressivos. **Brazilian Journal of Psychiatry**, v.21, p.24-40, 1999.

NOGARO, A.; GRANELLA, E. O erro no processo de ensino e aprendizagem. **Revista de Ciências Humanas**, v.5, n.5, p.31-56, 2004.

OLIVEIRA, A. M. de. Concepções alternativas de estudantes do ensino médio sobre ácidos e bases: um estudo de caso. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

OLIVEIRA, C. M. A. de. **Do discurso oral ao texto escrito nas aulas de ciências**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2009.

PASSOS, K. dos; CAMPO, L. F; DANIEL, D. P; LIMA, F. S. C. de; PASSOS, C. G. O tema carboidratos através da metodologia de estudos de caso: desenvolvimento de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. **Química Nova**, v.41, p.1209-1217, 2018.

PAZINATO, M. S. BRAIBANTE, H. T. S.; BRAIBANTE, M. E. F. TREVISAN, M. C; SILVA, G. S. Uma abordagem diferenciada para o ensino de funções orgânicas através da temática medicamentos. **Química Nova na Escola**, v.34, n.1, p.21-25, 2012.

QUEIROZ, E. L. S.; CONRADO, D. M.; SILVA, E. L. da. Relações CTSA em discussões de licenciandos de Biologia sobre uma Questão Sociocientífica. **IndagatioDidactica**, v.11, n. 2, p.463-480, 2019.

RICARDO, E. C. Educação CTSA: obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar. **Ciência & Ensino**, v.1, 2007.

SÁ, L. P. **A argumentação no ensino superior de química: investigando uma atividade fundamentada em estudos de casos**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

SÁ, L. P. Estudo de Casos na Promoção da Argumentação sobre Questões Sócio-Científicas no Ensino Superior de Química. Tese de Doutorado (Doutorado em Ciências). Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de caso em química. **Química Nova**, v.30, n.3, p.731-739, 2007.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. **Estudo de Casos no Ensino de Química**. 2. ed. Campinas: Átomo, 2010.

SANTOS, P. R. dos. O Ensino de Ciências e a idéia de cidadania. **Mirandum**. Ano X, n.17 2006.

SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**. Bauru, v.7, p.95-111, 2001.

SANTOS, W.L.P.; MORTIMER, E.F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia– Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v.2, n. 2, p.110-132, 2002.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. Análise de conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos. **Qualitas Revista Eletrônica**, v.16, n.1, 2015.

SILVA, D. G.; LEAL, V. L.; CANDURI, F.; QUEIROZ, S. L. Modelo de Tomada de Decisão de Kortland no Delineamento de Atividade Didática para o Ensino de Bioquímica. **Revista de Graduação USP**, v.1, n.2, p.89-93, 2016.

TOLENTINO, N. M. C.; FOREZI, L. S. M. Ácido Clorídrico. **Revista Virtual de Química**, v.6, n.4, p.1130-1138, 2014.

VACIOTO, N. C. N; PEREIRA, T. I. A; AKAHOSHI, L. H; MARCONDES, M. E. R. . Contextualização e CTSA no Ensino de Química: compreensão e propostas de professores. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Natal, RN: ABRAPEC. Anais do XII ENPEC, 2019.

ZUCCO, C.; PESSINE, F. B. T; ANDRADE, J. B. de. Diretrizes curriculares para os cursos de química. **Química Nova**, v.22, n.3, p.454-461, 1999.

APÊNDICE I – 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 recomendada 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 à 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 dos medicamentos usados no tratamento da doença, e o questionou sobre a possibilidade de sintetizar algum fármaco com menores efeitos colaterais.

Em resposta ao e-mail de Lívia, seu orientador entusiasmado com o assunto, fez a seguinte proposta:

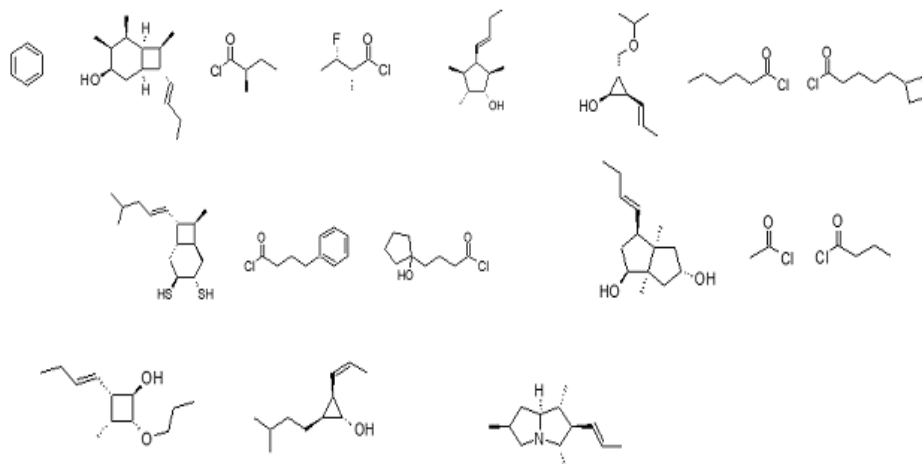
*– Lívia, eu estou iniciando uma linha de pesquisa em síntese de fármacos, já fiz uma vasta pesquisa bibliográfica e participei de congressos que relatam a ação de compostos aromáticos dissustituídos contendo grupo alquila como potenciais fármacos. Tenho alguns reagentes no laboratório no qual podem ser utilizados **para sintetizarmos novas moléculas, para serem testadas como possíveis fármacos para o tratamento.** Caso tenhamos sucesso na obtenção de tais moléculas, podemos buscar uma parceria com fabricantes de fármacos para realização dos testes biológicos, a fim de verificarmos a eficácia e os efeitos colaterais dos mesmos. Assim, eu proponho que montemos um núcleo de estudos com você e os seus colegas do curso, para realiza reuniões virtuais e discutir algumas referências relacionadas a medicamentos para auxiliar na síntese de novas moléculas. Lembrando que é importante pensar nos princípios da química verde.*

Lívia, assim como seus colegas de curso, ficaram muito satisfeitos com a proposta do núcleo e, depois de confirmada a parceria entre os estudantes e o professor orientador, iniciaram as pesquisas.

Vocês serão os estudantes participantes deste núcleo de estudos e serão responsáveis, assim como Lívia, por propor uma síntese de novos compostos aromáticos dissustituídos, que serão testados, posteriormente, contra a depressão. Lembre-se de argumentar sobre as escolhas realizadas.

Reagentes disponíveis no Laboratório

H₂O AlCl₃ HBr H₂SO₄ HCl FeBr₃ NaCl Br₂ HNO₃ Cl₂ FeCl₃



APÊNDICE II

Guia para análise e solução do Caso³

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?

³ Baseado em Sá e Queiroz (2010)

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

Nomes dos membros do grupo

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.