

# Uma trajetória de aprendizagem de conceitos introdutórios de química orgânica por meio da resolução de problemas

## RESUMO

**Fabiele Cristiane Dias Broietti**  
[fabieledias@uel.br](mailto:fabieledias@uel.br)  
[orcid.org/0000-0002-0638-3036](https://orcid.org/0000-0002-0638-3036)  
Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil

**Jeferson Ferreti Ribas**  
[jferretribas@gmail.com](mailto:jferretribas@gmail.com)  
[orcid.org/0000-0001-8840-2108](https://orcid.org/0000-0001-8840-2108)  
Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil

**Natany Dayani de Souza Assai**  
[natanyassai@gmail.com](mailto:natanyassai@gmail.com)  
[orcid.org/0000-0002-0851-9187](https://orcid.org/0000-0002-0851-9187)  
Universidade Federal Fluminense (UFF), Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil

**Daniella Jeniffer Almeida Pinheiro**  
[da.nie.la@hotmail.com](mailto:da.nie.la@hotmail.com)  
[orcid.org/0000-0002-9009-0788](https://orcid.org/0000-0002-9009-0788)  
Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, Paraná, Brasil

Neste artigo são apresentados resultados de uma Trajetória Hipotética de Aprendizagem (THA) elaborada e desenvolvida para o ensino de conceitos introdutórios da Química Orgânica. A THA, composta por três situações-problemas, foi desenvolvida em uma turma da 3ª Série do Ensino Médio de uma escola pública. Os dados analisados, provenientes de notas de campo, transcrições das gravações das aulas e materiais produzidos pelos estudantes durante o desenvolvimento da THA, foram analisados à luz dos procedimentos da Análise de Conteúdo. Inicialmente foram analisadas as respostas dos estudantes para os três problemas propostos e, na sequência, as aproximações entre a trajetória elaborada e a trajetória real desenvolvida em sala de aula. Para a primeira etapa, verificou-se que os estudantes do Ensino Médio possuíam noções prévias referentes às situações propostas. No que diz respeito à segunda etapa, verificou-se que os objetivos de aprendizagem foram atingidos, evidenciados pela aproximação das situações presentes na trajetória real e o caminho indicado pela THA planejada. Argumenta-se que as atividades elaboradas sob os pressupostos da Resolução de Problemas favoreceram a participação ativa dos estudantes na condução das trajetórias. Diante disso, ressalta-se a importância da THA como atividade potencial para o professor planejar, executar e replanejar a sua aula, destacando-a como uma ferramenta de planejamento para o docente prever uma situação hipotética de forma detalhada relacionada aos seus objetivos de ensino.

**PALAVRAS-CHAVE:** Trajetória de Aprendizagem. Cadeias Carbônicas. Química. Resolução de Problemas.

## INTRODUÇÃO

Pesquisas realizadas na área da Didática das Ciências concebem a ideia de empregar estratégias de ensino baseadas em processos investigativos (CARVALHO, 2013; VEIGA, 2015) como uma das formas para superar dificuldades de aprendizagem de conteúdos científicos, advindos da fragmentação do estudo, os quais são trabalhados de maneira desarticulada e distanciada do contexto de vida dos estudantes e professores (SCHNETZLER, 2002).

Carvalho (2013) salienta, ainda, a necessidade em utilizar procedimentos de investigação baseados na problematização, privilegiando a participação ativa dos alunos para a construção de seu conhecimento e o papel do professor como mediador no processo de aprendizagem.

Simon (1995, p. 119, tradução nossa) argumenta que “muitas das responsabilidades do professor envolvem o planejamento de suas aulas”, defendendo um plano de atividades pautado em uma visão construtivista<sup>1</sup> da aprendizagem. De acordo com essa ideia, os estudantes devem ter voz nesse processo, ou seja, devem ter liberdade para responder a uma situação com base em seus conhecimentos prévios e, em meio a isso, mediados pelo docente, ampliar seu repertório de conhecimentos.

Neste artigo são apresentados resultados de uma Trajetória Hipotética de Aprendizagem (THA) elaborada e desenvolvida, em uma turma da 3ª Série do Ensino Médio, para o ensino de conceitos introdutórios da Química Orgânica, mais especificamente o tópico de Classificações de Cadeias Carbônicas. A escolha por este tópico respalda-se por estudos já realizados que apontam lacunas na aprendizagem de conceitos envolvidos na Química Orgânica.

Afonso, Sousa e Sá (2015) ressaltam que a metodologia utilizada pelo professor para abordar estes conceitos pode proporcionar dificuldades à medida que torna o conteúdo “desinteressante”. Silva, Moreira e Carvalho (2003) reforçam essa ideia ao retratarem que a metodologia empregada nos conteúdos iniciais de Química Orgânica reflete uma excessiva memorização em detrimento de uma compreensão, o que ocasiona uma rejeição por parte dos estudantes.

Diante disso, Diniz Júnior e Silva (2016) sugerem mudanças no ensino desses conteúdos, em que pese o desenvolvimento da compreensão de conceitos químicos inter-relacionando-os com questões de caráter científico, permeando os eixos social, ambiental e tecnológico.

Nesse sentido, o presente estudo apresenta resultados da implementação de uma Trajetória Hipotética de Aprendizagem (THA) elaborada e desenvolvida para o ensino de conceitos introdutórios da Química Orgânica.

A seguir, são apresentadas as perspectivas da Trajetória Hipotética de Aprendizagem e da Resolução de Problemas; o contexto da investigação, os procedimentos metodológicos, bem como os resultados e algumas considerações a respeito deste estudo.

## **TRAJETÓRIA HIPOTÉTICA DE APRENDIZAGEM E A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES**

A noção de Trajetória Hipotética de Aprendizagem (THA) foi originalmente proposta por Simon (1995) como um modelo de ensino para conteúdos da Matemática, constituída por uma rota imaginada a ser percorrida pelo aluno, que possibilita ao professor visualizar, no ato do planejamento de ensino, quais conteúdos e como desenvolvê-lo em sala de aula (FELIX; CACIOLATO; SANTOS, 2017).

Trata-se de uma previsão do professor como um caminho pelo qual a aprendizagem pode ocorrer. “É hipotético porque a trajetória real de aprendizagem não é conhecida previamente” (SIMON, 1995, p. 135, tradução nossa). Uma THA é constituída por três elementos centrais:

- Um esquema do conteúdo/conceito que pode ser trabalhado/ensinado;
- Uma trajetória de ensino, contendo a sequência de atividades/tarefas propostas relacionadas às intenções de cada uma dessas atividades;
- E uma trajetória de aprendizagem, que proporciona uma visão geral do processo de aprendizagem dos alunos (Adaptado de FELIX; CACIOLATO; SANTOS, 2017).

A etapa inicial perpassa pela escolha do conteúdo ou conceitos a serem trabalhados na trajetória, os quais determinam o objetivo do professor com direções definidas para a aprendizagem de seus alunos. Para elaborar a THA, o professor mobiliza os objetivos de ensino de acordo com o conteúdo/conceito científico a ser abordado, direcionando-o na escolha da(s) atividade(s) de ensino a ser trabalhada com os estudantes.

A partir disso, o professor realiza uma suposição de como o pensamento e o entendimento dos discentes serão colocados em ação no contexto de aprendizagem por meio de diálogos com o docente em uma trajetória hipotética de encaminhamento da aula. Este último elemento refere-se à uma descrição detalhada da evolução dos conceitos envolvidos em cada atividade/tarefa proposta, levando em consideração os possíveis conhecimentos prévios apresentados pelos estudantes. Tal fato atribui o termo “hipotético” à proposta da THA.

Entende-se que uma trajetória bem elaborada depende dos saberes profissionais (docentes) que o professor mobiliza e como contempla a inter-relação entre os três elementos centrais da THA. Mendonça (2011) considera que desenvolver uma THA não constitui uma tarefa simples, uma vez que além das hipóteses do professor sobre o conhecimento dos alunos, é importante observar outros conhecimentos que interferem no ciclo da aprendizagem.

Simon (1995) destaca que o desenvolvimento de atividades de aprendizagem e processos de aprendizagens hipotéticas são propiciadas por meio dos domínios de conhecimento, metas, objetivos e teorias de ensino que o professor possui, além de seu conhecimento sobre como os estudantes constroem conhecimentos e sua concepção de ensino e de aprendizagem, saberes provenientes da pesquisa em literatura e/ou da própria experiência docente (PIRES, 2009).

Assim, a etapa de elaboração da THA no que concerne a organização das atividades/tarefas compõe uma fase determinante para o ciclo de aprendizagem.

As atividades devem ser elaboradas pelo professor de forma a permitir que os alunos mobilizem as competências e conhecimentos pretendidos, respeitando a sequencialidade e níveis de dificuldade do conteúdo.

Para tanto, compreende-se que a elaboração das atividades pautada na Resolução de Problemas constitui uma estratégia potencial para subsidiar o desenvolvimento de uma trajetória pelos professores, com vistas à implementação e aprendizagem dos alunos.

No que diz respeito à Resolução de Problemas (RP), Echeverría e Pozo (1998) caracterizam tal abordagem como dotar os alunos da capacidade de aprender a aprender. Constitui em apresentar situações aos estudantes as quais exijam uma atitude ativa ou um esforço para buscar suas próprias respostas acerca do estudo em questão. Dessa forma, os estudantes assumem uma postura ativa na construção do conhecimento, pois necessitam encontrar por si mesmos respostas às perguntas que os inquietam ou que precisam responder, ao invés de esperar uma resposta já elaborada por outros.

A Resolução de Problemas assume protagonismo no currículo de Ciências para além das contribuições do conhecimento conceitual, mas também por possibilitar o desenvolvimento de competências, tais como: aproximar o trabalho escolar do científico; para a formação de cidadãos alfabetizados cientificamente; aumentar a autoestima; aproximar a escola do cotidiano; promover a participação nas aulas; contribuir para melhorar a expressão oral e escrita; ajudar o aluno a se posicionar diante de problemas reais e contextualizados; estimular a criatividade e permitir uma maior integração social (MARTINS; VEIGA, 1999; SOARES; FERNANDES; CAMPOS, 2016).

Assim, mediante alguns estudos, Buriasco (1999 apud SIERRA, 2017) apresenta um protocolo com as etapas de uma aula pautada na metodologia da Resolução de Problemas, diferenciando-a de uma aula considerada tradicional, descrito a seguir:

- 1) O professor apresenta um problema – escolhido por ele ou pelo(s) aluno(s);
- 2) Os alunos tentam resolver o problema com o conhecimento que possuem;
- 3) Quando os alunos encontram algum obstáculo (falta de algum conteúdo necessário para a resolução do problema) o professor apresenta, de alguma forma, esse conteúdo;
- 4) Resolvido o problema, os alunos discutem sua solução, se necessário, com a ajuda do professor. Essa discussão envolve todos os aspectos da resolução do problema, inclusive os do conteúdo necessário;
- 5) O professor apresenta outro problema – escolhido por ele ou pelo(s) aluno(s) (Adaptado de SIERRA, 2017, p. 24).

Nesse sentido, a resolução de um problema deve, necessariamente, possibilitar ao aluno levantar hipóteses para o problema apresentado e suscitar estratégias de resolução, a partir do repertório teórico de que dispõe. Para tanto, o estudante lança mão do domínio de procedimentos e conhecimentos disponíveis, a partir das variáveis e informações presentes no problema. Posteriormente, há uma cuidadosa apreciação da resposta obtida, geralmente coletivamente, em termos de sua viabilidade à situação desenvolvida. Vale ressaltar a importância do professor na mediação.

Com relação ao Ensino de Química, há uma série de pesquisas que utilizam a resolução de problemas, seguindo diferentes vertentes. Medeiros e Goi (2020) apresentam resultados da implementação de problemas com estudantes do Ensino Médio sobre o conteúdo de Substâncias Puras, Misturas e Processos de Separação de Misturas relacionado à Poluição Hídrica. Goi e Santos (2009) utilizam-se do mesmo nível de ensino que Medeiros e Goi (2020), porém, articulam a Resolução de Problemas às atividades experimentais, convergindo no que chamaram de investigação dirigida. A análise de Soares, Fernandes e Campos (2016) identificou dificuldades de licenciandos em Química em trabalhar sob a perspectiva da Resolução de Problemas, principalmente na elaboração do problema, as quais foram minimizadas ao longo das discussões estabelecidas com os acadêmicos.

Nesse sentido, notamos aspectos correspondentes entre a THA e a Resolução de problemas. A elaboração de uma THA inicia-se com uma sequência de atividades ou problemas, objetivos e conceitos pré-definidos. Cada atividade proposta possui uma intenção específica relacionada à trajetória como um todo. Entende-se que a elaboração das atividades constituída por meio de situações-problemas pode favorecer o processamento hipotético do professor e maior participação dos alunos, no que se refere à construção dos conceitos sobre determinado conteúdo, reafirmando a potencialidade da Resolução de Problemas para auxiliar nesse processo. Além disso, por se tratar de um planejamento de aprendizagem baseado no conhecimento atual e o levantamento de hipóteses por parte dos estudantes, a última etapa que consiste em hipotetizar o possível diálogo entre professor e alunos, atua como uma ferramenta para reflexão e projeção do futuro diálogo em sala de aula.

Nesta investigação, a Resolução de Problemas fundamenta-se na apresentação de situações sobre tópicos de Química Orgânica, as quais exigiam dos estudantes uma atitude ativa e um esforço para buscar respostas aos problemas propostos.

## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E O CONTEXTO DE INVESTIGAÇÃO**

A proposta de utilização dos pressupostos da Trajetória Hipotética de Aprendizagem (THA) como ferramenta de organização do ensino, constitui parte de uma das atividades desenvolvidas por licenciados em Química, participantes do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID).

Os resultados que compõem a presente investigação, de natureza qualitativa (BODGAN; BIKLEN, 1994), são oriundos de um processo que ocorreu em duas etapas: a) a elaboração de Trajetórias de Aprendizagem e posteriormente, b) o seu desenvolvimento em sala de aula, como apresentado, a seguir:

### **Elaboração da THA**

Inicialmente, para a elaboração da THA, realizaram-se alguns estudos de referenciais teóricos que fundamentam essa proposta de ensino e, na sequência, foi selecionado o conteúdo químico – Classificações de Cadeias Carbônicas –, especificamente tópicos relacionados à saturação/insaturação, presença ou não de heteroátomos entre átomos de carbono e a presença ou não de ramificações,

conteúdo que estava de acordo com o plano de trabalho do Professor Supervisor. Na continuidade, o grupo elencou os objetivos pretendidos para a aprendizagem dos conceitos químicos e, a partir disso, foram elaboradas 3 situações-problemas e possíveis resoluções. Para cada situação-problema foram descritas as expectativas de aprendizagem e a trajetória hipotética para a sua resolução. Vale ressaltar que, durante os encontros, o grupo discutiu coletivamente sobre as THA com o intuito de aprimorá-las e/ou reelaborá-las, quando necessário.

A seguir, é apresentado o primeiro problema que compõe a THA:

**Quadro 1 – Problema 1**

Em uma consulta médica, José foi alertado que seus níveis de colesterol total estavam muito elevados e, que em função disso, precisava mudar, entre outras coisas, seus hábitos alimentares. O médico sugeriu o consumo de gorduras mais saudáveis, diminuir o consumo de massas e aumentar o consumo de frutas, verduras e legumes. No dia seguinte, José foi ao supermercado e passou por algumas situações. Ao se deparar com azeite e manteiga, José ficou em dúvida de qual seria a melhor escolha. Sabe-se que as gorduras insaturadas ajudam a controlar o “colesterol ruim” (LDL). Abaixo está representada a fórmula estrutural de compostos orgânicos que são encontrados no azeite e na manteiga. Considerando essas informações, qual dos dois produtos, azeite ou manteiga, José deveria escolher?

Molécula A:

CCCCCCCC=CCCCCCCCR

Molécula B:

CCCCCCCCCCCCCCCCR

OBS.: “R” representa o grupo funcional que caracteriza os ácidos carboxílicos.

**Fonte:** Os autores (2020).

Com esse problema, tem-se a intenção de classificar as cadeias carbônicas com relação à presença ou não de insaturações e possibilitar a escolha de produtos alimentícios levando em consideração os benefícios para a saúde. Para solucionar o problema, os alunos devem classificar as cadeias carbônicas das moléculas “A” e “B” de acordo com a sua saturação, ou seja, em insaturada e saturada, respectivamente. Após os estudantes se manifestarem sobre o problema proposto, propõe-se uma discussão com toda a turma. Para esse momento, tem-se a seguinte trajetória hipotética de encaminhamento da aula:

**P (Professor):** “Qual produto vocês acham que José deveria escolher, o azeite ou a manteiga?”

**A (Aluno):** “Eu acho que o azeite.”

**P:** “Por quê?”

**A:** “Porque é mais saudável, a manteiga é mais gordurosa.”

**P:** “Mas por que você considera o azeite mais saudável?”

**A:** “Ah, vi uma reportagem na TV que dizia que o consumo de azeite é melhor para nossa saúde.”

**P:** “E a respeito da informação citada no problema sobre o consumo de produtos que contenham gorduras insaturadas, isso influencia na sua escolha?”

A: “Não sei, mas no texto fala que essa gordura insaturada é melhor, porque diminui o colesterol ruim.”

P: “Então para o José seria melhor consumir um produto que contenha que tipo de gordura?”

A: “Ah, acho que ele deveria consumir um produto que tem a gordura insaturada.”

P: “E analisando as estruturas dos compostos orgânicos “A” e “B” que representam o azeite e a manteiga, vocês observam alguma diferença nelas?”

A: “Tem diferença sim, na estrutura “A” tem uma ligação dupla no meio da cadeia.”

P: “Certo, e na estrutura “B”?”

A: “Nessa estrutura só tem ligações simples”.

P: “Isso! A molécula “B” tem em sua estrutura apenas ligações simples entre átomos de carbono. Será que a diferença nas duas estruturas poderia ser usada para classificar essas cadeias?”

A: “Acho que sim.”

P: “Então, é justamente a presença dessa ligação dupla na estrutura da molécula “A” que a classifica como cadeia insaturada. Cadeias carbônicas insaturadas são aquelas que apresentam dupla ou tripla ligação entre átomos de carbono, podendo apresentar mais de uma ligação dupla ou tripla, ou combinações das duas. Já as cadeias carbônicas que apresentam apenas ligações simples entre átomos de carbono, como a estrutura da molécula “B”, são classificadas como cadeias saturadas (ATKINS; JONES, 2006). Entenderam?”

A: “Sim.”

P: “Bom, pensando no conceito de cadeias carbônicas saturadas e insaturadas, na informação de que gorduras insaturadas ajudam a controlar o colesterol ruim e, aquilo que vocês falaram a respeito do azeite ser uma gordura boa para nossa saúde, qual das estruturas apresentadas, molécula “A” e molécula “B”, é do azeite e qual é da manteiga?”

A: “Considerando que a gordura “boa” para controlar o colesterol ruim tem que ser insaturada e de que o azeite é bom para nossa saúde, esse óleo deve ter moléculas insaturadas, não é? Acho que a molécula “A” é do azeite e a molécula “B” é da manteiga.”

P: “Isso, muito bem. Nesse caso, se considerarmos que José resolveu levar o azeite, podemos afirmar que ele fez a melhor escolha para a sua saúde? Como vocês explicariam a partir do que foi discutido?”

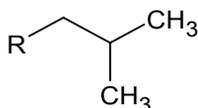
A: “Sim, ele fez a escolha certa, porque na estrutura do azeite tem uma ligação dupla, ou seja, o azeite possui moléculas insaturadas, é uma gordura insaturada, sendo mais saudável quando comparado à manteiga.”

A seguir, é apresentada a THA para a 2ª situação-problema:

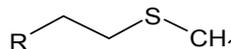
### Quadro 2 – Problema 2

Ainda caminhando pelo mercado, José foi levado à seção de pães pelo cheiro maravilhoso vindo de lá. Sabe-se que a caramelização e algumas reações não enzimáticas ocorridas durante o processo de produção do pão podem originar compostos orgânicos característicos que seriam os responsáveis pelo cheiro que sentimos nas padarias. José ficou intrigado e foi pesquisar as moléculas responsáveis pelo aroma e encontrou duas, representadas abaixo:

Molécula A



Molécula B



OBS.: “R” representa o grupo funcional que caracteriza os aldeídos.

Ao analisar as estruturas das moléculas responsáveis pelo aroma do pão, José teve dificuldade de entendê-las. Como poderíamos ajudá-lo a diferenciar as estruturas das moléculas “A” e “B” de acordo com os elementos químicos que as compõem?

Fonte: Os autores

Com esse problema tem-se a intenção de classificar as cadeias carbônicas com relação à presença ou não de heteroátomos entre átomos de carbono. Uma possível resolução para o problema é analisar as estruturas para ajudar José a diferenciá-las de acordo com os elementos químicos que as compõem, identificando a cadeia carbônica da molécula “A” como homogênea e a cadeia carbônica da molécula “B” como heterogênea. Na continuidade, propõe-se uma discussão com toda a turma. Para esse momento, tem-se a seguinte trajetória hipotética de encaminhamento da aula:

P: “O que vocês acham, será que é possível diferenciar as estruturas a partir dos seus elementos químicos?”

A: “Acho que sim professor!”

P: “Ok! Então, qual seria a diferença entre as estruturas das moléculas “A” e “B”?”

A: “Na primeira, dá para ver que só tem átomos de carbono, hidrogênio e um “R”. Na segunda, tem um “S” perdido no meio da cadeia.”

P: “Olha, o “R” representa o grupo funcional que caracteriza um aldeído. Não se preocupem com isso agora, pois estudaremos em breve. Você falou que na segunda molécula aparece um “S” no meio da cadeia; esse “S” representa o quê?”

A: “O “S” é o enxofre.”

P: “Isso, o “S” é o símbolo do elemento químico enxofre e, nesta molécula, temos um átomo de enxofre ligado a dois átomos de carbono. O átomo de enxofre na cadeia carbônica “B” representa o que chamamos de heteroátomo, ou seja, é um elemento químico diferente de carbono no meio da cadeia carbônica.”

A: “Ah, então podemos ter outros átomos diferentes de carbono e hidrogênio, no meio da cadeia?”

P: “Sim, podemos! Diante disso, como poderíamos usar essa diferença entre as duas cadeias carbônicas para classificá-las?”

A: “Ah professor, na primeira não tem átomos diferentes de carbono e hidrogênio no meio da cadeia, já na segunda tem o enxofre, então as duas moléculas possuem diferentes classificações.”

P: “Isso mesmo. Nesse sentido, essas moléculas podem ser classificadas em heterogênea ou homogênea. Já que a molécula “B” possui um heteroátomo no meio de sua cadeia carbônica, ela pode ser classificada em?”

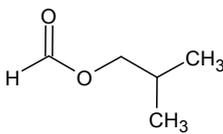
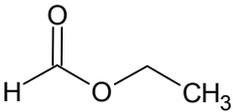
A: “Heterogênea?”

P: “Isso mesmo. A molécula “B” é classificada como heterogênea devido à presença do átomo de enxofre no meio da cadeia carbônica. As cadeias heterogêneas possuem heteroátomo, ou seja, átomo diferente de carbono ligado entre outros átomos de carbono. Além do enxofre, como heteroátomos podemos encontrar o nitrogênio, o oxigênio, entre outros, contanto que esses átomos possuam elétrons suficientes na sua camada de valência para serem compartilhados com os elétrons da camada de valência dos átomos de carbono ao seu redor. As cadeias que não têm essa característica, isto é, que não possuem heteroátomo ligado entre pelo menos dois átomos de carbono, são classificadas como homogêneas, como a molécula “A” (ATKINS; JONES, 2006; BRUCE, 2006)

Na sequência, segue a THA para a 3ª situação-problema:

### Quadro 3 – Problema 3

Antes de ir embora do mercado, José passou pela seção de hortifruti para pegar algumas frutas, já que estas contribuiriam para ele ter uma alimentação mais equilibrada e melhorar seu estado de saúde. É muito comum essa seção ter um cheiro bem característico, proveniente dos aromas encontrados nas frutas. Inclusive, muitos dos compostos químicos responsáveis por esses cheiros podem ser produzidos sinteticamente nas indústrias químicas. As estruturas características de dois aromas estão representadas abaixo, a molécula “A” responsável pelo cheiro do morango, e a molécula “B” responsável pelo cheiro do abacaxi.

<p>Molécula A</p> 	<p>Molécula B</p> 
---	---

Observando as duas estruturas, José conseguiria diferenciá-las de alguma maneira? Como poderíamos ajudá-lo?

Fonte: Os autores

Com esse problema, tem-se a intenção de classificar as cadeias carbônicas com relação à presença ou não de ramificações. Uma possível resolução para o problema seria responder que José conseguiria diferenciar as duas estruturas responsáveis pelo cheiro do morango e do abacaxi, respectivamente, devido à quantidade de carbonos e a presença de ramificação na molécula “A”. Para esse momento, tem-se a seguinte trajetória hipotética de encaminhamento da aula:

P: “O que vocês acham, será que é possível diferenciar as duas cadeias carbônicas de alguma maneira?”

A: “Sim, as duas tem átomo de oxigênio entre dois carbonos, seriam heterogêneas.”

P: “Está certo. Mas nesse caso, temos duas cadeias carbônicas heterogêneas. A questão agora é saber se podemos diferenciá-las e de que maneira isso seria possível.”

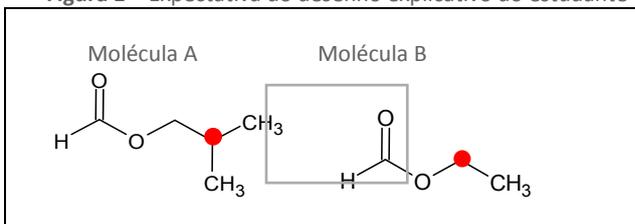
A: “Hum, entendi. Ah, agora eu vi, a molécula “A” tem mais átomos de carbono que a molécula “B”.”

P: “Certo, isso é uma diferença. Mas além disso, observem como esses átomos de carbono estão ligados.”

A: “Na do morango tem um carbono ligado a três carbonos e na do abacaxi não.”

P: “Será que seus colegas entenderam isso? Mostra pra gente aqui no quadro de que parte da estrutura de cada molécula você está falando e tenta explicar novamente.”

**Figura 1** – Expectativa do desenho explicativo do estudante



Fonte: Os autores

A: “Eu quis falar dessa parte depois do oxigênio. Na molécula do morango aparece o carbono, que coloquei em vermelho, ligado a outros 3 carbonos. E na molécula do abacaxi, esse carbono em vermelho está ligado a um só carbono.”

P: “Isso. Tentem caminhar mentalmente por essa parte destacada na estrutura das duas moléculas, em qual delas vocês conseguiriam caminhar sem mudar o sentido?”

A: “Só na molécula do abacaxi, porque a molécula do morango tem uma hora que vai para baixo.”

P: “Isso mesmo, seria possível caminhar sem mudar o sentido apenas na estrutura da molécula “B”. Isso não acontece na estrutura da molécula “A”, porque ao chegar naquele carbono destacado em vermelho, você tem a opção de continuar no seu sentido ou ir para o carbono de “baixo”. Esse carbono que está em vermelho é a diferença entre as duas moléculas que quero que vocês percebam. Essa parte da cadeia carbônica, que vocês estão falando que vai para baixo, é o que chamamos de ramificação da cadeia principal. Agora vamos olhar de outro jeito, o carbono destacado em vermelho da molécula “B” está ligado a quantos outros carbonos?”

A: “Apenas um professor.”

P: “Vocês recordam que já trabalhamos isso, esse carbono destacado pode ser classificado como?”

A: “Ele é um carbono primário, não é?”

P: “Isso mesmo. E quanto ao carbono destacado na molécula “A”?”

A: “Ele é terciário, tem 3 vizinhos carbonos.”

P: “Exato. Retomando a ideia anterior, percebam que na estrutura da molécula “B” o carbono destacado em vermelho está ligado a apenas um outro átomo de carbono, portanto tem um só sentido a seguir. Enquanto que na estrutura da molécula “A”, por apresentar um carbono terciário, temos a opção de mais de um sentido a seguir.

P: Cadeias carbônicas como a da molécula “A” são classificadas como ramificadas, pois “apresentam pelo menos um átomo de carbono terciário ou quaternário, formando ramificações que podem ter o

formato de bifurcação ou trifurcação” (CISCATO et al., 2016, p. 35). Já as cadeias que não possuem ramificação são chamadas de cadeias normais ou lineares, como a da molécula “B” (BRUICE, 2006).”

P: “Muito Bem! Vamos então sintetizar o que discutimos ao longo da resolução dos três problemas. Alguém de vocês arisca alguma ideia?”

A: “Ao longo dos três problemas discutimos diferentes tipos de classificação de cadeias carbônicas.”

P: “Isso mesmo! Nas três situações apresentadas aprendemos a classificar cadeias carbônicas considerando algumas características específicas. Alguém lembra quais são essas características?”

A: “No primeiro problema, da escolha entre o azeite e a manteiga, classificamos as cadeias carbônicas segundo à saturação, ou seja, se apresentavam apenas ligações simples ou ligações duplas e/ou triplas.”

P: “Muito bem! Classificamos em cadeias saturadas ou insaturadas. E no segundo problema?”

A: “No segundo problema, sobre o aroma do pão, classificamos as cadeias quanto à presença ou não de heteroátomos.”

P: “Exatamente. Classificamos se a cadeia era heterogênea (quando apresenta átomo diferente de carbono ligado entre carbonos); ou cadeia homogênea (quando não apresentam tais características). E quanto ao terceiro problema?”

A: “No terceiro problema deveríamos ajudar o José a diferenciar a molécula responsável pelo cheiro do morango de outra responsável pelo cheiro de abacaxi.”

P: “E o que as diferenciavam?”

A: “A presença de ramificação.”

P: “Muito bem! A estrutura da molécula A (do morango) é classificada como cadeia ramificada e a estrutura da molécula B (do abacaxi) como cadeia normal.”

Posterior à elaboração da THA, a etapa seguinte consistiu na aplicação da proposta de ensino, apresentada na sequência.

### Desenvolvimento da THA

A THA foi desenvolvida, em sala de aula, por uma dupla de bolsistas, com o acompanhamento do Professor Supervisor, em uma turma de 34 estudantes da 3ª Série do Ensino Médio de uma escola da rede pública do estado do Paraná.

Para cada situação-problema, inicialmente, foi solicitado que os estudantes respondessem o problema com base em seus conhecimentos prévios, sem qualquer orientação ou explicação do conteúdo científico relacionado aos problemas. As respostas foram então recolhidas e, na sequência, o problema foi utilizado como princípio norteador das discussões a respeito dos conceitos químicos envolvidos para uma possível resolução de cada situação.

Os dados são provenientes de notas de campo, transcrições das gravações das aulas e materiais produzidos pelos estudantes durante o desenvolvimento da THA. Em uma pesquisa qualitativa, todo material de coleta pode fornecer indícios que permitam uma compreensão mais elucidativa do objeto de estudo (BODGAN; BIKLEN, 1994).

No contexto de aplicação da THA, a transcrição das aulas representa a rota “real” de aprendizagem dos estudantes sobre o conteúdo científico abordado, o que corresponde a uma Trajetória Real de Aprendizagem (TRA)<sup>2</sup>, diferente daquela elaborada na etapa de planejamento das aulas, a Trajetória Hipotética de Aprendizagem (THA).

As informações coletadas foram analisadas e interpretadas segundo os pressupostos da Análise de Conteúdo (BARDIN, 2016), uma metodologia empregada para compreender, analisar, sintetizar, descrever e interpretar mensagens emitidas por diferentes meios de comunicação<sup>3</sup>.

De acordo com Bardin (2016), a Análise de Conteúdo se organiza em torno de três fases ou polos cronológicos: a pré-análise; a exploração do material; e o tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

A pré-análise tem por objetivo sistematizar as ideias iniciais da pesquisa, por meio da escolha, exploração e codificação dos materiais a serem submetidos à análise (BARDIN, 2016). Os materiais analisados nesta pesquisa, correspondem às respostas iniciais dos estudantes para os 3 problemas e à transcrição das aulas ministradas. As respostas dos estudantes para a atividade proposta foram codificadas seguindo uma ordem numérica que variou de 1 a 34. E12, por exemplo, corresponde à resposta do estudante de número 12. Quanto às transcrições das aulas, para cada problema proposto, os turnos das falas entre professor e alunos foram codificados em ordem numérica. Vale mencionar que os diálogos previstos na THA também foram codificados para buscar aproximações entre as trajetórias previstas e as desenvolvidas em sala de aula.

A segunda fase da Análise de Conteúdo está relacionada aos processos de decomposição, enumeração e categorização do material de análise, permitindo uma descrição exata e representativa do conteúdo. Essa análise pode ser fundamentada em teorias definidas antes de examinar o corpus da pesquisa (a priori) ou pelo surgimento de elementos novos ao longo da análise (teorias emergentes ou a posteriori) (BARDIN, 2016). Neste estudo, ao buscar aproximações entre a trajetória planejada e a desenvolvida em sala de aula, surgiram categorias emergentes a partir da aproximação de significados.

A última fase da Análise de Conteúdo relaciona-se com a descrição, inferência e interpretação dos resultados brutos, tratados ou não por meio de categorias. A descrição corresponde, de forma resumida, à enumeração das características do texto; enquanto que a significação concedida à essas características estão relacionadas a interpretação (BARDIN, 2016).

Na sequência, são apresentadas as descrições, inferências e interpretações provenientes deste estudo.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Inicialmente, apresentam-se as respostas prévias dos alunos do Ensino Médio para os três problemas da THA e, na sequência, as aproximações entre a trajetória elaborada e a trajetória real desenvolvida com os estudantes.

Para o Problema 1, os alunos deveriam indicar uma solução para o questionamento de qual dos produtos, azeite ou manteiga, José deveria escolher,

levando em consideração as informações relacionadas ao seu problema de saúde e o consumo de gorduras mais saudáveis.

Com a apresentação do problema, verificou-se um consenso por parte dos estudantes de que as informações disponíveis no enunciado contribuíam na escolha correta do alimento que poderia ajudar a diminuir os níveis de colesterol de José. Abaixo, são apresentados alguns exemplos das respostas dos estudantes:

- Azeite, por ter menos gordura. (E7)
- O azeite, pois possui menos gordura. (E30)
- Azeite, porque é mais saudável que a manteiga. (E5)
- Entre as duas opções o azeite é mais recomendável e saudável. (E22)
- Azeite: porque ele não tem muita gordura comparada com a manteiga e é mais leve. (E16)
- Azeite. Por ser um produto mais leve para o organismo e saudável. (E33)

Nas respostas dos estudantes, nesta etapa inicial, não foi observado o uso de termos científicos relacionados aos objetivos do problema, tais como: ligações simples e duplas, cadeias saturadas e insaturadas. Nelas, os estudantes escolheram o azeite ao invés da manteiga, comparando os produtos relativamente à quantidade de gorduras e levando em conta o produto que poderia ser menos prejudicial à saúde (mais saudável), utilizando o termo “leve” ao referir-se ao azeite. De acordo com a tendência de respostas, o termo “leve” pode estar relacionado, segundo a concepção desses estudantes, ao fato de o azeite ser considerado mais saudável quando comparado à manteiga.

No Problema 2, havia uma situação em que José apresentava dificuldades em entender as estruturas de algumas moléculas responsáveis pelo aroma do pão, e assim, surge o questionamento: “Como poderíamos ajudá-lo a diferenciar as estruturas das moléculas “A” e “B” de acordo com os elementos químicos que as compõem?”

Em 71% das respostas, os alunos indicaram a presença de enxofre na molécula “B” como o fator responsável pela diferença entre as duas moléculas, como mostram as unidades de registro apresentadas, a seguir:

- A molécula “B” tem enxofre (S), a molécula “A” não. (E5)
- Por conta do “S”, isso que diferencia a molécula “A” da “B”. (E9)
- A molécula “B” contem enxofre (S), diferente da “A”. (E14)
- Dá para ele diferenciar porque na molécula “B” tem o “S”, enxofre. (E20)
- Molécula “A” tem mais “CH<sub>3</sub>” e a “B” tem o enxofre que está ligado entre dois carbonos. (E21)

Apesar de não classificarem as estruturas das moléculas em heterogênea ou homogênea, os estudantes demonstraram compreender que a diferença estava na presença de um elemento químico diferente, de carbono e hidrogênio, no meio da cadeia carbônica, neste caso, o enxofre.

Por fim, no Problema 3, o personagem fictício José se depara com duas estruturas de moléculas e não sabe como diferenciá-las cientificamente, mesmo sabendo que uma delas é responsável pelo cheiro do morango e que a outra é responsável pelo cheiro do abacaxi.

A maioria dos estudantes (80% das respostas) indicou que a diferença entre as moléculas está nas quantidades de ligações químicas e/ou átomos de carbono. A seguir, são apresentados alguns exemplos:

- No abacaxi, existem 2 ligações a menos. (E9)
- Molécula "A" tem mais ligação que a "B". (E24)
- A diferença entre a molécula "A" para a molécula "B" é que na molécula "A" tem 2 carbonos a mais do que a molécula "B". (E20)
- A molécula B tem menos "CH<sub>3</sub>". (E31)
- A molécula "A" tem ligações a mais que a molécula "B" e tem carbono a mais também. (E11)
- A molécula "A" possui ligações a mais que a molécula "B" e também pode-se observar que o "A" possui mais carbono. (E22)

Assim como nas duas situações anteriores, nesta os estudantes também não mencionaram termos científicos, tais como: cadeias carbônicas ramificadas e/ou normais/lineares. Eles se restringiram às representações das moléculas para diferenciá-las, indicando a presença a mais ou a menos de ligações químicas e/ou átomos de carbono em uma, ou em outra cadeia carbônica.

Sóle (2009) argumenta que o aluno se sente incentivado em aprender quando busca compreender o significado do que estuda e relaciona os conteúdos aos conhecimentos prévios e às suas experiências. Com isso, ao propor atividades que associem o conteúdo ao conhecimento prévio dos estudantes, nesse caso possibilitado por situações cotidianas, o professor torna a compreensão destes conceitos algo mais palpável e significativo.

Em concordância com Echeverría e Pozo (1998, p.14), não se deve "dotar os alunos de habilidades e estratégias eficazes", necessita-se "criar neles o hábito e a atitude de enfrentar a aprendizagem como um problema para o qual deve ser encontrada uma resposta". Nessa perspectiva, a Resolução de Problemas, como proposta didática, instiga a discussão e o debate de assuntos do cotidiano, desenvolvendo ideias nos estudantes de como resolver determinados problemas.

A segunda etapa de análise consistiu nas aproximações entre a trajetória elaborada e a trajetória desenvolvida, buscando aspectos convergentes e distintos. Nesta etapa, os trechos que compõem a trajetória hipotética foram unitarizados para serem comparados com os trechos transcritos da aula desenvolvida na escola.

A partir das análises dos trechos transcritos foram estabelecidas duas categorias: C1 – Diálogos emergentes na TRA e C2 – Hipóteses de aprendizagem não executadas. A primeira categoria refere-se aos trechos que emergiram no desenvolvimento da aula e que não haviam sido previstos na trajetória hipotética, e a segunda categoria diz respeito aos registros que foram planejados na THA e não apareceram durante o desenvolvimento em sala de aula, evidenciados pela TRA.

Para o Problema 1, tem-se um total de 22 unidades de registro na THA e 56 unidades na TRA, alternadas entre as falas do professor (licenciados) e dos alunos. O Quadro 4 apresenta as categorias, subcategorias e as unidades de registro referentes à comparação entre as duas trajetórias para o primeiro problema.

**Quadro 4 –** Categorias e subcategorias para o Problema

Categorias	Subcategorias
	Unidades de registro da TRA e THA
C1 – Diálogos emergentes na TRA	<p><b>C1.1 –</b> Curiosidades em relação à identificação das moléculas</p> <p>[3] A: “O azeite é a “A”?”</p> <p>[4] P: “Nós ainda não vamos classificá-las, quero que você pense só em relação ao melhor para o João [...]”</p> <p>[16] A: “Quem são as moléculas “A” e “B”?”</p> <p>[17] A: “Qual é do azeite e qual é da manteiga?”</p> <p>[18] P: “Nós precisamos pensar no problema. José então teve essa recomendação médica e, no dia seguinte, foi ao mercado e ao se deparar com azeite e manteiga ficou em dúvida [...]”</p> <p>[55] A: “A molécula “B” é a molécula da manteiga ou só uma molécula aleatória?”</p> <p>[56] P: “Representa a molécula do ácido graxo da manteiga.”</p>
	<p><b>C1.2 –</b> Identificação das moléculas buscando mobilizar conceitos científicos</p> <p>[21] A: “O azeite é a molécula “B” e a manteiga é a molécula “A”.”</p> <p>[22] P: “Por que vocês acham isso?”</p> <p>[23] A: “Eu acho que a “B” é o azeite, porque a fórmula é mais simples.”</p> <p>[24] P: “Alguém pensa diferente dele?”</p> <p>[25] A: “Eu acho que a “B” é o azeite, porque tem menos ligações.”</p> <p>[26] P: “Vamos pensar em relação à insaturação, o que vocês lembram?”</p> <p>[27] A: “A dupla ligação.”</p> <p>[28] P: “Então a diferença dessas moléculas está na ligação dos carbonos. O que vocês aprenderam sobre as ligações entre os carbonos?”</p> <p>[29] A: “Saturada seria uma ligação simples e a insaturada, uma ligação dupla.”</p> <p>[31] A: “Estou olhando no caderno e as moléculas com duplas ligações são insaturadas e as saturadas são com ligações simples.”</p>
C2 – Hipóteses de aprendizagem não executadas	<p><b>C2.1 –</b> Finalização da aula com a retomada dos conceitos envolvidos no problema</p> <p>[20] P: “Nesse caso, se considerarmos que José resolveu levar o azeite, podemos afirmar que ele fez a melhor escolha para a sua saúde?”</p> <p>[21] P: “Como vocês explicariam a partir do que foi discutido?”</p> <p>[22] A: “Sim, ele fez a escolha certa, porque na estrutura do azeite tem uma ligação dupla, ou seja, o azeite possui moléculas insaturadas, é uma gordura insaturada, sendo mais saudável quando comparado à manteiga.”</p>

Fonte: Os autores

Na THA não foram previstas perguntas dos estudantes, como a identificação das moléculas orgânicas (unidades 3, 16 e 17 da C1.1) ainda no início das discussões da aula, antes mesmo que se fosse trabalhado o conceito de classificação de cadeias carbônicas pautadas na saturação. Esses questionamentos desencadearam as respostas do professor de modo a tentar conduzir sua aula por meio de uma construção de ideias que permitiria aos estudantes a resolução do problema (unidades 4 e 18 da C1.1). Essa construção de ideias apareceu a partir da unidade de registro 26 (C1.2), em que o professor começou a questionar seus alunos a respeito do que eles sabiam sobre os conceitos de saturação e insaturação.

De acordo com Simon (1995), por mais que o professor tenha planejado antecipadamente uma série de situações que podem ocorrer no contexto real de sala de aula, para oportunizar a aprendizagem, é provável que o plano de ensino tenha que ser repensado e/ou até mesmo ajustado durante a aula, pois na interação com os estudantes podem ocorrer situações não previstas.

Os objetivos de aprendizagem para o primeiro problema consistiram na classificação das cadeias carbônicas com relação à presença ou não de insaturações e na escolha de produtos alimentícios levando em consideração os benefícios para a saúde. Estes foram atingidos, mesmo que a aula não tenha sido finalizada como previsto na THA, ou seja, finalizada com a retomada dos conceitos envolvidos no problema, o que corresponde às unidades de registro alocadas na subcategoria C2.1. Assim, de acordo com a categoria C2, constatou-se que a ideia de apenas 3 unidades de registro presentes na THA não apareceu na TRA, evidenciando uma correspondência de 86% entre as trajetórias planejada e executada (19 das 22 unidades de registro da trajetória hipotética apareceram na trajetória real).

É possível observar que toda a trajetória elaborada (THA) esteve pautada no tema alimentação e saúde, seja no tipo de gordura presente no azeite e na manteiga (Problema 1), o processo de fabricação do pão (Problema 2), ou a composição química do morango e do abacaxi, explorada no Problema 3. Na resolução de problemas é necessário que haja inicialmente uma problematização do enunciado para que as questões centrais do problema possam emergir desse contexto (SANTOS; SCHNETZLER, 1998). Nesse sentido, por meio do tema central presente nas três situações, cada problema abordou um tópico distinto do conteúdo de classificação de cadeias carbônicas. De acordo com Pozo (1998), a estratégia da Resolução de Problemas reside justamente na ideia de favorecer a aprendizagem de determinado conteúdo não apenas no âmbito geral, mas mediante construção processual e em etapas. Logo, a eficiência da resolução do problema depende muito da disponibilidade e mobilização de conhecimentos adequados em cada problema apresentado.

Para o Problema 2, foram observadas 21 unidades de registro na trajetória hipotetizada e 35 unidades de registro oriundas da transcrição da aula desenvolvida na escola. No Quadro 5 são apresentadas as categorias, subcategorias e as unidades de registro referentes às aproximações entre as duas trajetórias para o segundo problema.

**Quadro 5 –** Categorias e subcategorias para o Problema 2

Categorias	Subcategorias
	Unidades de registro
C1 – Diálogos emergentes na TRA	<p><b>C1.1</b> – Retomada das discussões do conceito científico envolvido no Problema 2</p> <p>[20] A: “A molécula “A” é heterogênea e tem uma ligação tripla, já a molécula “B” só tem ligações simples.”</p> <p>[21] P: “Por que ela é heterogênea?”</p> <p>[22] A: “Por causa do heteroátomo.”</p> <p>[23] A: “A molécula “A” tem mais “CH<sub>3</sub>” e a “B” tem o enxofre.”</p> <p>[24] P: “Como você sabe que ela tem mais grupos “CH<sub>3</sub>”?”</p> <p>[26] P: “Pensando na constituição elementar das duas cadeias, o que podemos observar na molécula da cadeia “A”?”</p> <p>[27] A: “Carbono e Hidrogênio.”</p> <p>[28] P: “E na molécula “B”? Nós temos um elemento diferente entre os átomos de carbono.”</p>
	<p><b>C1.2</b> – Finalização da aula com a retomada dos conceitos científicos estudados nos dois primeiros problemas</p> <p>[34] P: “O primeiro problema mostrou que podemos classificar as cadeias dependendo da ligação dupla ou tripla, que é a insaturação.”</p> <p>[35] P: “E o segundo, existem cadeias que vão ter heteroátomos e outras que não vão ter, sendo classificadas como heterogêneas e homogêneas.”</p>
	<p><b>C2</b> – Hipóteses de aprendizagem não executadas</p> <p><b>C2.1</b> – Dúvida dos estudantes que poderia ter surgido na TRA</p> <p>[10] A: “Ah, então podemos ter outros átomos diferentes de carbono e hidrogênio, na cadeia principal?”</p>

**Fonte:** Os autores

Das 35 unidades de registro presentes na Trajetória Real de Aprendizagem, 10 não foram previstas, como demonstrado na categoria C1. Dificilmente toda a trajetória planejada corresponderá igualmente à trajetória desenvolvida, uma vez que no contexto real de sala de aula podem surgir perguntas e dúvidas dos alunos e, diante de tais questionamentos, o professor pode realizar alterações durante a execução da aula. Contudo, esses questionamentos previstos ou não durante a elaboração da proposta podem garantir ao professor maior segurança no gerenciamento da trajetória em sala de aula (ROSSETTO, 2016).

Rossetto (2016) ressalta que a THA pode ser avaliada por meio de três aspectos: elaboração (planejamento), execução (processo) e depois da execução (replanejamento). Alterações na THA podem ser realizadas antes, durante e após sua execução, entretanto, salienta-se um olhar para o “depois da execução”, uma vez que após o desenvolvimento da trajetória em sala de aula, as interações entre o professor e alunos, as observações do professor e a avaliação do conhecimento dos seus estudantes podem trazer ajustes a respeito de qualquer conhecimento, fazendo com que o plano para sua aula e sua prática como docente sejam repensados.

Dentre os diálogos emergentes na TRA para o segundo problema, destacam-se aqueles relacionados às discussões do conceito científico (C1.1), e os correspondentes à finalização da aula, em que o professor retoma os conceitos

abordados nos dois primeiros problemas (C1.2), que se referem às classificações de cadeias carbônicas de acordo com a presença ou não de insaturação e de heteroátomo entre átomos de carbono, respectivamente.

Na categoria C2, apenas uma unidade de registro presente na THA, pertencente à fala de um estudante, não apareceu na TRA, evidenciando 95% de correspondência entre as trajetórias planejada e executada (20 das 21 unidades de registro da trajetória hipotética apareceram na trajetória real).

Os objetivos de aprendizagem para o Problema 2, que consistiram na classificação das cadeias carbônicas em homogêneas ou heterogêneas, respectivamente, foram atingidos. A convergência entre a THA e a TRA remete à ideia de que o processamento hipotético idealizado na etapa de planejamento pelo professor atendeu às demandas do problema. Echeverría e Pozo (1998) caracterizam como um problema determinada situação a qual não se dispõe de procedimentos imediatos para ser solucionada. Exige um processo de reflexão ou uma tomada de decisão sobre a sequência de passos a serem seguidos. Os problemas são, geralmente, enunciados que possuem um obstáculo que precisa ser transposto para se obter uma solução correta e dispõe de elementos (dados, informações, variáveis, contexto) para o aluno resolvê-lo e sentir-se motivado para buscar uma solução.

No Problema 2, apesar do conceito abordado constituir um tópico relativamente simples, demandava que os estudantes observassem ambas as estruturas para identificar como classificá-las, além de informações importantes no decorrer do enunciado, tais como a presença do radical, a indicação de que a classificação deveria ser pensada em função da composição e elementos químicos constituintes nas moléculas, além do contexto inserido. Sendo assim, um problema bem elaborado e consonante com o objetivo de aprendizagem almejado, possibilita maior assertividade e sucesso na condução e elaboração do conceito pretendido.

Para o Problema 3, a THA compreendeu 43 unidades de registro e a TRA, 81 unidades. No Quadro 6 são apresentadas as categorias, subcategorias e as unidades de registro referentes às aproximações entre as duas trajetórias para o terceiro problema.

**Quadro 6** – Categorias e subcategorias para o Problema 3

Categorias	Subcategorias
	Unidades de registro
C1 – Diálogos emergentes na TRA	C1.1 – Distinção entre as duas moléculas
	[3] A: “A molécula “A” possui duas ligações a mais que a molécula “B”.”
	[4] A: “A presença de mais carbonos significa que é mais ácido?”
	[5] P: “Mais ácido? A acidez tem a ver com a presença de hidrogênio, mas hidrogênio que consegue ser disponibilizado no sistema.”
	[6] P: “Esse hidrogênio aqui (apontando para o hidrogênio do grupo que caracteriza um éster) não tem características ácidas.”
	[7] P: “Para a Química Orgânica, o hidrogênio ácido é o que vem dos ácidos carboxílicos.”
	C1.2 – Explicação do motivo da diferença entre as duas moléculas
	[13] A: “Sem a ligação de baixo, ela faz três ligações (molécula “A”).”
	[14] P: “Ainda não é onde a gente quer chegar. É mais ou menos isso. Pensem na...”

	<p>[15] A: “Nomenclatura?”</p> <p>[16] P: “A nomenclatura nós ainda não trabalhamos. O que nós estudamos sobre os carbonos, como nós podemos diferenciá-los?”</p> <p>[17] A: “Número de ligações.”</p> <p>[18] P: “Isso, o número de ligações que ele faz. Não é isso?”</p> <p>[19] P: “Como nós classificamos os carbonos dependendo do número de ligações que ele faz com outro carbono?”</p> <p>[20] A: “Pela quantidade de hidrogênio.”</p> <p>[21] P: “Não.”</p> <p>[22] A: “Na molécula “A” tem uma ligação tripla. É isso?”</p> <p>[23] P: “Onde está a ligação tripla?”</p> <p>[24] A: “Ali (Apontando para o carbono terciário da molécula “A”).”</p> <p>[25] P: “Na verdade não é uma ligação tripla.”</p> <p>[26] P: “São só ligações simples, têm três ligações simples.”</p> <p>[31] A: “Terciário e primário.”</p> <p>[36] P: “Para ter carbono terciário, qual é a condição na estrutura?”</p> <p>[37] A: “Ligação tripla.”</p> <p>[38] P: “Não, nós já falamos que são ligações simples.”</p> <p>[39] P: “São três ligações simples.”</p> <p style="text-align: center;"><b>C1.3 – Dúvidas dos estudantes em relação aos conceitos de classificação de cadeias carbônicas quanto à presença de ramificação</b></p> <p>[54] A: “Professor, a colega “Lu”<sup>4</sup> não entendeu, explica de novo?”</p> <p>[55] P: “O que você não entendeu, “Lu”?”</p> <p>[56] A: “Ela não entendeu sobre a ramificação, ela está confundindo com a parte do oxigênio.”</p> <p>[57] A: “Não entendi quando ele deixa de ser uma cadeia simples e uma cadeia ramificada.”</p> <p>[58] P: “Cadeia normal ou ramificada, né?”</p> <p>[59] P: “Então, vamos voltar aqui para as moléculas. Essa parte aqui da cadeia, conseguem ver diferença (apontando para o carbono terciário da molécula “A”)?”</p> <p>[60] A: “Não!”</p> <p>[61] P: “Certeza?”</p> <p>[62] A: “Absoluta.”</p> <p>[63] P: “Essa isolada aqui (o professor “escondeu” o grupo “CH<sub>3</sub>” da ligação que “vai para baixo” no carbono terciário da molécula “A”).”</p> <p>[64] A: “Não!”</p> <p>[65] P: “Certeza?”</p> <p>[66] A: “Sim.”</p> <p>[67] P: “Está igual, né? Mesma coisa (o professor compara as duas moléculas suprimindo o grupo “CH<sub>3</sub>” da ligação que “vai para baixo” no carbono terciário da molécula “A”).”</p> <p>[68] P: “Voltando ao que estávamos discutindo, por que a molécula “A” tem mais ligações simples?”</p> <p>[69] A: “Porque ela tem mais carbono.”</p> <p style="text-align: center;"><b>C1.4 – Finalização da aula</b></p> <p>[81] P: “Então pessoal, trabalhamos com esses problemas, três situações em classificamos as cadeias, mas não são as únicas, tá? Focamos nessas três de uma forma diferenciada.”</p>
<b>C2 – Hipóteses de aprendizagem não executadas</b>	<p style="text-align: center;"><b>C2.1 – Distinção entre as duas moléculas</b></p> <p>[2] A: “Sim, as duas tem átomo de oxigênio entre dois carbonos, seriam heterogêneas.”</p> <p>[3] P: “Está certo. Mas nesse caso, temos duas cadeias carbônicas heterogêneas.”</p> <p style="text-align: center;"><b>C2.2 – Explicação do motivo da diferença das duas moléculas</b></p> <p>[8] A: “Na do morango tem um carbono ligado a três carbonos e na do abacaxi não.”</p>

<p>[9] P: “Será que seus colegas entenderam isso? Mostra pra gente aqui no quadro de que parte da estrutura de cada molécula você está falando e tenta explicar novamente.”</p> <p>“Figura 1 - Expectativa do desenho explicativo do estudante.”</p> <p>[10] A: “Eu quis falar dessa parte depois do oxigênio. Na molécula do morango aparece o carbono, que coloquei em vermelho, ligado a outros 3 carbonos.”</p> <p>[11] A: “E na molécula do abacaxi, esse carbono em vermelho está ligado a um só carbono.”</p> <p>[13] A: “Só na molécula do abacaxi, porque a molécula do morango tem uma hora que vai para baixo.”</p>
<p><b>C2.3 – Finalização da aula retomando os conceitos científicos contemplados nos 3 problemas</b></p>
<p>[30] P: “Vamos então sintetizar o que discutimos ao longo da resolução dos três problemas. Alguém de vocês arisca alguma ideia?”</p> <p>[31] A: “Ao longo dos três problemas discutimos diferentes tipos de classificação de cadeias carbônicas.”</p> <p>[32] P: “Isso mesmo! Nas três situações apresentadas aprendemos a classificar cadeias carbônicas considerando algumas características específicas.”</p> <p>[33] P: “Alguém lembra quais são essas características?”</p> <p>[34] A: “No primeiro problema, da escolha entre o azeite e a manteiga, classificamos as cadeias carbônicas segundo à saturação, ou seja, se apresentavam apenas ligações simples ou ligações duplas e/ou triplas.”</p> <p>[35] P: “Muito bem! Classificamos em cadeias saturadas ou insaturadas.”</p> <p>[36] P: “E no segundo problema?”</p> <p>[37] A: “No segundo problema, sobre o aroma do pão, classificamos as cadeias quanto à presença ou não de heteroátomos.”</p> <p>[38] P: “Exatamente. Classificamos se a cadeia era heterogênea (quando apresenta átomo diferente de carbono ligado entre carbonos); ou cadeia homogênea (quando não apresentam tais características).”</p> <p>[39] P: “E quanto ao terceiro problema?”</p> <p>[40] A: “No terceiro problema deveríamos ajudar o José a diferenciar a molécula responsável pelo cheiro do morango de outra responsável pelo cheiro de abacaxi.”</p> <p>[41] P: “E o que as diferenciavam?”</p> <p>[42] A: “A presença de ramificação.”</p> <p>[43] P: “Muito bem! A estrutura da molécula A (do morango) é classificada como cadeia ramificada e a estrutura da molécula B (do abacaxi) como cadeia normal.”</p>

**Fonte:** Os autores

Na categoria C1 foram alocadas 41 unidades de registro referentes aos 81 totais presentes na TRA, correspondendo àqueles trechos que não foram previstos na trajetória hipotética, mas que surgiram no contexto real de sala de aula. Para a terceira situação-problema, observa-se que surgiram diálogos não previstos sobre a distinção entre as moléculas (unidades de registro 3 a 7 da C1.1); explicações do motivo da diferença entre as duas moléculas (unidades 13 a 21 da C1.2); dúvidas em relação aos conceitos de classificação de cadeias carbônicas (unidades 54 a 69 da C1.3) e um trecho de finalização da aula (unidade 81 da C1.4).

Na trajetória hipotética, o professor não consegue prever muitas das dúvidas e questionamentos de seus alunos, entretanto, é importante que ele esteja preparado para as inúmeras situações que permeiam a sala de aula, não somente

àqueles presentes na THA e, nesse sentido, consiga antecipar suas ações e agir como mediador no processo de ensino e aprendizagem (OLIVEIRA; FRIAS; OMODEI, 2014).

Os diálogos emergentes em sala de aula, muitas vezes não previstos na organização do ensino, podem ser oriundos das dificuldades dos alunos quanto ao conceito trabalhado. No Problema 3 observou-se que os estudantes apresentaram dificuldades em classificar os átomos de carbono de uma cadeia carbônica de acordo com número de ligações que eles realizam com outro(s) átomo(s) de carbono(s). As investigações de Wartha e Rezende (2015) sobre processos de representação envolvidos na aprendizagem de conceitos relacionados à Química Orgânica, realizadas com acadêmicos de um curso de Química, evidenciaram que 40% dos estudantes apresentaram dificuldades em reconhecer (perceber) grupos, ligações e o número de carbonos em estruturas orgânicas descritas na forma de linhas, acarretando dificuldades de compreensão das moléculas. Em virtude disso, ressaltam que as possíveis dificuldades de ensino e de aprendizagem em Química Orgânica não são devidas somente a aspectos conceituais, mas também à aspectos relacionados aos modelos representacionais.

Hurst (2002) indica que a compreensão do conceito de ligação química contribui para o entendimento do comportamento das moléculas. Nesse sentido, a dificuldade apresentada pelos estudantes aqui investigados constituiu um obstáculo para o entendimento das moléculas responsáveis pelos aromas do morango e abacaxi, respectivamente e, conseqüentemente, para a construção dos conhecimentos relacionados à classificação das cadeias carbônicas dessas moléculas quanto a presença ou não de ramificação.

No que se refere às limitações da utilização da THA para além das dificuldades relacionadas ao aspecto do conceito de interesse, Mendonça (2011) relata que considera que a elaboração de uma THA não é uma tarefa simples, uma vez que além das hipóteses do professor sobre o conhecimento dos alunos, é importante observar outros conhecimentos que interferem no ciclo da aprendizagem. Ou seja, muitas vezes as dificuldades para aprender tal conteúdo necessitam de conceitos introdutórios não sistematizados pelos alunos. Nesse caso, há de se considerar apresentar pré-requisitos na trajetória, prevendo trabalha-los no decorrer da aula.

Além disso, a ausência de participação e interação entre os alunos da turma podem limitar o processo de desenvolvimento da THA em sala de aula. Nesse caso, cabem duas observações importantes: a primeira refere-se à adaptação dos alunos à estratégia adotada, a Resolução de Problemas, conferindo frequência e assiduidade a atividades com caráter investigativo e dialógico. Já a segunda, ressalta a importância da mediação do docente, uma vez que cabe ao professor a condução da aula, buscar a participação dos alunos nas discussões e levantamento de hipóteses e justificativas, acerca das questões e conceitos abordados nas trajetórias.

A segunda categoria para o Problema 3 refere-se às hipóteses previstas no plano inicial que não apareceram na TRA. Os diálogos alocados nesta categoria dizem respeito às previsões realizadas sobre a distinção entre as moléculas (C2.1); explicações sobre a diferença entre as duas moléculas (C2.2) e finalização da aula retomando os conceitos abordados nos 3 problemas (C2.3). Apesar dos objetivos de ensino referentes ao problema terem sido contemplados, por meio da categoria C2 verificou-se que as ideias presentes em 21 unidades de significado da THA não

apareceram na TRA, evidenciando que as trajetórias planejada e executada, respectivamente, apresentaram 51% de correspondência (22 das 43 unidades de registro da trajetória hipotética apareceram na trajetória real).

No que diz respeito à elaboração e desenvolvimento de uma THA, Mendonça (2011) aponta o planejamento contínuo do professor como característica principal da proposta, uma vez que o docente tem a liberdade de realizar adaptações e alterações em todas as etapas, inclusive durante a execução em sala de aula, em que os conhecimentos dos professores e dos alunos contribuem para os processos de ensino e de aprendizagem.

De acordo com a análise das trajetórias planejadas e executadas, verificou-se que o objetivo de ensino, que consistiu em trabalhar Trajetórias de Aprendizagem como proposta de ensino de conceitos químicos a respeito do conteúdo de Classificações de Cadeias Carbônicas, especificadamente relacionados à saturação/insaturação de cadeias, presença ou não de heteroátomos entre átomos de carbono e a presença ou não de ramificações, foi alcançado.

Em uma síntese comparativa entre as unidades de registro das trajetórias (THA e TRA), percebe-se uma maior incidência de unidades nas trajetórias desenvolvidas em sala de aula, como apresentado na Tabela 1, a seguir:

**Tabela 1** – Unidades de registro presentes nas Trajetórias de Aprendizagem

Problemas	THA	TRA
1	22	56
2	21	35
3	43	81
Total de unidades de registro	86	172

**Fonte:** Os autores

Corroborando as investigações já mencionadas (MENDONÇA, 2011; ROSSETO, 2016; SIMON, 1995), é evidente que a trajetória desenvolvida na escola apresente maior incidência de unidades de registro em relação à trajetória planejada, uma vez que no contexto real de sala de aula podem surgir inúmeras situações não previstas pela THA. Tais afirmações podem ser corroboradas pelos Quadros 4, 5 e 6, evidenciando um aumento de unidades de registro em todos os problemas.

Além disso, atribui-se à emergência da categoria C1.3 – Dúvidas dos estudantes em relação aos conceitos de classificação de cadeias carbônicas quanto à presença de ramificação – na trajetória real de aprendizagem do Problema 3 e à utilização dos pressupostos da Resolução de Problemas na elaboração das atividades pertencentes à trajetória, pois fomenta nos estudantes perguntas e dúvidas na tentativa de identificar as variáveis e resolver o problema. Tal fato confere importância à constante orientação do professor como forma de reconduzir os alunos a um caminho mais propício e satisfatório para minimizar dúvidas e encontrar soluções para os problemas apresentados (MEDEIROS; GOI, 2020).

Dessa forma, contemplar o planejamento da THA sob a ótica da Resolução de Problemas permite que o professor estimule o processamento hipotético, troca de ideias e a manifestação de dúvidas entre os alunos, favorecendo uma sucessiva socialização de resultados, e conseqüentemente, gerando mais espaços para a construção do conhecimento científico em questão.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo foram apresentados aspectos e resultados de uma Trajetória Hipotética de Aprendizagem elaborada e desenvolvida para o ensino de conceitos introdutórios de Química Orgânica, em especial conceitos relacionados às classificações de Cadeias Carbônicas.

A THA foi organizada a partir de problemas que envolviam situações do cotidiano que, para serem compreendidas e resolvidas corretamente, necessitavam a mobilização de conhecimentos químicos. Nesta investigação, optou-se em analisar primeiramente as respostas dos alunos aos problemas propostos e, na sequência, ressaltar aproximações entre a trajetória elaborada e a trajetória desenvolvida, buscando aspectos convergentes e distintos.

Mediante à primeira etapa, conclui-se que os estudantes do Ensino Médio possuíam noções prévias a respeito das situações abordadas, embora restritas ao senso comum. Foram observadas algumas compreensões a respeito da identificação de átomos como heteroátomos e grupos orgânicos (“CH<sub>3</sub>”) em cadeias carbônicas.

Ainda assim, destaca-se que situações como estas, pautada na Resolução de Problemas, possibilitam que os estudantes manifestem suas ideias prévias não apenas sobre o conteúdo em questão, mas também fomentam no aluno a necessidade de atribuir significado e atenção às ideias relacionadas ao problema, tornando-o ativo, cooperativo e reflexivo, permitindo ir além dos conteúdos estudados, preparando-se para interagir com e sobre a realidade (MEDEIROS; GOI, 2020).

Nesta investigação, adotou-se o termo Trajetória Real de Aprendizagem (TRA) para referir-se à trajetória executada, pois ela representa o caminho desenvolvido pelo professor (licenciados) e alunos do Ensino Médio para a resolução dos problemas em contexto real de sala de aula, distinguindo-se da trajetória elaborada na etapa de planejamento, a Trajetória Hipotética de Aprendizagem (THA).

Nesse sentido, o segundo movimento analítico consistiu em investigar aproximações entre a trajetória elaborada e a trajetória desenvolvida, buscando aspectos convergentes e distintos. Desse movimento de análise emergiram duas grandes categorias (C1 e C2): a primeira relacionada à diálogos emergentes que não foram considerados previamente no planejamento da aula e que dizem respeito às curiosidades dos estudantes sobre as moléculas apresentadas, identificação de moléculas, retomadas de discussões anteriores, finalização da aula, explicações sobre a diferença entre as moléculas, dúvidas dos estudantes; e a segunda, relativamente às hipóteses de aprendizagem planejadas e que não foram executadas, relacionadas à forma como a aula seria finalizada com a retomada dos conceitos, dúvidas dos estudantes que poderiam surgir, explicações que distinguem as moléculas e o motivo que as diferenciam.

Mesmo que tenham surgido novos diálogos em sala de aula e que algumas ideias previstas no planejamento não tenham sido executadas, os resultados da presente investigação indicam que o exercício de planejar uma THA a partir da abordagem de Resolução de Problemas possibilitam uma série de vantagens, tais como: i) prever e refletir sobre as possíveis situações de ensino que podem ocorrer ao longo do trabalho em sala de aula, considerando as concepções dos estudantes;

ii) Uma potencial ferramenta de planejamento para o professor; iii) Interações eficazes professor-aluno, aluno-aluno. Muitas destas, já indicadas em estudos anteriores (MEDEIROS; GOI, 2020; SIMON, 1995).

Vale destacar que, mediante as análises, verificou-se que os objetivos de aprendizagem intencionados para cada problema foram atingidos, evidenciados pela aproximação das situações presentes nas trajetórias hipotetizadas e nas trajetórias reais, conduzidas pelos licenciandos.

Diante de tais constatações, ressalta-se que promover propostas como a THA aos estudantes de licenciatura é de fundamental importância no processo de formação inicial, sobretudo como estratégia metodológica adotada em programas/disciplinas em que há a participação de licenciandos, professores das escolas e professores universitários, uma vez que propostas como esta buscam oferecer, não só aos professores em exercício, mas aos futuros docentes, novas possibilidades de atuação em sala de aula, a fim de proporcionar o enriquecimento de seus conhecimentos e reflexões sobre a sua prática.

# A trajectory of learning introductory concepts of organic chemistry through problem solving

## ABSTRACT

This article presents results of a Hypothetical Learning Path designed and developed for the teaching of introductory concepts in Organic Chemistry. The trajectory, composed of three problems situations, was developed in a class from the 3rd grade of high school in a public school. The analyzed data, coming from field notes, transcriptions of class recordings and materials produced by students during the development of the Trajectory, were analyzed in the light of the Content Analysis procedures. Initially, students' responses to the three proposed problems were analyzed and, subsequently, the approximations between the elaborated trajectory and the real trajectory developed in the classroom. For the first stage, it was found that high school students had previous notions regarding the proposed situations. With regard to the second stage, approximations between the trajectories, it was found that the learning objectives were achieved, evidenced by the approximation of the situations present in the real trajectory and the path indicated by the planned trajectory. It is argued that the activities developed under the assumptions of the Problem Resolution favor the active participation of students in conducting the trajectories. Therefore, the importance of the Trajectory is highlighted as a potential activity for the teacher to plan, execute and redesign his class, highlighting it as a planning tool for the teacher to predict a hypothetical situation in a detailed way related to his teaching objectives.

**KEYWORDS:** Learning Path. Carbon chains. Chemistry. Problem solving.

## NOTAS

1 A perspectiva construtivista mencionada por Simon (1995) evita se situar em qualquer um dos extremos das expressões do “construtivismo radical” e “construtivismo social”. Para o autor, a aprendizagem é definida como um processo de construção social e individual, mediada por professores com a concepção de um trabalho estruturado e percepções de como transcorre o processo de aprendizagem dos indivíduos.

2 Os autores entendem que, ao avaliar o conhecimento do estudante e realizar atividade(s) interativa(s) em sala de aula, tem-se uma trajetória real de aprendizagem, ao invés de uma trajetória hipotética.

3 “Qualquer veículo de significados de um emissor para um receptor, controlado ou não por este” (BARDIN, 2016, p. 38).

4 “Lu” representa a codificação do nome da estudante que apresentou dúvidas.

## CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Por se tratar de uma pesquisa no âmbito do PIBID, a coleta e análise dos dados ocorreu de forma coletiva, envolvendo licenciandos e pesquisadores. Fabiele Cristiane Dias Broietti, coordenou o subprojeto PIBID em questão, subsidiando as atividades desenvolvidas e colaborou na elaboração do manuscrito. Jeferson Ferreti Ribas, colaborador e pós-graduando, colaborou com o subprojeto e na análise dos dados e elaboração do manuscrito. Natany Dayani de Souza Assai, docente, colaborou com o subprojeto e na análise dos dados e elaboração do manuscrito. Daniella Jeniffer Almeida Pinheiro, licenciando em Química, foi responsável pela coleta dos dados e desenvolvimento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

AFONSO, L. P. R.; SOUSA, Y. K.; SÁ, R. A. Uma proposta diferenciada para o ensino de Química Orgânica no Ensino Médio – experiências do Estágio Supervisionado II. *In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO*, 2., 2015, Campina Grande – PB. [Anais...] Campina Grande: Realize eventos e editora, 2015.

ARRIGO, V.; ASSAI, N. D. S.; BROIETTI, F. C. D.; LORENCINI JÚNIOR, A. Análise das interações verbais professor-aluno: implicações para a construção de um discurso reflexivo. *Amazônia – Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 14, n. 32, p. 48-60, 2018.

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

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

BRUCE, P. Y. **Química Orgânica**. 4. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

CARVALHO, A. M. P (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CISCATO, C. A. M.; PEREIRA, L. F.; CHEMELLO, E.; PROTI, P. B. **Química**. São Paulo: Moderna, 2016. v. 3.

ECHEVERRÍA, M. D. P.; POZO, J. I. Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. In: POZO, J. I. (org.). **A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre: ArtMed, 1998, p. 13-42.

FELIX, F.; CACIOLATO, B. L.; SANTOS, E. R. Uma trajetória de ensino e aprendizagem para o trabalho com vetores por meio da resolução de problemas. **Educação Matemática em Revista**, v. 1, n. 18, p. 66-75, 2017.

GOI, M. E. J.; SANTOS, F. M. T. Reações de combustão e impacto ambiental por meio de resolução de problemas e atividades experimentais. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p. 203-209, 2009.

HURST, M. O. How we teach molecular structure to freshmen. **Journal of Chemical Education**, v. 79, n. 6, p. 763-764, 2002.

DINIZ JÚNIOR, A. I.; SILVA, J. R. R. T. Isômeros, Funções Orgânicas e Radicais Livres: análise da aprendizagem de alunos do Ensino Médio segundo a abordagem CTS. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 1, p. 60-29, 2016.

MARTINS, I.; VEIGA, M. L. **Uma análise do Currículo da Escolaridade Básica na perspectiva da Educação em Ciências**. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional, 1999. (Coleção Desenvolvimento Curricular na Educação Básica).

MEDEIROS, D. R.; GOI, M. E. J. A Resolução de Problemas articulada ao Ensino de Química. **REDEQUIM**, v. 6, n. 1, p. 115-135, 2020.

MENDONÇA, L. **Trajетória Hipotética de Aprendizagem: análise combinatória**. 2011. 241 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2011.

OLIVEIRA, J. C. R.; FRIAS, R. T.; OMODEI, L. B. C. Uma Trajetória Hipotética de Aprendizagem para o ensino de Função Afim em um curso de formação continuada. In: ENCONTRO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 12., 2014, Campo Mourão. [Anais...] Campo Mourão: EPREM, 2014.

PIRES, C. M. C. Perspectivas construtivistas e organizações curriculares: um encontro com as formulações de Martin Simon. **Educação Matemática Pesquisa**, v. 11, n. 1, p. 145-166, 2009.

POZO, J. I. **A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ROSSETTO, H. H. P. **Trajетória Hipotética de Aprendizagem sob um olhar realístico**. 2016. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. Função Social: O que Significa o Ensino de Química Para Formar Cidadãos? **Química Nova na Escola**, n. 4, p.28-34, 1998.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em Ensino de Química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v. 25, supl. 1, p. 14-24, 2002.

SIERRA, C. L. C. **O ensino de ciências por resolução de problemas: uma proposta aplicada a estudantes do ensino fundamental da cidade de Araucária**. 2017. 95 f.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

SILVA, F. A. A.; MOREIRA, B. C. T.; CARVALHO, M. F. A. Percepções de professores sobre a visão do aluno na disciplina de Química Orgânica em algumas escolas de nível médio. In: ENCONTRO DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA DA BAHIA, 6., 2003, Ilhéus – BA. [Anais...] Ilhéus: [S. n.], 2003.

SIMON, M. A. Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 26, n. 2, p. 114-145, 1995.

SOARES, E. C. de A.; FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A. F. A resolução de problemas e exercícios na formação de professores de Química. **Revista Debates em ensino de Química**, v. 2, n. 1, p. 41-51, 2016.

SOLÉ, I. Disponibilidade para a aprendizagem e sentido da aprendizagem. In: COLL, C. et al. **O construtivismo na sala de aula**. São Paulo: Ática, 2009.

VEIGA, I. P. A. **A Prática Pedagógica do Professor de Didática**. Campinas: Papirus Editora, 2015.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. A elaboração conceitual em Química Orgânica na perspectiva da semiótica Peirceana. **Ciência e Educação**, v. 21, n. 1, p. 49-64, 2015

**Recebido:** 11 novembro 2021.

**Aprovado:** 13 dezembro 2021.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.3895/etr.v5n2.14920>.

**Como citar:**

BROIETTI, Fabiele Cristiane Dias; RIBAS, Jeferson Ferreti; ASSAI, Natany Dayani de Souza; PINHEIRO, Daniella Jeniffer Almeida. Uma trajetória de aprendizagem de conceitos introdutórios de química orgânica por meio da resolução de problemas. **Ens. Tecnol. R.**, Londrina, v. 5, n. 2, p. 160-187, jul./dez. 2021. Disponível em: <<https://periodicos.ufrpr.edu.br/etr/article/view/14920>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Fabiele Cristiane Dias Broietti

Universidade Estadual de Londrina

Secretaria de Pós-Graduação do CCE

Rodovia Celso Garcia Cid, PR 445, km 380, Campus Universitário, Londrina, Paraná, Brasil.

**Direito autoral:**

Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

