

# Mapeando Elementos do Campo e da Linguagem em Textos de Relatórios de Aulas Práticas em Química Orgânica Produzidos por Estudantes

Mapping Elements of the Field and Language in Texts of Practical Class Reports in Organic Chemistry Produced by Students

Mapeo de Elementos del Campo y del Lenguaje en Textos de Informes de Clases Prácticas de Química Orgánica Elaborados por Estudiantes

Edinilza Maria Anastácio Feitosa,  e Eduardo Fleury Mortimer 

## Resumo

No campo da química, a escrita precisa transitar entre os níveis macroscópico, submicroscópico e o representacional, utilizando-se de elementos específicos da linguagem e do contexto no qual a linguagem é produzida. Modelos de análise baseados na Linguística Sistêmico Funcional, um que analisa a construção do campo, e outro que analisa a construção de entidades dentro da semântica discursiva foram utilizados para analisar a escrita de estudantes de graduação em química. Nosso objetivo foi avaliar se estes modelos podiam ser aplicados a textos de química produzidos pelos estudantes, identificando escolhas linguísticas utilizadas na produção textual, mapeando entidades específicas do campo da química e realizar adaptações nos modelos avaliados de forma que se adequem ao contexto da Química. O corpus de análise foi constituído de 31 textos divididos em três grupos de experimentos em química orgânica. Para cada grupo, foram mapeados elementos relacionados ao campo (relações taxonômicas, tipos de atividades e propriedades) e elementos da linguagem (entidade, dimensionalidade e metáforas gramaticais vivas). A análise dos textos mostrou que os estudantes têm dificuldades em descrever o campo da química no mundo submicroscópico e isso impacta na construção de taxonomias e nos tipos de atividades descritas. O mapeamento de entidades indicou que a diversidade das entidades depende diretamente do tipo de experimento e ainda que os estudantes não constroem metáforas gramaticais vivas. Portanto, os modelos de análise adotados neste artigo podem ser utilizados para analisar textos produzidos pelos estudantes de química. No entanto, os textos aqui analisados se referem a uma área específica da química, a química orgânica. Um desdobramento desta pesquisa seria estender este estudo à outras áreas da química.

*Palavras-chave:* linguagem, química, entidade, linguística sistêmico funcional, ensino superior

## Abstract

In the field of chemistry, writing must move between macroscopic, submicroscopic and representational levels, using specific elements of language and the context in which language is produced. Analysis models based on Systemic Functional Linguistics, one that analyzes the construction of the field, and another that analyzes the construction of entities within discursive semantics, were used to analyze the writing of undergraduate chemistry students. Our objective was to evaluate whether these models could be applied to chemistry texts produced by students, identifying the linguistic choices used in the textual production, through the mapping of specific entities of the field of chemistry and to make adaptations to the evaluated models so that they are suitable for the context of Chemistry. The corpus of analysis consisted of 31 texts divided into three groups of experiments in organic chemistry. For each

group, elements related to the field (taxonomic relations, types of activities and properties) and elements of language (entity, dimensionality and living grammatical metaphors) were mapped. The analysis of the texts showed that students have difficulty describing the field of chemistry in the submicroscopic world and this impacts the construction of taxonomies and the type of activities described. The mapping of entities indicated that the diversity of entities depends directly on the type of experiment and that students do not construct live grammatical metaphors. Therefore, the analysis models adopted in this article can be used to analyze texts produced by chemistry students. However, the texts analyzed here refer to a specific area of chemistry, organic chemistry. One possible unfolding of this research would be to extend this study to other areas of chemistry.

*Keywords:* language, chemistry, entity, systemic functional linguistics, higher education

### Resumen

En el campo de la química, la escritura debe moverse entre niveles macroscópicos, submicroscópicos y representacionales, utilizando elementos específicos del lenguaje y del contexto en el que se produce el lenguaje. Para analizar la escritura de estudiantes de química de pregrado, se utilizaron modelos de análisis basados en la Lingüística Funcional Sistémica, uno que analiza la construcción del campo, y otro que analiza la construcción de entidades dentro de la semántica discursiva. Nuestro objetivo fue evaluar si estos modelos podrían aplicarse a textos de química producidos por estudiantes, identificando las elecciones lingüísticas utilizadas en la producción textual, a través del mapeo de entidades específicas del campo de la química y realizar adaptaciones a los modelos evaluados para que sean adecuados al contexto de la Química. El corpus de análisis consistió en 31 textos divididos en tres grupos de experimentos en química orgánica. Para cada grupo, se mapearon elementos relacionados con el campo (relaciones taxonómicas, tipos de actividades y propiedades) y elementos del lenguaje (entidad, dimensionalidad y metáforas gramaticales vivas). El análisis de los textos mostró que los estudiantes tienen dificultades para describir el campo de la química en el mundo submicroscópico y esto impacta en la construcción de taxonomías y el tipo de actividades descritas. El mapeo de entidades indicó que la diversidad de entidades depende directamente del tipo de experimento y que los estudiantes no construyen metáforas gramaticales vivas. Por lo tanto, los modelos de análisis adoptados en este artículo pueden usarse para analizar textos producidos por estudiantes de química. Sin embargo, los textos analizados aquí se refieren a un área específica de la química, la química orgánica. Un posible desarrollo de esta investigación sería extender este estudio a otras áreas de la química.

*Palabras clave:* lenguaje, química, entidad, lingüística sistémica funcional, educación superior

## Introdução

Além de aprender os fenômenos, conceitos, teorias e representações de uma disciplina das ciências da natureza, é preciso que os estudantes também saibam falar, argumentar, ler e escrever sobre estes conteúdos (Carvalho, 2018). Neste trabalho focamos na dimensão da escrita, como uma forma de descrever e explicar fenômenos, conceitos, teorias e representações da disciplina química, particularmente a química orgânica. No entanto, escrever exige o desenvolvimento de uma competência linguística específica da disciplina, e no caso da química, para participar do discurso científico desta disciplina, o estudante precisa ainda transitar entre três níveis do conhecimento: o nível macro e tangível do que pode ser visto, tocado, cheirado; o nível submicroscópico dos átomos, moléculas, íons, e estruturas e o nível representacional que inclui os símbolos, fórmulas e equações (Johnstone, 2000). Além disso, os estudantes precisam dominar um vocabulário específico da disciplina, cujos termos podem apresentar significados diferentes, dependendo do contexto em que são utilizados.

O exercício da escrita acontece em vários momentos da vida escolar. Nos cursos de química, por exemplo, é comum, após uma atividade prática, ser proposto aos estudantes uma produção textual na forma de relatório da atividade. É na seção “resultados e discussão” deste relatório que o professor espera que o estudante descreva os resultados obtidos na atividade e, além disso, dê explicações aos fenômenos ou transformações envolvidas na atividade experienciada. Outra expectativa do professor é que o estudante utilize, nessa escrita, uma linguagem bem próxima da linguagem científica. Esta possui características na maneira como os significados são organizados, e na maneira como são redigidos (Halliday & Martin, 2005).

Existe uma preocupação com a escrita dos estudantes nos relatórios de aulas práticas de laboratório (Bortnik et al., 2017; Clary-Lemon et al., 2019; Crawford & Klooper, 2019; Hoffa & Freeman, 2008; Paton-Walsh, 2015; Sampson & Walker, 2012). Em todos estes trabalhos, os autores percebem que os estudantes têm dificuldade em produzir textos escritos sobre os experimentos de laboratório, principalmente quanto às explicações e discussão de dados obtidos no experimento. A escrita exige um engajamento, uma reflexão por parte do estudante sobre o que foi feito no laboratório (Crawford & Klooper, 2019), e funciona como uma forma de aprendizagem (Clary-Lemon et al., 2019). Para melhorar a escrita, os trabalhos descrevem várias estratégias como, por exemplo, a escrita construída de forma gradual, passando pelo processo de escrita (aprender a escrever) para depois produzir um produto de escrita (escrever para aprender) (Clary-Lemon et al., 2019); o engajamento dos estudantes na revisão por pares (Clary-Lemon et al., 2019; Sampson & Walker, 2012); a participação em aulas de laboratórios virtuais antes da aula de laboratório presencial (Bortnik et al., 2017); ou, ainda, o uso de modelo de relatório tipo *template* para guiar os estudantes na melhoria da escrita (Paton-Walsh, 2015). No entanto, nenhuma destas pesquisas considerou os elementos linguísticos próprios do campo da química na escrita dos estudantes.

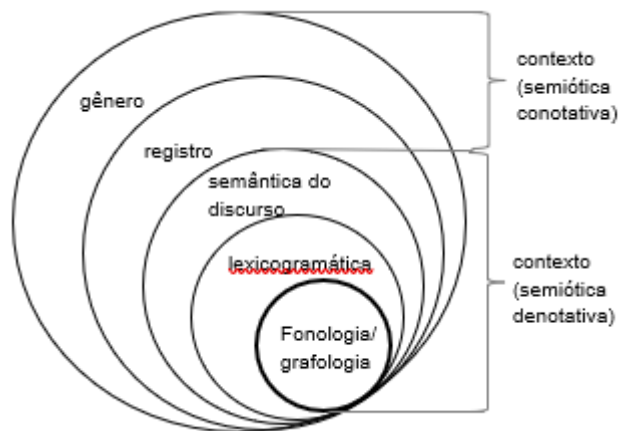
Diferentemente destes trabalhos, nos preocupamos em analisar como os estudantes constroem a sua escrita de relatório de aula prática do ponto de vista linguístico ou, mais precisamente, que escolhas linguísticas são feitas por estes estudantes para descrever e explicar um fenômeno químico. Analisaremos textos de relatórios de química orgânica na seção de resultados e discussão, envolvendo o estudo de reações químicas (esterificação), estudo de uma técnica (extração) e o estudo de uma propriedade química dos compostos orgânicos, a solubilidade. Usaremos, para isso, o arcabouço da linguística sistêmico-funcional (LSF).

Na linguística sistêmico-funcional, a linguagem é um sistema estratificado dependente do contexto (Figura 1). Halliday e Hasan (1985) definem contexto em seu livro **Linguagem, contexto e texto: Aspectos da linguagem em uma perspectiva sócio-semiótica**. Eles trouxeram suas ideias do antropólogo Bronislaw Malinowski e de sua teoria do contexto da situação e do contexto da cultura. Até 1923, quando Malinowski (1923) publicou o seu artigo, a palavra contexto em inglês significava **com-texto**, isto é, as palavras e frases antes e depois da frase específica que estamos a analisar. Malinowski introduz o termo **contexto de situação**, significando o ambiente do texto, e, também, introduziu o termo **contexto de cultura**, significando o contexto cultural total envolvido na interpretação do significado de um texto. Enquanto o contexto da situação exige que alguém preste atenção às imagens e sons imediatos que cercam as interações na produção de, por exemplo, um texto oral, o contexto da cultura exige que toda a história cultural por trás dos participantes de uma interação seja levada em consideração.

Halliday (1993) estabelece a relação entre contexto social e linguagem em um modelo no qual utiliza círculos concêntricos, como na Figura 1. O modelo é utilizado para estabelecer um sistema semiótico (linguagem) como a realização de outro sistema semiótico mais abstrato (contexto). Halliday (1978) propõe que, o que devemos saber sobre o contexto para prever os traços linguísticos que provavelmente estão associadas a ele, são o que realmente está acontecendo (o campo), quem está participando (as relações) e que parte da linguagem está sendo usada (o modo). Estas três variáveis são denominadas como **registro** do contexto de situação. “O registro, é, portanto, a configuração de significados que acontecem por causa da situação” (Fuzer & Cabral, 2014, p. 25) e estão relacionadas às metafunções da linguagem: ideacional, interpessoal e textual. Estas, por sua vez, constroem nossa experiência do mundo externo e interno (significados ideacionais); as relações sociais que mantemos com as pessoas ao nosso redor (significados interpessoais); e como as metafunções ideacionais e interpessoais são organizadas em um texto (significados textuais) (Figura 2).

### Figura 1

Sistema estratificado segundo a LSF



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Hao (2020, p. 9).

### Figura 2

Relações metafuncionais entre linguagem e contexto



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Hao (2020, p. 11).

A compreensão da linguagem e do contexto estratificados a partir da perspectiva da LSF rearticulou como os significados são organizados tanto no estrato do campo, que faz parte do contexto; quanto no estrato da semântica do discurso, que faz parte da linguagem propriamente dita (Dreyfus & Hao, 2020). A partir desse entendimento, alguns modelos foram desenvolvidos para analisar textos de ciências, por exemplo, o modelo de campo de Doran e Martin (2021) que analisa textos de livros didáticos de ciências em relação à variável campo do contexto e o modelo de escolhas textuais de Hao (2020), que analisa a construção dos significados dentro do estrato da semântica do discurso que realiza o campo, e foi elaborado a partir de textos produzidos por alunos de biologia.

Nosso objetivo aqui é avaliar se esses modelos também podem ser aplicados a textos de química produzidos pelos estudantes na sessão de resultados e discussão de relatórios de atividades experimentais, identificando quais são as escolhas linguísticas utilizadas na construção desse texto, através do mapeamento de entidades específicas utilizadas no campo da química. Entender como os estudantes descrevem, explicam e argumentam em torno de fenômenos químicos experienciados nos ajuda a compreender a linguagem usada por estes estudantes para transitar entre os mundos macroscópico e submicroscópico, e a identificar lacunas de aprendizagens, o que no futuro pode contribuir para que possamos propor estratégias de ensino adequadas para superar essas falhas. Além disso, adaptar modelos de avaliação da linguagem, que se baseiam na linguística sistêmico-funcional e, ao mesmo tempo, são adequados ao campo da química, constitui uma importante contribuição para o campo da educação em ciências.

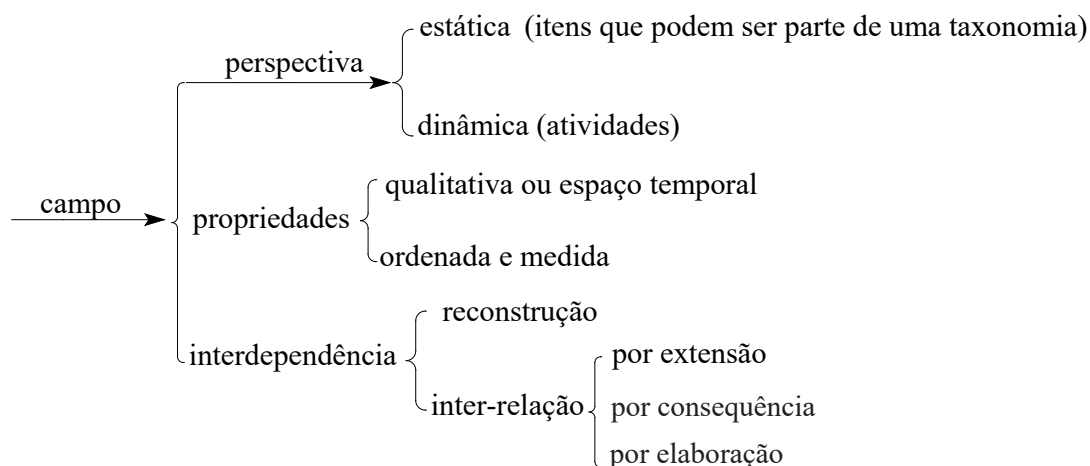
## Referenciais Teóricos que Sustentam a Pesquisa

### O Modelo de Campo de Doran e Martin

O modelo de campo de Doran e Martin (2021), que se aplica ao contexto, é constituído de três sistemas (Figura 3). No primeiro sistema, o campo pode ser interpretado a partir de duas perspectivas diferentes: uma estática, que vê o conhecimento como itens; e outra dinâmica, que vê o conhecimento como atividade. A taxonomia é modelada como um aspecto da organização do campo, juntamente com as sequências de atividades nas quais as taxonomias podem estar incluídas (Hao, 2020). Como exemplo, o conhecimento como itens, numa perspectiva estática, inclui os vários itens que povoam um laboratório de química orgânica: ácido salicílico, tubo de ensaio, base, etc. Para o conhecimento enquanto atividade temos, por exemplo, reações de adição, de esterificação, migração de elétrons, etc.

**Figura 3**

*Modelo de campo de Doran e Martin (2021)*



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Doran e Martin (2021).

As taxonomias que envolvem itens são de dois tipos: Taxonomia de classificação, na qual se identificam tipos e subtipos de itens, por exemplo, o item **base** pode ser classificado como uma base forte ou uma base fraca; e taxonomia de composição, com vários níveis de relação parte-todo entre itens, por exemplo, quando se nomeiam partes de uma molécula. Por exemplo, sítio ativo e grupo de saída são partes de um todo, o substrato. Na perspectiva estática do campo, as taxonomias podem ser indefinidamente ampliadas ou aprofundadas, e a expansão das taxonomias é uma das principais características do conhecimento científico.

Na perspectiva dinâmica, os fenômenos são construídos em termos de atividades. A atividade envolve algum tipo de mudança que é orientada para algum propósito global. As atividades podem ser classificadas como não-momentadas e momentadas. As atividades não-momentadas são aquelas que não fazem parte de uma sequência de atividades, são atividades únicas, construídas por meio de uma figura (Hao, 2020), por exemplo, o ácido sulfúrico atua como catalisador. De acordo com Doran e Martin (2021), as atividades podem ainda encapsular outras atividades menores: em um exemplo dado pelos autores, “a atividade inflamação encapsula outras atividades: aumento do diâmetro e permeabilidade dos vasos sanguíneos, migração do fagócito, fagocitose e reparo do tecido” (Doran & Martin, 2021, p. 110). Já as atividades momentadas constituem uma sequência de atividades e podem ser de implicação, quando uma atividade implica em outra atividade, e são mais comuns em explicações científicas nas quais os eventos tendem a ser descritos em termos de relações causais ou condicionais de vinculação como, por exemplo, o aquecimento da mistura reacional (atividade 1) leva a quebra das ligações nos reagentes (atividade 2). As atividades momentadas podem ainda ser de expectativa, que são atividades que não guardam entre si uma relação de causa e efeito e são mais comuns na descrição de procedimentos experimentais.

Associado a esse sistema, de perspectiva do campo, está o sistema de propriedades. Um item, ou atividade, pode ou não apresentar propriedade, que pode ser do tipo qualitativa, ou espaço-temporal. As propriedades qualitativas são aquelas que atribuem algum tipo de atributo qualitativo ou identificador a um item ou atividade, por exemplo, os metais que apresentam coloração prateada. A propriedade espaço-temporal posiciona o item ou atividade em um tempo e espaço específicos, por exemplo, em um dos relatórios analisados o estudante utiliza o termo **adjacente** para indicar a posição de um átomo, “Na terceira etapa temos a migração do hidrogênio do oxigênio que se ligou ao substrato para um oxigênio adjacente” (R3). Estas propriedades, qualitativa e espaço-temporal, podem ainda, serem ordenadas e medidas, por exemplo, o cloreto de sódio é um sólido branco, higroscópico e com densidade de 2,16 g/mL. No campo da química, inúmeras propriedades estão diretamente relacionadas a uma quantidade, e são chamadas de propriedades quantitativas, por exemplo, a temperatura de ebulição da água, ao nível do mar, que é 100°C. Compreendemos que estas propriedades estão incluídas no modelo de Doran e Martin (2021) como uma propriedade que pode ser ordenada, por exemplo, o ácido clorídrico é um ácido mais forte que o ácido acético, e medida, por exemplo, a temperatura de ebulição do etóxietano (34,6°C) é menor que o do etanol (78,4°C).

Itens, atividades e propriedades podem participar de um terceiro sistema, o de interdependência, que pode ser construído de duas maneiras: reconstrução e inter-relação. Na reconstrução, um recurso pode ser reconstruído como outro. Uma atividade, por exemplo, reagir, pode ser reconstruída como o item, reação (atividade itemizada). Assim, a atividade reação, como item, pode entrar em uma taxonomia e ser classificada como reação de saponificação, reação de hidrólise e reação de adição. A inter-relação se refere a forma como os diferentes elementos do campo estão associados uns aos outros. Os elementos podem se inter-relacionar, posicionando como relativamente independentes um do outro, como, por exemplo, os diferentes tipos de interações entre as moléculas. Por outro lado, alguns elementos são dependentes de outros. A propriedade física temperatura de ebulição, por exemplo, é relativamente dependente do tipo de interação intermolecular que a molécula apresenta. Um resumo dos três sistemas de análise do campo, juntamente com exemplos retirados dos relatórios, é apresentado na Figura 4.

A inter-relação entre os elementos do campo pode ocorrer por extensão, na qual o significado de um elemento isolado pode ser complementado por outro. Esta inter-relação de significados por extensão pode ou não levar a uma consequência, que por sua vez pode passar por um processo de elaboração ou ser reescrita de outra forma, dando origem a outro elemento do campo. No exemplo citado por Doran e Martin (2021), a propriedade itemizada, inclinação da Terra, tem seu significado complementado por extensão, pelos elementos hemisférios (item), órbita da Terra (atividade) e recebimento de luz solar pela Terra (atividade). A junção desses elementos leva a uma variação da energia solar (propriedade itemizada) ao redor da Terra (consequência). Por sua vez, a variação de energia solar pode ser reescrita como estações do ano (elaboração), outra propriedade itemizada, que, como item, pode ser taxonomizada por classificação em verão, inverno, outono e primavera. Não encontramos muitos exemplos de inter-relação para os conteúdos dos relatórios que vamos analisar.

**Figura 4**

*O modelo de Doran e Martin para o campo da Química*

Sistema		Exemplo	
Perspectiva	Estática (itens)	Classificação	Base fraca Base forte
		Composição parte/todo	Grupo de saída e sítio ativo são partes de uma molécula.
	Dinâmica (atividades)	Momentada de implicação	O aquecimento da mistura reacional leva a quebra das ligações nos reagentes.
		Momentada de expectativa	Adicione água a mistura reacional. Filtre.
		Não-momentada	O ácido sulfúrico atua como catalisador. Solubilização
Propriedade	Qualitativa		Os metais apresentam coloração prateada.
	Espaço-temporal		Na terceira etapa temos a migração do hidrogênio do oxigênio que se ligou ao substrato para um oxigênio adjacente.
	Ordenada e medida		O cloreto de sódio é um sólido branco, higroscópico e com densidade de 2,16 g/mL. A temperatura de ebulição do etoxietano (34,6 °C) é menor que o do etanol (78,4 °C).
Interdependência	Reconstrução	Atividade como item	Reação de saponificação Reação de hidrólise
	Inter-relação	Não se relacionam	Ligação de hidrogênio Interação íon-íon
		Se relacionam	A propriedade física temperatura de ebulição, dependente do tipo de interação intermolecular que a molécula apresenta.

### **O Modelo Semântico Discursivo de Entidades e Dimensões de Hao**

Itens e atividades itemizadas, na perspectiva de campo, são realizados no nível estratal da semântica do discurso como entidades. Hao (2018) constituiu vários tipos de entidades que dependem do campo. Nos estudos de Hao (2020), foram elencados seis tipos de entidades: entidade fonte, entidade coisa, entidade atividade, entidade semiótica, entidade lugar e entidade tempo. Neste trabalho, limitamos o estudo das entidades a duas: a entidade coisa e a entidade atividade. A entidade coisa está envolvida

com a visão de perspectiva estática de campo de Doran e Martin (2021), enquanto a entidade atividade está relacionada com as atividades na perspectiva dinâmica do campo. Doran e Martin (2021) sugerem que as entidades atividades permitem que a atividade de campo seja reconstruída a partir de uma perspectiva estática, tornando-se atividades discriminadas ou itemizadas e, como itens, podem entrar em taxonomias de classificação e composição.

De acordo com a categorização de Hao (2020), a entidade coisa pode ser classificada em dois grupos distintos: entidade coisa instrumental e entidade coisa observacional. Aquelas que são tipicamente relacionados com a parte instrumental de uma experiência são as entidades coisa instrumental e incluem os nomes de substâncias e equipamentos. As entidades coisa observacionais envolvem itens que precisam ser definidos linguisticamente. No campo da biologia, estes itens incluem o que pode ser visto a olho nu como, por exemplo, um inseto, o que pode ser visto por meio de um microscópio e, por exemplo, uma célula e o que é apenas inferido como, por exemplo, um sítio enzimático. No campo da química as entidades coisa da categoria observacional, podem ser vistas sob duas perspectivas, aquelas que podem ser observadas como, por exemplo, uma porção de líquido definido linguisticamente no mundo macroscópico como ácido sulfúrico e a molécula de ácido sulfúrico que se situa no mundo submicroscópico e, portanto, é inferida.

As entidades atividade estão relacionadas a processos, ou seja, atividades que estão sendo realizadas tanto no mundo macroscópico, quanto no mundo submicroscópico. As entidades atividades podem ser de dois tipos: entidade atividade relatada e entidade atividade observacional. A entidade atividade relatada está relacionada ao **fazer ciência**, por exemplo, **experimento**, estudo ou como fazer ciência, ou seja, o **método**. A entidade atividade relatada é uma atividade realizada por um **agente** que é uma entidade pessoa. As entidades atividade observacionais são atividades que, no campo da química, geralmente ocorre no nível submicroscópico e representam processos geralmente nominalizados, por exemplo, reação. O agente que realiza a entidade atividade observada é uma entidade coisa.

As entidades coisa e as entidades atividade podem ter seus significados enriquecidos pelo que Hao (2020) denomina de dimensão da entidade. O sistema de dimensionalidade proposto pela autora prevê quatro tipos de dimensão: categorizada, estruturada, medida e percebida. A dimensão categorizada nomeia a relação entre entidades por taxonomia de classificação, enquanto a dimensão estruturada relaciona as entidades por taxonomia de composição parte-todo. Estas dimensões, categorizada e estruturada, fornecem recursos importantes para nomear explicitamente relações taxonômicas entre itens do campo, incluindo atividades reconstruídas como itens, no discurso semântico.

As dimensões medida e percebida nomeiam as propriedades com base nas quais os itens se distinguem uns dos outros. A dimensão medida enriquece uma entidade mostrando como esta pode ser quantificada. Esta medida pode ser específica, feita de

forma numérica, por exemplo, 0,5 mL de ácido sulfúrico, ou genérica através de termos que indicam quantidade não específica como, por exemplo, **vários**, **alguma**. A dimensão medida pode ser associada a uma propriedade quantitativa, visto que esta propriedade pode ser comparada, ordenada e medida, por exemplo, “a cafeína é 9 vezes mais solúvel em diclorometano que em água” (S8). A dimensão percebida fornece um recurso para nomear propriedades qualitativas que podem ser percebidas e observadas através dos sentidos humanos, como visão, olfato, audição e tato e não necessitam ser quantificadas, por exemplo, “observou-se a formação de um precipitado de coloração branca” (R1). Assim do ponto de vista do campo, **coloração** é uma propriedade, do ponto de vista da semântica do discurso, **coloração** é uma dimensão que aumenta o significado da entidade precipitado.

As dimensões **ampliam** as entidades (coisa e atividade), e entram no discurso por serem dependentes de uma entidade, e essa relação entidade-dimensão, como um todo, interage com os outros significados interpessoais no texto e é assim tratada como uma unidade semântica do discurso (Hao, 2020).

### Adaptações ao Modelo de Hao Sob o Olhar da Química

No estrato da semântica do discurso, Hao (2020) propõe a construção de significados por meio de entidades e dimensões. Inicialmente separamos as entidades em dois grupos: As entidades coisa (instrumental e observacional) que realizam itens e as entidades atividade (relatadas e observadas) que realizam atividades. Na nossa análise, no campo da química, percebemos que essa classificação precisava ser reformulada. Na química, trabalhamos com os conceitos de mundo macroscópico relacionado ao mundo submicroscópico. No mundo submicroscópico muitos itens, atividades e propriedades são inferidas. Outro aspecto considerado é que algumas ocorrências podem ser classificadas como uma entidade coisa observada, como por exemplo, precipitado, que é produto de uma reação química e se constitui de uma substância química. Dessa forma, classificamos as entidades coisa como instrumental, de ocorrência e inferida (Figura 5).

**Figura 5**

*Reclassificação das entidades coisa*

Entidade coisa	Definição	Exemplo
Instrumental	Ostensivamente definida no mundo macroscópico	Tubo de ensaio, balança analítica
Instrumental	Linguisticamente definida no mundo macroscópico	Ácido sulfúrico, hidróxido de sódio
De ocorrência	Linguisticamente definida no mundo macroscópico	Precipitado
Inferida	Linguisticamente definida no mundo submicroscópico	Átomo, íon

Quando passamos ao segundo grupo proposto por Hao (2020), de entidades atividades, este também é subdividido em entidades atividades realizadas e entidades atividades observadas. Para nós, esta classificação também não contempla a especificidade do campo da química. Algumas atividades, como filtração e aquecimento, são muito comuns nos procedimentos experimentais e foram alocadas na categoria de Entidade Atividade Relatada. As atividades que ocorrem no mundo submicroscópico foram classificadas como Entidades Atividades Inferidas (Figura 6).

**Figura 6**

*Reclassificação das entidades atividades*

Entidade Atividade	Definição	Exemplo
Relatada	Entidade atividade, cujo agente realizador da atividade é uma entidade pessoa	Método, procedimento experimental, filtração
Inferida	Definida linguisticamente, tendo como agente realizador da atividade uma entidade coisa	Reação de acetilação, hidrólise, solubilidade

## A Metáfora Gramatical

Um elemento importante da linguagem que consideramos também mapear nos dados foi a construção de metáforas gramaticais pelos estudantes. A linguagem científica altera profundamente a forma de falar sobre o mundo, operando uma nova gramática. Uma das principais características dessa gramática é o uso da metáfora gramatical (Halliday & Martin, 2005). Diferentemente da metáfora ordinária, em que um nome é empregado metaforicamente, sem qualquer mudança na estrutura gramatical como, por exemplo, no emprego da palavra **dilúvio** na frase **ele apresentou um dilúvio de ideias**, na metáfora gramatical o que acontece é a mudança da função gramatical. Os substantivos ou grupos nominais, que normalmente designam coisas, animais e pessoas, passam a designar processos. Estes são normalmente designados por verbos.

A metáfora gramatical é um recurso linguístico que permite que significados semânticos (do discurso) sejam realizados por meio de múltiplas escolhas gramaticais. Halliday (1998) reconheceu duas funções da metáfora gramatical: a instancial (conhecida como metáfora **viva**) que contribui para a organização do texto e a sistêmica (conhecida como metáfora **morta**) que contribui para a construção do tecnicismo.

O fluxo discursivo composto por meio da metáfora gramatical é orientado textualmente, empacotando uma oração no texto em uma informação, que será dada na oração seguinte envolvendo um processo de **nominalização** que transforma, por exemplo, um verbo em um substantivo. Em exemplo dado por Halliday e Martin (2005, p.89), “O átomo emite e absorve energia em unidades discretas, ou quanta. Cada emissão caracteriza a transição para um estado de menor energia e cada absorção caracteriza a transição para um estado de maior energia”, a informação de que o átomo emite e absorve

energia, na primeira oração, é empacotado em dois termos nominalizados, **emissão** e **absorção** na segunda oração. Esses grupos nominais passam a designar processos que são relacionados por **verbos de ligação**. Há, portanto, uma mudança na função gramatical dos grupos nominais que passam a designar processos e dos grupos verbais que passam a designar relações entre os dois grupos nominais. Como as orações podem ser reescritas de forma congruente, por exemplo, **ao emitir energia, o átomo transita para um estado de menor energia**, esta metáfora gramatical pode ser descompactada gramaticalmente, e por isso é instanciada e, portanto, uma metáfora gramatical viva.

Em textos científicos há um grande número de nominalizações que não são facilmente descompactadas gramaticalmente, e são usadas como termos técnicos para desenvolver o conhecimento científico. Halliday (1998), sugeriu que elas começaram por serem construídas como metáforas gramaticais, mas foram convencionalizadas ou **destiladas** no seu uso ao longo do tempo e, portanto, deixaram de ser metafóricas, ou seja, tornaram-se mortas, por exemplo, **hidrólise**. As metáforas mortas, como termos técnicos, geralmente são introduzidas por uma definição (Hao, 2021, p.140), por exemplo, “difusão é o processo pelo qual uma substância em alta concentração move-se para um local de baixa concentração”.

## Percurso Metodológico

Delimitamos, neste trabalho, a análise da seção de resultados e discussão de textos de relatório de atividade experimental produzidos por alunos na disciplina de química orgânica. A escolha desta parte em particular se deve ao fato de que é nesta seção que o aluno descreve os resultados obtidos nos experimentos e explica os fenômenos observados.

Os experimentos em química orgânica são de três tipos: Estudo de técnicas, como por exemplo, extração e recristalização; estudo de reações químicas como, por exemplo, reação de substituição e o estudo de propriedades como, por exemplo, acidez e basicidade dos compostos orgânicos. Neste trabalho o *corpus* de análise são textos de cada um destes tipos de experimento (Figura 7), comparando estes textos produzidos pelos estudantes com textos sintéticos elaborados e validados por professores de química orgânica. Sempre que citarmos parte dos textos dos alunos ou o relatório sintético, colocaremos essa citação entre aspas, seguida da letra **R** ou **S** e de um número, de 1 a 31, entre parênteses, que indica o número desse relatório. Os relatórios de R1 a R7 se referem ao experimento Estudo de Reação Química e o S8 ao relatório sintético desse tema; os de R9 a R17 ao experimento Estudo de Técnica e S18 ao relatório sintético desse tema; e os de R19 a R30, ao experimento de Estudo de Propriedade e S31 ao relatório sintético desse tema. O *corpus* de análise foi construído a partir de relatórios da disciplina de química orgânica elaborados no ano de 2019 e 2023, disponibilizados pelos estudantes do curso de licenciatura em Química por meio de um termo de consentimento livre e esclarecido e por professores que ministram a disciplina de química orgânica do mesmo curso. O projeto de pesquisa que deu origem a este artigo foi aprovado pelo Comitê de Ética de Pesquisa da Universidade Estadual onde foi realizado.

**Figura 7***Composição do corpus de análise*

Grupo de experimento	Tipo de experimento	Assunto da atividade experimental	Identificação dos relatórios dos estudantes	Identificação dos relatórios sintéticos
Grupo 1	Estudo de reação química	Esterificação	R1 a R7	S8
Grupo 2	Estudo de técnica	Extração da cafeína	R9 a R17	S18
Grupo 3	Estudo de propriedade	Solubilidade	R19 a R30	S31
Total de relatórios			28	03

### Aplicando o Modelo de Campo de Doran e Martin (2021)

Em termos de campo, analisou-se os textos utilizando o sistema de perspectiva, o sistema de propriedades e o sistema de interdependência. Em relação ao primeiro sistema, de perspectiva, procuramos identificar as potencialidades de construção de taxonomias no texto, seja de classificação ou composição, e que tipo de atividades são escolhidas pelos estudantes para descrever e explicar fenômenos. Utilizamos a classificação de Doran e Martin (2021) para as atividades não momentadas e para as atividades momentadas de expectativa e implicação (Figura 8).

**Figura 8***Atividades momentadas e não momentadas*

Tipo de atividade	Descrição
Atividade não momentada	Atividade única, que não faz parte de uma sequência de atividades e que pode encapsular outras atividades
Atividade momentada de expectativa	Sequência de atividades em que uma atividade não implica ou não depende de outra
Atividade momentada de implicação	Sequência de atividades em que uma atividade implica ou depende de outra

Mapeamos nos textos analisados as propriedades qualitativa e espaço-temporal. Foi considerado como propriedade todos os termos que conferiam um atributo a um item ou uma atividade. Quando este termo indicava algum grau de intensidade da propriedade analisada, ou quando a mesma propriedade era comparada entre diferentes elementos do campo, consideramos esta propriedade como ordenada, e quando um valor numérico estava associado a propriedade, a consideramos como ordenada e medida.

Aplicamos também o modelo da Figura 3 para mapear os elementos do campo que sofreram processo de reconstrução na forma de atividades itemizadas e propriedades itemizadas. O reconhecimento desta reconstrução se deu pela potencialidade destes elementos (itens, atividades e propriedades) em construir taxonomias, por exemplo, quando o estudante descreve que no experimento ocorreu uma reação de adição, ele

coloca o termo **reação** dentro de uma classificação taxonômica mesmo que não indique outros tipos de reação. Também foram analisados como os estudantes construíram relações entre os elementos do campo.

### Mapeando Entidades Utilizando o Modelo Adaptado de Hao (2020)

Com relação à realização de itens e atividades dentro da semântica do discurso, procurou-se identificar quais escolhas linguísticas são feitas pelos estudantes em termos de entidades, seguindo uma adaptação da classificação proposta por Hao (2020). As características de cada entidade estão descritas na Figura 9.

**Figura 9**

*Características das entidades e ocorrências*

Entidade	Tipo	Característica	Exemplo
Coisa	Instrumental	Ostensivamente definida	Nome de vidrarias, equipamentos e materiais necessários ao experimento, por exemplo, tubo de ensaio, balança.
		Linguisticamente definida	Nomes, fórmulas moleculares e classe de substâncias envolvidas nos experimentos, por exemplo, ácido sulfúrico, base e $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
	Ocorrência	Linguisticamente definida	Termos que se refiram a substâncias que são produtos de fenômeno químico, por exemplo, precipitado, produto, cristal
	Inferida	Linguisticamente definida	Nomes de espécies químicas, por exemplo, nomes de moléculas, íons e átomos.
Atividade	Relatada	Ostensivamente definida	Qualquer atividade que tenha como agente realizador uma entidade pessoa, por exemplo, teste de identificação, experimento, método, filtração.
	Inferida	Linguisticamente definida	Qualquer atividade cujo agente realizador seja uma entidade coisa, por exemplo, reação, ligação, interação intermolecular.

Algumas atividades realizadas por um nome, são frutos do processo de nominalização de um verbo. Temos uma infinidade de termos que são frutos desse processo de nominalização, por exemplo, fusão (a partir de fundir), ebulição (a partir de ebulir) e reação (a partir de reagir). A nominalização pode ser um recurso de descontextualização do texto de forma a aproximar a escrita da linguagem científica. Dependendo de como a nominalização foi construída pelo estudante, o grupo nominal pode indicar uma metáfora gramatical, na qual ocorre a substituição de uma classe ou estrutura gramatical por outra (Halliday & Martin, 2005). A construção de metáforas gramaticais também foi mapeada e para isso analisamos os termos nominalizados utilizados pelos estudantes em busca de metáforas gramaticais vivas.

Na análise dos textos consideramos, inicialmente, a contagem das palavras contido no texto e utilizamos a ferramenta de contagem de palavras disponibilizada por um editor de texto. Quando o texto apresenta figuras, levamos em consideração as palavras constantes na figura visto que alguns estudantes, ao invés de escrever um texto, preferem explicar um determinado fenômeno por meio de diagramas ou esquemas. Consideramos também as palavras contidas em tabelas ou quadros produzidos pelos estudantes com informações relevantes para a explicação do fenômeno. Não foram consideradas as representações simbólicas como equações químicas, na contagem de palavras.

Após a leitura de cada texto, identificamos as palavras ou grupos de palavras que se enquadravam nas características definidas para as entidades e também identificamos as nominalizações. Em muitos casos, quando estes elementos eram representados por duas ou mais palavras, por exemplo, ligação de hidrogênio, contamos esse grupo de palavras como sendo um único termo e fizemos deduções do número total de palavras no texto, assim, na oração **as moléculas da água e etanol fazem ligação de hidrogênio entre si**, contamos apenas dez palavras em vez das doze contadas na ferramenta de contagem de palavras. Utilizamos o mesmo critério quando uma propriedade estava associada a uma entidade incluindo valor ou graduação, por exemplo, **molécula polar** ou **ácido muito forte**.

Em alguns casos, classificamos a entidade de acordo com a primeira palavra do grupo nominal, por exemplo, em a **molécula de ácido acetilsalicílico**, consideramos como entidade a palavra molécula, e o restante do termo, foi considerado como um atributo identificador desta molécula. Nesse exemplo e em outros similares, todas as palavras foram contadas como um único termo.

O número das entidades identificados em cada texto foi convertido em valores percentuais para possibilitar a comparação entre as escolhas linguísticas dos estudantes independentemente do assunto da atividade prática. A partir destes valores foi traçado um perfil da linguagem utilizada pelos estudantes para descrever e explicar um fenômeno experienciado. Os dados foram organizados em tabelas, seguindo a codificação descrita na Figura 10.

### Figura 10

#### *Codificação das entidades*

<b>Entidade</b>	<b>Código</b>
Entidade Coisa Instrumental Ostensivamente definida	ECIod
Entidade Coisa Instrumental Linguisticamente definida	ECIld
Entidade Coisa Ocorrência	ECO
Entidade Coisa Inferida	ECInf
Entidade Atividade Relatada	EAR
Entidade Atividade Inferida	EAIInf

## Resultados e Discussão

### Relações de Campo

Para uma melhor compreensão da discussão, nesta seção utilizamos uma codificação para propriedades e termos que se referem a dimensões quando usamos exemplos dos textos dos estudantes e precisamos destacar estes elementos. As propriedades estão sublinhadas e os termos referentes a dimensões estão em itálico.

### De uma Perspectiva Estática

Quando analisados os relatórios do grupo 1, que envolvem uma reação química, foi possível identificar algumas taxonomias de composição parte/todo quando o estudante explicava, em nível submicroscópico, o mecanismo da reação. Por exemplo, em R1, quando o estudante identifica que a hidroxila faz parte da molécula do ácido salicílico, em R3 quando se descreve que a “migração do hidrogênio, torna essa parte do intermediário, um bom grupo de saída” e em R6, quando o estudante classifica a molécula do ácido salicílico como “bifuncional por que possui dois grupos funcionais: fenol e ácido carboxílico”. Em cada um destes exemplos temos uma parte, por exemplo, um grupo de saída, que é parte de um todo, o intermediário. Portanto, trata-se de uma taxonomia por composição parte-todo. Não foi possível identificar taxonomia de classificação nos textos dos estudantes para este grupo de relatórios, no entanto identificamos no texto sintético (S8), que a ordenação de uma propriedade ligada a um item, permite inferir este tipo de taxonomia. O grupo nominal, **ácido muito forte**, sugere que existe outro ácido cuja força é menor.

Nos relatórios do grupo 2, que tratam da técnica de extração, a taxonomia de classificação foi evidenciada quando o estudante descreve que é “necessário acrescentar diclorometano para separar a fase orgânica da fase inorgânica” (R11). Nos demais textos, incluindo o sintético, a taxonomia de classificação também é apenas sugerida, por exemplo, “a fase orgânica contendo cafeína foi tratada com sulfato de sódio” (S18). Não foram encontrados outros exemplos de taxonomia de classificação para os textos deste grupo.

Os relatórios do grupo 3, que tratam de uma propriedade, apresentam vários exemplos em que itens e atividades constituem taxonomias de classificação e composição. Por exemplo, em R19, o estudante explica que, em uma molécula, podem se formar polos negativos e polos positivos, mostrando que existem dois tipos de cargas associadas aos polos, “além de formarem polos negativo e positivo no hexano”. Ele coloca estes polos em uma taxonomia de classificação. Já quando o estudante explica a solubilidade de uma substância química, descrevendo que a estrutura desta substância tem uma parte polar e outra parte apolar, por exemplo, “a acetanilida é solúvel em metanol. Isso acontece pelo fato de que a acetanilida tem em sua estrutura uma parte apolar e outra apolar” (R19). Nesse caso o estudante está construindo uma taxonomia de composição parte todo, pois a parte polar e a parte apolar pertencem à mesma molécula.

## De uma Perspectiva Dinâmica

Considerando que, nos relatórios do grupo 1, alguns estudantes utilizam a descrição do mecanismo da reação através de uma figura com estruturas químicas, as atividades descritas por meio de verbos, por exemplo, **atacam**, ou verbos nominalizados, como o ataque, foram classificadas como atividades não momentadas. Primeiro, porque fazem parte do título de uma etapa da reação, por exemplo, “protonação” (R1). Segundo, porque estas atividades, por exemplo, protonação, encapsula outras atividades, “um oxigênio da carbonila ataca um próton do ácido sulfúrico (catalizador da reação), para assim o oxigênio ficar com o par de elétrons da ligação pi e deixar o carbono positivo (sítio ativo)” (R3).

A maioria das atividades nestes textos foi identificada como atividades momentadas. Estas atividades foram analisadas como uma sequência de duas ou mais atividades. Verificamos que na maioria destas sequências, uma atividade implica em outra. Os estudantes utilizam este tipo de atividade momentada de implicação, para descrever o que foi feito, ou descrever os resultados, a nível macroscópico, por exemplo, “há a necessidade de se resfriar a mistura reacional para cristalizar o produto formado” (R3), como também para explicar o mecanismo da reação no nível submicroscópico, por exemplo, “o cloreto férrico reage com a hidroxila fenólica do ácido salicílico formando um complexo ferro-fenol” (R2). Talvez por ser uma seção em que se descreve e se explica o resultado do experimento, envolvendo a obtenção de produto por reação química, as atividades momentadas de expectativa tenham sido pouco evidenciadas neste grupo de relatórios. Esse tipo de atividade é comum na descrição de procedimentos experimentais (Doran & Martin, 2021), mas isso não se confirmou nos dados dos relatórios do grupo 1.

Quando passamos a analisar os relatórios do grupo 2 com relação ao tipo de atividade, percebemos que os estudantes inserem parte do procedimento experimental na seção de resultados e discussão. Como consequência, a maioria das atividades foram classificadas como atividade momentada de expectativa, por exemplo, “após a agitação, houve a formação de duas fases e recolhemos apenas a fase orgânica no erlenmeyer, em seguida adicionamos sulfato de sódio” (R14). Atividades momentadas de implicação foram evidenciadas quando o estudante explica a função de um item utilizado no experimento, seja essa explicação em nível macroscópico, por exemplo, “com a evaporação do solvente, ocorreu a formação dos cristais que é a cafeína pura” (R12), ou em nível submicroscópico, por exemplo, “se utiliza o carbonato de cálcio porque o meio básico promove a hidrólise do sal de cafeína-tanino, aumentando o rendimento da extração da cafeína” (R17).

Nos relatórios do grupo 3, os estudantes raramente descrevem o campo utilizando sequências de atividades. Na maior parte do texto os estudantes explicam a solubilidade de uma substância em outra utilizando suas características, por exemplo, “a acetanilida é insolúvel em água. Isso acontece pelo fato da acetanilida ter oito carbonos em sua estrutura molecular” (R19). Entretanto foram identificadas atividades de implicação, por exemplo, “o metanol possui uma hidroxila em sua estrutura que interage com uma hidroxila do ácido salicílico formando assim uma ligação de hidrogênio” (R19) e “haverá

a doação de um próton do ácido clorídrico para a anilina, formando assim um sal” (R13). Encontramos, dentro deste tipo de atividade, um subtipo, em que a intensidade de uma atividade não implica em outra, mas impede que outra atividade aconteça, por exemplo, “as fortes ligações de hidrogênio (interação molecular) das (entre as) moléculas de água dificultam a solubilização” (R25).

Na maioria das vezes as atividades têm como objetivo verificar se o soluto estudado é solúvel ou não num determinado solvente, por exemplo, “utilizando o hexano como solvente da acetanilida, o soluto é parcialmente solúvel” (R20). Se considerarmos que o estudante, num desvio da linguagem culta, omite algumas palavras, poderíamos reescrever a frase anterior como uma sequência de atividade de expectativa acrescentando a atividade verificar ou observar, “utilizando o hexano como solvente da acetanilida, (verificamos que) o soluto é parcialmente solúvel”. Observou-se que na escrita dos relatórios deste grupo, os estudantes utilizam basicamente cinco estruturas de construção envolvendo atividades (Figura 11).

**Figura 11**

*Construção das frases no texto envolvendo atividades*

Tipo	Exemplo
Atividade levando a propriedade	tanto o ácido salicílico como a anilina, utilizados como soluto, são <u>insolúveis</u> em todos os solventes (R22) como essa interação é muito forte, estes líquidos são completamente <u>solúveis</u> (R24)
Propriedade levando a atividade	considerando que são altamente <u>apolares</u> a solubilização foi total (R5)
Propriedade não levando a uma atividade	A água e o hexano também são imiscíveis pelo fato de um composto ser <u>polar</u> e o outro composto ser <u>apolar</u> , dificultando uma interação entre suas respectivas moléculas (R22)
Estrutura química levando a uma atividade	a presença de muitos carbonos na sua forma estrutural, e um grupo hidrofílico (NH) possibilita uma pequena interação com a água (R21)
Estrutura química impedindo uma atividade	não será possível realizar uma ligação de hidrogênio, pois o hexano não possui grupos hidrofílicos (R21)

Estas atividades isoladas não parecem se enquadrar na classificação feita por Doran e Martin (2021), por exemplo, para atividades não momentadas, pois apesar de serem atividades isoladas, não encapsulam outras atividades como proposto pelos autores. Outras atividades também não foram classificadas devido ao fato de os estudantes utilizarem outros verbos para indicar um processo identificador, por exemplo, em “a acetanilida apresentou-se parcialmente solúvel em água” (R21), o verbo “apresentou-se” não representa uma atividade, pois está apenas indicando uma propriedade, podendo ser substituído pelo verbo ser, de forma que a oração seria reescrita como “a acetanilida é parcialmente solúvel em água”.

## Sistema de Propriedades

Se considerarmos os dois tipos de propriedades: qualitativa e espaço-temporal, podemos dizer, através da análise dos textos, que os estudantes fazem pouco uso de propriedades associadas a itens e atividades. Nos relatórios que envolvem uma reação química (grupo 1), a maioria das propriedades são aquelas observadas no mundo macroscópico, como, a forma e a cor do produto da reação, por exemplo, “após 30 minutos, notou-se a formação de um precipitado, cristais de cor branca” (R4) e coloração do sistema submetido ao teste de identificação do produto desta reação, por exemplo, “a mistura ficou com coloração violeta” (R5).

Foram identificados dois exemplos em que os estudantes utilizaram a propriedade espaço-temporal. Nos dois casos, a propriedade se refere à posição de um átomo, e são usadas quando os estudantes estão explicando o mecanismo da reação. Em R3 a palavra **adjacente** é utilizada para fazer uma distinção entre dois átomos de oxigênio, “na terceira etapa temos a migração do hidrogênio, do oxigênio que se ligou ao substrato para um oxigênio adjacente”. O mesmo ocorre em R7, com a palavra **central** em “um par de elétrons do oxigênio central do grupo anidrido ataca um hidrogênio que está ligado a um oxigênio protonado”. Algumas propriedades qualitativas eram ordenadas utilizando palavras que denotam intensidade, por exemplo, “o ácido acetilsalicílico é **pouco solúvel** em água” (R1) e “ácidos fortes proporcionam o **aceleramento** na velocidade das reações” (R7).

No grupo 2, também identificamos o pouco uso de propriedades pelos estudantes. Além das propriedades qualitativas de forma, solubilidade e cor, alguns estudantes, ao descrever um item, lhe atribuíam uma propriedade ordenada e medida, por exemplo, “A necessidade de deixar a mistura atingir a temperatura ambiente é devido esse solvente possuir ponto de ebulição por volta de 40°C” (R12) e ainda “a cafeína é cerca de 9 vezes mais solúvel em diclorometano que em água” (R15). Em nenhum dos textos dos estudantes ou no texto sintético deste grupo, foi evidenciado propriedades do tipo espaço-temporal. Algumas propriedades parecem depender de uma circunstância, por exemplo, “a temperaturas elevadas, a solubilidade da cafeína aumenta” (R10), no entanto, o fator circunstância não é tratado no modelo de Doran e Martin (2021).

Analisando o sistema de propriedade do grupo 3, percebeu-se que nestes textos, talvez por se tratar de um experimento que analise uma propriedade, o número de propriedades citadas foi muito maior que o encontrado nos textos dos grupos 1 e 2. Todas as propriedades identificadas são do tipo qualitativa. Algumas dessas propriedades são descritas como característica do item, por exemplo, “o metanol é uma molécula polar” (R19) e “é um sólido branco ou incolor e iônico que é sal de potássio do ácido ftálico” (R20). Outras propriedades são ordenadas, por exemplo, “momento dipolo *fraco*” (R20), e outras ainda, são ordenadas e medidas, por exemplo, “o hexano é um hidrocarboneto possuindo momento dipolar igual a zero” (R20) e “anilina possui densidade menor (1,02 g/m<sup>3</sup>) do que o NaOH que possui densidade maior (2,13 g/cm<sup>3</sup>)” (R25). Também foram identificadas propriedades não ordenadas, mas medidas, por exemplo, “o pKa da água é cerca de 16” (R27).



de classificação. O sistema de interdependência por inter-relação não foi observado para os textos do grupo 2, mas foi possível identificar um exemplo em um texto (R30) do grupo 3, quando o estudante relaciona itens do mundo submicroscópico, íons  $H^+$  e íons  $OH^-$ , a uma reação de neutralização. A elaboração como último passo do processo de inter-relação não foi evidenciado para este grupo de textos

## Mapeamento de Entidades

Itens e atividades como elementos do campo são realizados no discurso semântico através das entidades. Os itens são realizados através das entidades do tipo coisa, instrumental, de ocorrência ou inferida e as atividades quando reconstruídas como itens, são realizadas pelas entidades relatadas, se ocorrem no mundo macroscópico, e inferidas, quando acontecem no mundo submicroscópico.

As entidades categorizadas como entidade coisa, foram predominantes nestes textos no grupo 1 (Tabela 1). Com relação às entidades coisa utilizados pelos estudantes, a maioria refere-se a entidades coisa instrumental linguisticamente definidas (ECIId) como os nomes das substâncias envolvidas na reação de esterificação. A diferença ocorre em R3 e no texto sintético (S8), pois nesses textos há uma explicação mais detalhada do mecanismo da reação incluindo figuras que mostram as estruturas. Explicar detalhadamente como a reação ocorre, exige o uso de entidades coisa inferida (ECInf), como, por exemplo, nucleófilo, que se encontram apenas no mundo submicroscópico. Apesar de apresentar um maior número de entidades coisa instrumental linguisticamente definidas (ECIId), o texto R6 também apresenta um grande número de entidades coisa inferida (ECInf) pois, como R3 e S8, também apresenta o mecanismo da reação detalhado através de uma figura. Quando não há uma explicação do mecanismo da reação ou do teste de identificação, as ECInf estão ausentes, como em R4, ou têm porcentagem relativamente menores, como no restante dos relatórios.

**Tabela 1**

*Dados do mapeamento dos textos da seção, resultados e discussão dos relatórios de experimento reação de esterificação (grupo 1), em porcentagem*

Relatório	ECIod	ECIId	ECO	ECInf	EAR	EAInf	% termos
R1	1,00	10,03	1,67	4,35	1,00	2,34	20,39
R2	1,73	9,38	0,69	5,56	0,35	3,47	21,18
R3	2,64	8,30	0,38	9,81	1,13	6,79	29,05
R4	2,06	7,35	1,47	0	0	0,88	11,76
R5	2,25	8,39	0,97	2,58	0,65	2,25	17,09
R6	2,63	16,84	0,53	7,89	1,05	7,89	36,83
R7	0,98	5,15	0,74	5,39	0	2,45	14,71
S8	0,75	6,20	0,75	9,02	0,75	2,63	20,10

Esperava-se que, na explicação da reação, fosse também utilizada uma maior quantidade de entidades atividade inferida (EAInf) como, por exemplo, protonação, mas isso só foi observado em R3 e R6. A maioria dos estudantes nem sequer identifica o tipo de reação envolvido no experimento, apenas R3 e R6, fazem essa identificação assim como o texto sintético S8. Em R6, a quantidade de EAInf é maior devido ao fato de este estudante repetir algumas vezes o tipo de reação que está sendo realizada e utilizar outras entidades atividades que não aparecem nos demais textos como, por exemplo, **desidratação**, se referindo a um aspecto que não tem relação direta com o experimento, por exemplo: “o anidrido acético é produzido a partir da desidratação do ácido acético e a reação inversa ocorre ao adicionar água ao anidrido acético”. No texto R3, a quantidade maior de entidades atividade inferida (EAInf) se deve ao fato de o estudante apresentar uma figura detalhada do mecanismo e uma descrição detalhada desta figura.

As entidades atividade categorizadas como relatada (EAR) se resumem aos termos **teste de identificação, teste e experimento** e pouco aparecem nos textos analisados, o que está dentro do esperado, já que a maioria dos estudantes deste grupo utilizaram o texto para descrever e explicar o mecanismo da reação, e descrever e explicar o teste de confirmação da formação do produto. Da mesma forma, as entidades coisa instrumental ostensivamente definidas (ECIod) também foram pouco evidenciadas, se restringido ao termo **tubo de ensaio** com exceção do texto R4 que introduz a seção analisada com um resumo do procedimento experimental. As entidades coisa de ocorrência (ECO) neste grupo se resumiram aos termos **produto, precipitado**, mas principalmente **crystal** e são esperados já que o experimento fornece, ao término do processo, um produto da reação.

Quando olhamos para o grupo 2, o experimento de extração da cafeína, observamos uma maior quantidade de entidades classificadas como EAR (Tabela 2), o que é esperado visto que estas entidades estão associadas a este tipo de experimento. A quantidade menor de ECIod e EAInf se deve ao fato de os estudantes manterem a escrita do texto no mundo macroscópico e quando aparecem entidades inferidas, estas se restringem ao sal complexo formado entre a cafeína e o tanino como entidade coisa inferida, e a reação de hidrólise e o termo reação, como entidades atividade que ocorrem no mundo submicroscópico. Em todos os textos do grupo 2, os estudantes citam vidrarias e equipamentos necessários a técnica de extração (ECIod) e as entidades de ocorrência (ECO) limitam-se na maioria das vezes ao termo “crystal”, o produto da técnica de extração. O número de entidades mapeadas no grupo 2 foi menor que no grupo 1, mas assim como este grupo, a maioria das entidades são do tipo entidades coisa instrumental linguisticamente definidas (ECIId).

**Tabela 2**

*Dados do mapeamento dos textos da seção, resultados e discussão dos relatórios de experimento extração da cafeína (Grupo 2), em porcentagem*

Relatório	ECIod	ECIld	ECo	ECinf	EAR	EAIInf	% termos
R9	2,63	3,38	1,13	0	1,13	0	8,44
R10	1,06	5,82	1,58	0	1,58	0	10,04
R11	2,02	9,09	0,34	0	2,69	0	14,14
R12	2,05	9,09	0,58	0,29	1,76	0,29	14,06
R13	1,52	9,16	0,76	0	2,29	0	13,73
R14	2,16	3,88	0,86	0	4,31	0	11,64
R15	0,74	11,85	0,37	0	4,07	0,37	17,40
R16	0,41	8,26	0,82	0,82	2,89	0,41	13,61
R17	2,70	8,91	0,27	0,27	2,16	0,27	14,58
S18	0,52	11,81	0,52	0,79	2,62	0,79	17,05

Com exceção do texto sintético (S18), apenas dois estudantes identificaram a técnica utilizada neste experimento. Essa identificação enriquece o significado das entidades atividade relatadas (EAR,) **processo** e **método**, por exemplo, “processo de separação líquido-líquido” (R13) e “O método utilizado na extração da cafeína foi o sólido-líquido, mas principalmente o líquido-líquido” (R15). Os termos classificados como EAR foram, em sua maioria, extração, procedimento, aquecimento e resfriamento. Também identificamos na maioria dos textos dos estudantes e no texto sintético, a atividade **evaporação**, mas esta não foi classificada como EAR, pois para Hao (2020), a EAR é uma atividade realizada por uma entidade pessoa e o processo de evaporação descrito nos textos dos estudantes se refere a um fenômeno espontâneo que ocorre devido a ação de entidade pessoa, o aquecimento.

Nos textos desse grupo algumas entidades coisa instrumental linguisticamente definidas (ECIld) são também dimensionadas com medidas quantitativas, por exemplo, “10 mL de diclorometano” (R11). Isso acontece quando o estudante insere na seção de resultados e discussão, alguns aspectos do procedimento experimental realizado, o que pode ser observado em 5 dos textos analisados ou quando o estudante explica alguma característica da entidade. No texto sintético (S18), a dimensão medida de uma entidade é pouco evidenciada, tratando-se apenas de valores de rendimento, entidade não considerada neste trabalho. Segundo Hao (2020, p.86), “as dimensões medidas correspondem a qualidades quantificadas de uma entidade”, por exemplo, “[diclorometano] possui ponto de ebulição por volta de 40°C” (R12). Embora no campo da química, “ponto de ebulição” seja mais entendida como uma propriedade do que como uma qualidade, esta pode ser quantificada de forma específica, 40°C. Outras propriedades associadas a entidades são quantificadas utilizando o que Hao (2020, p.87), chama de **quantificações gerais**, por exemplo, “diclorometano que se trata de um solvente de polaridade alta” (R13).

Outra característica nos textos deste grupo, é que os estudantes descrevem funções para algumas entidades do tipo ECId, numa forma de explicar o motivo pelo qual esta substância foi utilizada no experimento, por exemplo, “carbonato de cálcio na solução, ele tem a função de diminuir essa emulsão e facilitar a extração da cafeína” (R17). Outras vezes, os estudantes descrevem características para as entidades, por exemplo, “no quarto processo é adicionado o sulfato de sódio anidro, uma substância secante” (R15).

Em todos os textos deste grupo, os estudantes descrevem as circunstâncias em que os processos ocorrem. **Água**, por exemplo, foi classificada como ECId, na maioria dos casos, mas quando dimensionada, o termo **água** foi classificado como circunstância, por exemplo, “O aquecimento também se deve pelo fato da cafeína ser mais solúvel em água **quente** do que em **fria**” (R17).

Basicamente as entidades mapeadas nos textos do grupo 3 (Tabela 03), são de três tipos: entidades coisa instrumental linguisticamente definidas (ECId), que assim como nos grupos 1 e 2, são as que estão em maior número; e, ainda, as entidades coisa inferidas (ECInf) e as entidades atividades inferidas (EAInf). Apenas 3 dos textos incluem nomes de vidrarias, por exemplo, “tubo de ensaio” (R19) e (R29) e em 6 textos, as entidades atividades relatadas (EAR) identificadas se restringem a “teste de solubilidade” (R31), “procedimento” (R24) e (R27), “experimentos laboratoriais” (R22), “teste de miscibilidade” (R26). Como neste experimento, apenas se misturam substâncias para verificar sua solubilidade, entidades de ocorrência, como precipitado e formação de um gás, não são evidenciadas.

**Tabela 3**

*Dados do mapeamento dos textos da seção, resultados e discussão dos relatórios de experimento solubilida (Grupo 3), em porcentagem*

Relatório	ECId	ECId	ECo	ECInf	EAR	EAInf	% termos
19	0,83	11,24	0	3,62	0	1,40	17,09
20	0	23,03	0	2,68	0	1,73	27,44
21	0	13,61	0	4,66	0	2,98	21,25
22	0,11	11,28	0	3,25	0,46	2,44	17,54
23	0	16,76	0	3,23	0	0,61	20,60
24	0	10,03	0	2,76	0,87	1,31	14,97
25	0	13,07	0	5,50	0	3,21	21,78
26	0	21,49	0	2,03	1,36	1,36	26,24
27	0	15,17	0	2,47	0,88	1,06	19,58
28	0	19,07	0	2,60	0	0,88	22,55
29	0,38	13,58	0	0,89	0,13	1,78	16,76
30	0	15,44	0	2,97	0	2,17	20,58
31	0	14,03	0	5,79	0,39	2,89	23,10

*Nota.* texto 31 é o texto sintético do grupo 3

Durante a explicação do fenômeno de solubilidade, muitas relações taxonômicas são constituídas, particularmente de composição (Doran & Martin, 2021), por exemplo, “em sua molécula existe uma grande parte hidrofóbica” (R22) e “a acetanilida [...] apresenta em sua estrutura, a carbonila” (R23). Os termos **parte hidrofóbica** e **carbonila** e outros termos semelhantes que são descritos como uma parte de um todo, não foram classificados como entidades. Mesmo compreendendo que o termo **carbonila** poderia ser considerada a princípio, uma entidade que mantém uma relação de co-elaboração com a entidade **acetanilida** (Hao, 2020), o termo **parte hidrofóbica** não nomeia uma entidade, no entanto os dois termos nomeiam partes de um todo enriquecendo o significado das entidades com as quais se relacionam, nestes exemplos, molécula e acetanilida.

As entidades ECId, ECInf e EAInf são utilizadas pelos estudantes, para explicar a propriedade solubilidade por meio da polaridade das substâncias, das interações intermoleculares e da estrutura molecular. Algumas vezes os estudantes ordenam estas entidades acrescentando palavras que lhes conferem graduação, por exemplo,

O cloreto de metileno faz interação de dipolo-dipolo induzido (EAInf) que são ligações **mais fracas** e elas não conseguem romper a ligação de hidrogênio (EAInf) da água, pelo fato desta ser **mais forte** (R19)

Em outros casos, a entidade é dimensionada utilizando “quantificações gerais, por exemplo, pequeno, grande, longo, curto” (Hao, 2020, p.88), dentro da dimensão medida, por exemplo, “biftalato tem uma cadeia hidrocarbônica *bem maior* do que a do solvente” (R19).

A ordenação de itens (entidade coisa) como o caso de “cadeia hidrocarbônica” (R19) e de atividade reconstruída como item (entidade atividade), neste caso **interação de dipolo-dipolo induzido** não é prevista no modelo proposto por Doran e Martin (2021), no qual apenas as propriedades podem ser ordenadas e medidas (vide Figura 3). O modelo de Hao (2020) permite esta ordenação dentro do conceito de dimensionalidade. A dimensão medida, portanto, permite dimensionar não só as propriedades, mas inclui também os outros elementos do campo quando estes são vistos sob a perspectiva de entidades no discurso semântico.

Comparando o mapeamento das entidades nos três de textos analisados, verificamos que no grupo 1, por apresentar descrição do experimento no nível macroscópico e explicação no nível submicroscópico, foi possível mapear todos os tipos de entidades. O grupo 3, foi o que apresentou uma menor diversidade de entidades. Mesmo fazendo relação entre os mundos macroscópico e submicroscópico, o experimento realizado não envolvia técnica e nem obtenção de produto, o que contribuiu para a menor diversidade.

A média de termos referente a entidades utilizadas nos textos foi de cerca de 21% para os grupos 1 e 3 e 13% para o grupo 2. O restante dos termos presentes nos textos são palavras que indicam propriedades, dimensões e intensidades destas propriedades, atividades realizadas por grupos verbais e que não se classificam como EAR e EAInf. Além disso não foram classificadas palavras que indicam circunstâncias, outras entidades aqui não mapeadas, como entidades semióticas e outras palavras com função na gramática, por exemplo, preposições, pronomes definidos e indefinidos.

Nos textos dos estudantes, as atividades, sejam elas como descrição do fenômeno no mundo macroscópico ou explicação do fenômeno no mundo submicroscópico, são realizadas por verbos, como por exemplo, “a hidroxila do ácido salicílico ataca o carbono polarizado do anidrido acético” (R6). Isso pode explicar as poucas atividades encontradas na forma nominalizada apesar de que, do ponto de vista técnico, o texto científico deva ser mais abstrato com as atividades sendo descritas na forma nominalizada (Halliday & Martin, 2005). Outra consequência do fato de o estudante não realizar processos de nominalização na escrita é a ausência de metáforas gramaticais vivas nos textos dos estudantes. A metáfora gramatical é um importante elemento da linguagem científica, pois tem um grande potencial para construir conhecimento e compor textos (Hao, 2021).

A construção de metáfora gramatical só foi evidenciada no texto sintético do grupo 1, quando o mecanismo da reação é explicado. Nos dois casos o substantivo (em negrito), na segunda oração encapsula a informação contida na oração precedente:

Nesta etapa, um grupo carbonila do anidrido acético é atacado pelo ácido sulfúrico presente no meio reacional. Neste **ataque** um par de elétrons livres do oxigênio do grupo carbonila forma uma ligação com um próton doado pelo ácido, como mostrado abaixo (S8).

Um próton é transferido entre átomos de oxigênio dentro da molécula. Esta **transferência** torna parte da molécula um bom grupo abandonador (S8).

A seguir, na Figura 13, apresentamos uma sistematização dos principais achados dos relatórios dos estudantes em articulação com o modelo de análise do campo proposta por Doran e Martin (2021) e o modelo de entidades e dimensão proposto por Hao (2020).

**Figura 13***Sistematização da análise dos relatórios*

Aspecto analisado		Grupo 1 (reação Química)	Grupo 2 (técnica)	Grupo 3 (propriedade)
O campo no contexto da química	Perspectiva estática	Alguns relatórios trazem exemplos de taxonomia de composição, mas não foi evidenciado taxonomia de classificação.	A taxonomia de classificação é apenas sugerida, não há evidências de taxonomia de composição.	Tanto a taxonomia de classificação quanto a de composição foram evidenciadas.
	Perspectiva dinâmica	A maioria das atividades descritas são momentadas e de implicação. As atividades não momentadas se restringe a títulos que encapsulam atividades.	A maioria das atividades descritas são momentadas de expectativa pois os estudantes trazem parte do procedimento experimental para seção analisada. Há evidências de atividades momentadas de implicação, mas não foram encontradas atividades não momentadas.	Foram encontradas apenas poucas evidências de atividades momentadas de implicação. As atividades são descritas como como produto de outros elementos como propriedade e estrutura química, não descritos no modelo avaliado.
	Propriedade	Os estudantes usam propriedades qualitativas de cor e forma para descrever o mundo macroscópico e as propriedades espaço-temporal para descrever o mundo submicroscópico.	Apenas as propriedades qualitativas foram evidenciadas e algumas foram ordenadas e medidas. Algumas propriedades pareciam depender de uma circunstância, fato não descrito no modelo avaliado.	Apenas as propriedades qualitativas foram evidenciadas e algumas foram ordenadas e medidas. Algumas propriedades eram apenas medidas não sendo anteriormente ordenadas com sugere o modelo avaliado.

**Figura 13***Sistematização da análise dos relatórios (continuação)*

Aspecto analisado		Grupo 1 (reação Química)	Grupo 2 (técnica)	Grupo 3 (propriedade)
O campo no contexto da química	Interdependência	Foram evidenciados poucos casos de reconstrução de atividades como itens e apenas um caso de inter-relação completa e dois outros que relacionam a dependência de uma atividade a inter-relação entre itens.	Foram evidenciados poucos casos de reconstrução de atividades como itens e nenhum caso de inter-relação.	Foram evidenciados poucos casos de reconstrução de atividades como itens e nenhum caso de inter-relação.
Mapeando entidades no discurso semântico que realiza o campo		Foram evidenciadas todas as categorias de entidades mapeadas descrevendo os mundos macroscópico e submicroscópico.	A maioria das entidades mapeadas foram entidades que descrevem o mundo macroscópico. As entidades coisa e atividades inferidas foram pouco evidenciadas.	A maioria das entidades mapeadas se agrupam em três categorias, sendo as entidades que descrevem o mundo submicroscópico, as mais evidenciadas.

## Conclusão

Neste trabalho mapeamos diferentes elementos do campo (as relações taxonômicas entre itens, os tipos de atividades e os tipos de propriedades) e suas realizações dentro do estrato da semântica do discurso da linguagem na forma de entidades e dimensões destas entidades, utilizando os modelos de análise de campo de Doran e Martin (2021) e de entidades e dimensões de Hao (2020).

Considerando os textos dos três grupos de relatórios aqui analisados, percebemos que os estudantes, apesar dos poucos exemplos identificados, constroem taxonomias utilizadas para classificar e categorizar itens. Isso foi mais evidenciado no grupo 3 quando os estudantes associavam uma propriedade a um item ou entidade coisa, numa maneira de explicar o fenômeno experienciado seja no nível macroscópico ou no nível submicroscópico. Nos textos do grupo 1 e 2, verificamos apenas um potencial de construção de taxonomia em que os estudantes descreviam itens associados a propriedades, mas não explicitavam nenhuma ordem de classificação. A taxonomia de classificação parece ser independente do tipo de experimento, já a taxonomia de composição só foi evidenciada quando os estudantes explicavam o fenômeno no nível submicroscópico, este foi o caso dos textos dos grupos 1 e 3.

Em termos de atividade, a análise dos textos dos estudantes mostrou que o tipo de atividade depende do tipo de experimento. Os textos do grupo 1, envolvendo reação química, apresentam um maior número de atividades momentadas de implicação do que os textos dos grupos 2 e 3, pelo fato de que neste grupo de relatórios, os estudantes descreverem detalhadamente o mecanismo da reação em etapas em que uma depende/implica em outra além de associarem uma evidência observada no mundo macroscópico como resultado de uma atividade que ocorre no mundo submicroscópico. Como os estudantes do grupo 2 descreviam parte do procedimento experimental dentro da seção analisada, a maioria das atividades encontradas nos textos deste grupo eram atividades momentadas de expectativa. No grupo 3, não se observou muitas sequências de atividades, mas foram identificadas atividades isoladas que não se enquadravam na classificação de atividades do Doran e Martin (2021), necessitando uma análise mais aprofundada num estudo posterior sobre este tipo de atividade.

Apesar de os estudantes pouco atribuírem propriedades a itens ou atividades, os dois tipos de propriedade — qualitativa e espaço-temporal — foram identificadas nos textos analisados, sendo o último tipo encontrado somente nos textos do grupo 1. A relação de interdependência entre os elementos foi pouco observada nos textos dos relatórios e basicamente nos textos do grupo 1. Na maioria dos casos, a interdependência ocorre por reconstrução de uma atividade como item (Entidade atividade) ou uma propriedade como item, e quando ocorre por inter-relação, os estudantes relacionam os itens por extensão e consequência, mas não fazem elaboração.

O mapeamento de entidades mostrou que a diversidade de entidades utilizadas nos textos depende do tipo de experimento. Os textos do grupo 1 apresentam uma maior diversidade de entidades enquanto nos textos do grupo 3, basicamente foram identificados três tipos de entidades. As entidades em maior quantidade em todos os grupos de textos analisados se referiam as substâncias utilizadas nos experimentos, as entidades coisa instrumental linguisticamente definidas, devido ao fato dos estudantes repetirem os nomes das substâncias diversas vezes no texto, seja na descrição, ou na explicação do fenômeno e associadas a estas entidades. Os estudantes descreviam dimensões medidas e propriedades e algumas vezes, a função desta entidade dentro do experimento.

Verificamos, nesta análise, que os estudantes têm dificuldade de descrever o mundo submicroscópico. Os textos do grupo 2, por exemplo, descreveram e explicaram a técnica de extração apenas no nível macroscópico, o que limitou a diversidade de entidades inferidas. Outra observação diz respeito a nominalização das atividades. Foram identificados poucos termos nominalizados e conseqüentemente nenhuma construção de metáfora gramatical viva, um importante recurso da linguagem científica, nos textos dos estudantes.

Considerando apenas os textos dos estudantes, analisados neste trabalho, podemos sugerir que o modelo de campo de Doran e Martin (2021) e o modelo de entidades e dimensionalidade de Hao (2020), com algumas modificações, podem ser usados para analisar a escrita utilizada pelos estudantes para descrever e explicar fenômenos no campo da química. No entanto, os textos aqui utilizados se referem a uma área específica

da química, a química orgânica. É necessário portanto estender este estudo às áreas de analítica, inorgânica e físico-química para averiguar como os diferentes conteúdos da química que refletem diferentes tipos de uso dos modelos de campo e do modelo de entidades e dimensionalidade.

## Contribuições dos Autores

**Administração do projeto:** Mortimer, E. F.; **Gerenciamento de dados:** Feitosa, E. M. A.; **Escrita — Primeira versão:** Feitosa, E. M. A.; **Escrita — Revisão e edição:** Feitosa, E. M. A., Mortimer, E. F.; **Investigação:** Feitosa, E. M. A.; **Metodologia:** Feitosa, E. M. A., Mortimer, E. F.; **Supervisão:** Mortimer, E. F.

## Disponibilidade de Dados de Pesquisa

Os dados serão fornecidos quando solicitados aos autores.

## Referências

- Bortnik, B., Stozhko, N., Pervukhina, I., Tchernysheva, A., & Belysheva, G. (2017). Effect of virtual analytical chemistry laboratory on enhancing student research skills and practices. *Research in Learning Technology*, 25, 1–20. <https://doi.org/10.25304/rlt.v25.1968>
- Carvalho, A. M. P. C. (2018). Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 18(3), 765–794. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2018183765>
- Clary-Lemon, J., Gervacio, R., & Latimer, D. (2019). Writing as a mode of learning: staged approaches to chromatography and writing in the undergraduate organic lab. *Journal Chemical Education*, 96(5), 965–969. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00072>
- Crawford, G. L., & Kloepper K. D. (2019). Exit Interviews: Laboratory Assessment Incorporating Written and Oral Communication. *Journal Chemical Education*, 96(5), 880–887. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00950>
- Doran, Y. J., & Martin, J. R. (2021). Field relations: Understanding scientific explanations. In K. Maton, J. R. Martin, & Y. J. Doran (Orgs.), *Teaching science: Knowledge, language, pedagogy* (pp. 105–133). Routledge.
- Dreyfus, S., & Hao, J. (2020). A multi-stratal perspective on circumstantial meaning. A multi-stratal perspective on circumstantial meaning. *Journal of World Languages*, 6(1), 27–45. <https://doi.org/10.1080/21698252.2020.1720159>
- Fuzer, C., & Cabral, S. R. S. (2014). *Introdução a gramática sistêmico-funcional em língua portuguesa*. Mercado de Letras.
- Halliday, M. A. K. (1978). *Language as social semiotic: The social interpretation of language and meaning*. Edward Arnold.

- Halliday, M. A. K. (1993). Some Grammatical Problems in Scientific English. In M. A. K. Halliday, & J. R. Martin (eds.), *Writing Science: literacy and discursive power*. University of Pittsburgh Press.
- Halliday, M. A. K. (1998). Things and relations. In J. R. Martin, & R. Veel (Orgs.), *Reading science: critical and functional perspectives on discourses of science* (pp. 185–235). Routledge.
- Halliday, M. A. K., & Martin, J. R. (2005). *Writing Science: literacy and discursive power*. Taylor & Francis e-Library.
- Halliday, M. A. K., & Hasan, R. (1985). *Language, context, and text: Aspects of language in a social-semiotic perspective*. Oxford University Press.
- Hao, J. (2018). Reconsidering “cause inside the clause” in scientific discourse: From a discourse semantic perspective in systemic functional linguistics. *Text & Talk*, 38(5), 525–550. <https://doi.org/10.1515/text-2018-0013> .
- Hao, J. (2020). *Analysing scientific discourse from a systemic functional linguistic perspective: A framework for exploring knowledge-building in biology*. Routledge.
- Hao, J. (2021). Building taxonomies: A discourse semantic model of entities and dimensions in biology. In K. Maton, J. R. Martin, & Y. J. Doran (Orgs.), *Teaching science: Knowledge, Language, Pedagogy* (pp. 134–161). Routledge.
- Hoffa, D., & Freeman, S. A. (2008). An Evaluation of Student Performance on Traditional vs. Synopsis Laboratory Reports in Industrial Technology. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 2(1), 1–13. <https://doi.org/10.20429/ijstl.2008.020111>
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry - logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1(1), 9–15.
- Malinowski, B. (1923). The problem of meaning in primitive languages. Supplement 1. In C. K. Ogden, & I. A. Richards (eds.), *The Meaning of Meaning: A Study of the Influence of Language upon Thought and of the Science of Symbolism* (pp. 297–336). Harvest Book, Harcourt, Brace & World, Inc.
- Martin, J. R. (1993). Literacy in science: Learning to handle text as technology. In M. A. K. Halliday, & J. R. Martin (eds.), *Writing science: Literacy and discursive power* (pp. 166–202). University of Pittsburgh Press.
- Paton-Walsh, C. (2015). Can Report Templates Aid Student Learning in Undergraduate Chemistry Laboratory Classes? *Journal of University Teaching & Learning Practice*, 12(2), 1–12.
- Sampson, V. & Walker, J. P. (2012) Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Undergraduate Students Write to Learn by Learning to Write in Chemistry. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1443–1485. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.667581>



**Edinilza Maria Anastácio Feitosa**

Universidade Estadual do Ceará  
Fortaleza, Ceará, Brasil  
edinilza.feitosa@uece.br



**Eduardo Fleury Mortimer**

Universidade Federal de Minas Gerais  
Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil  
efmortimer@gmail.com



**Editora Responsável:** Suzani Cassiani

**Revisado por:** Márcia Paula Chaves Vieira

Periódico financiado pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências — ABRAPEC



---

### **Manifestação de Atenção às Boas Práticas Científicas e Isenção de Interesse e de Responsabilidade**

Os autores declaram ser responsáveis pelo zelo aos procedimentos éticos previstos em lei, não haver qualquer interesse concorrente ou pessoais que possam influenciar o trabalho relatado no texto e assumem a responsabilidade pelo conteúdo e originalidade integral ou parcial.

---

Copyright (c) 2025 Edinilza Maria Anastácio Feitosa, Eduardo Fleury Mortimer



Este texto é licenciado pela **Creative Commons CC BY 4.0 License**

Você tem o direito de Compartilhar (copiar e redistribuir o material em qualquer suporte ou formato para qualquer fim, mesmo que comercial) e Adaptar (remixar, transformar, e criar a partir do material para qualquer fim, mesmo que comercial). De acordo com os termos seguintes:

Atribuição: Você deve dar o crédito apropriado, prover um link para a licença e indicar se mudanças foram feitas. Você deve fazê-lo em qualquer circunstância razoável, mas de nenhuma maneira que sugira que o licenciante apoia você ou o seu uso.

Sem restrições adicionais: Você não pode aplicar termos jurídicos ou medidas de caráter tecnológico que restrinjam legalmente outros de fazerem algo que a licença permita.

---