

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

Guilherme Henrique Nascimento Nugas

A química na inclusão de surdos: proposta de estratégia didática para o ensino de equilíbrio químico a partir da ciência cognitiva

JUIZ DE FORA

2025

Guilherme Henrique Nascimento Nugas

A química na inclusão de surdos: proposta de estratégia didática para o ensino de equilíbrio químico a partir da ciência cognitiva

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Química, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ingrid Nunes Derossi

JUIZ DE FORA

2025

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da
Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Nugas, Guilherme Henrique Nascimento.

A química na inclusão de surdos : proposta de estratégia didática para o ensino de equilíbrio Químico a partir da ciência cognitiva / Guilherme Henrique Nascimento Nugas. -- 2026.
93 p.

Orientadora: Ingrid Nunes Derossi

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Química, 2026.

1. Estratégia Didática. 2. Teoria da Carga Cognitiva. 3. Inclusão de surdos. 4. Revisão Sistemática. I. Derossi, Ingrid Nunes, orient. II. Título.

Guilherme Henrique Nascimento Nugas

A química na inclusão de surdos: proposta de estratégia didática para o ensino de equilíbrio químico a partir da ciência cognitiva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Química, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química.

Aprovado em 27 de fevereiro de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Dr^a. Ingrid Nunes Derossi – Orientadora
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. José Guilherme da Silva Lopes
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr^a. Fernanda Luiza de Faria
Universidade Federal de São João del Rei

Juiz de Fora, 25/02/2026.



Documento assinado eletronicamente por **Ingrid Nunes Derossi, Professor(a)**, em 27/02/2026, às 16:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jose Guilherme da Silva Lopes, Professor(a)**, em 28/02/2026, às 14:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernanda Luiza de Faria, Usuário Externo**, em 02/03/2026, às 09:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **2887654** e o código CRC **B3917CA6**.

*Dedico este trabalho a Deus, meu refúgio e meu Senhor,
e aos meus pais, Advilson Nugas Filho e Aparecida
Maria do Nascimento Nugas, aos quais tudo devo.*

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus, que esteve comigo ao longo de toda a minha vida.

Aos meus pais, Advilson e Aparecida, por todo o amor, incentivo e apoio, especialmente nos momentos mais difíceis. Eu amo vocês.

Às minhas orientadoras, Ingrid e Ivoni, meu agradecimento por aceitarem me guiar durante a pós-graduação com muita seriedade, competência e paciência.

Aos colegas do grupo GEEDUQ, registro minha gratidão pelo apoio constante e por caminharem comigo durante esta importante etapa da minha vida.

A Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF.

E a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento da pesquisa.

Resumo

O conceito de inclusão surgiu a partir de movimentos que defendiam que todas as pessoas, independentemente de suas especificidades, têm o direito e a capacidade de exercer seu papel como cidadãos na sociedade. Esse movimento se concretiza na garantia do acesso à educação para todos. A cultura surda, composta principalmente por pessoas com deficiência auditiva, insere-se historicamente nessa luta por inclusão. O objetivo desta pesquisa é contribuir para o ensino de pessoas surdas no ensino de química, por meio da elaboração de uma estratégia didática com o tema Equilíbrio Químico, fundamentada na ciência cognitiva, com foco nos estudos sobre Processamento de Informação (PI) e na Teoria da Carga Cognitiva (TCC). Partimos da hipótese de que poderíamos identificar elementos da TCC nos trabalhos desenvolvidos com estudantes surdos no Brasil, no ensino de química. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, com a seguinte questão: *Com base nos trabalhos sobre estratégias, materiais e metodologias para a inclusão de surdos no ensino de química, como as categorias emergentes se relacionam com aspectos centrais da TCC e com o PI, e quais ajustes podem ser feitos?* A revisão foi feita em duas bases de dados, o Google Acadêmico e o Portal de Periódicos da Capes, por meio de descritores, no período de 2015 a 2024 sendo abordados os últimos dez anos. A síntese dos dados da revisão foi realizada por meio de uma meta-análise guiada pela análise de conteúdo de Bardin (1997). A revisão sistemática nos mostrou quatro categorias; planejamento e aprendizagem coletiva, contextualização do ensino, adaptação da linguagem e avaliação. Em posse da revisão e de uma leitura exaustiva das teorias cognitivas, elaboramos uma estratégia de ensino pensada com o objetivo ter uma carga cognitiva reduzida, tornando-se, assim, mais acessível cognitivamente. Durante a estratégia de ensino tentamos vincular princípios da TCC e das discussões feitas durante a revisão. A estratégia foi apresentada a um membro da cultura surda para validação. Durante a validação, uma estudante surda, nos auxiliou indicando pontos da estratégia que precisavam de ajustes, levando em conta sua própria experiência. Consideramos ainda que a validação e o ajuste da estratégia não encerram a discussão, sendo necessárias novas investigações, tanto por meio de sua aplicação quanto pelo aprofundamento dos debates que articulam a teoria cognitiva à produção de materiais didáticos.

Palavras-Chave: Estratégia Didática, Inclusão de surdos, Teoria da Carga Cognitiva, Revisão Sistemática.

Abstract

The concept of inclusion emerged from movements advocating that all individuals, regardless of their specific characteristics, have both the right and the ability to exercise their role as citizens in society. This movement is realized through the guarantee of access to education for all. Deaf culture, composed primarily of individuals with hearing impairments, has historically been part of this struggle for inclusion. The aim of this research is to contribute to the teaching of deaf students in chemistry education through the development of a didactic strategy on the topic of Chemical Equilibrium, grounded in cognitive science, with a focus on studies of Information Processing (IP) and Cognitive Load Theory (CLT). We started from the hypothesis that it would be possible to identify elements of CLT in studies conducted with deaf students in Brazil within the context of chemistry education. To this end, a systematic literature review was conducted, guided by the following research question: Based on studies on strategies, materials, and methodologies for the inclusion of deaf students in chemistry education, how do the emerging categories relate to central aspects of CLT and IP, and what adjustments can be made? The review was carried out using two databases, Google Scholar and the CAPES Periodicals Portal, through the use of descriptors, covering the period from 2015 to 2024, thus encompassing the last ten years. The synthesis of the review data was conducted through a meta-analysis guided by Bardin's (1997) content analysis. The systematic review revealed four categories: planning and collaborative learning, contextualization of teaching, language adaptation, and assessment. Based on the review and an in-depth study of cognitive theories, we developed a teaching strategy designed to reduce cognitive load, thereby making it more cognitively accessible. Throughout the teaching strategy, we sought to align principles of CLT with the discussions arising from the review. The strategy was presented to a member of the deaf community for validation. During this process, a deaf student contributed by identifying aspects of the strategy that required adjustments, taking into account her own experience. We emphasize that the validation and refinement of the strategy do not conclude the discussion; further investigations are needed, both through its practical application and through deeper exploration of the relationship between cognitive theory and the development of instructional materials.

Keywords: Didactic Strategy; Deaf Inclusion; Cognitive Load Theory; Systematic Review.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES	Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
EQ	Equilíbrio Químico
HD	<i>Hard Disk</i>
IA	Inteligência Artificial
MCP	Memória de Curto Prazo
MLP	Memória de Longo Prazo
MT	Memória de Trabalho
PI	Processamento de Informação
RAM	<i>Random Access Memory</i>
SSD	<i>Solid-State Drive</i>
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UFSJ	Universidade Federal de São João del Rei
TCC	Teoria da Carga Cognitiva

Sumário

1	Introdução	9
2	Breve histórico sobre a inclusão, inclusão de pessoas surdas no ensino de Química e relações entre esse ensino e teorias cognitivas	12
2.1	Sobre a inclusão dos surdos.....	16
2.2	A Química para surdos	20
2.3	Triângulo de Johnstone e os três níveis do conhecimento químico	22
2.4	Relações entre a Química e teorias cognitivas	23
3	Sobre as teorias eleitas: o Processamento de Informações e a Teoria da Carga Cognitiva	28
3.1	Relações entre um computador e a Ciência Cognitiva.....	28
3.2	Processamento de Informações e Memória de Trabalho	30
3.3	Teoria da Carga Cognitiva.....	32
3.4	Efeitos da Teoria da Carga Cognitiva.....	35
4	Metodologia	42
4.1	Definição da pergunta de pesquisa	43
4.2	Seleção da base de dados e estratégia de busca.....	44
4.3	Crterios de Seleção e Metodologia de Análise	45
4.4	Desenvolvimento da Estratégia Didática.....	46
4.5	Validação da estratégia	47
5	Revisão Sistemática	48
6	Estratégia Didática e Validação	61
7	Conclusões	75
	Referências Bibliográficas	78
	Apêndices	89

1 Introdução

A vontade de trabalhar com pesquisas em educação surgiu no âmbito da disciplina de Teorias da Aprendizagem, no curso de Química da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ). Nessa disciplina, são discutidos autores como Jean Piaget (1896–1980), David Ausubel (1918–2008), Mikhail Bakhtin (1895–1975) e Paulo Freire (1921–1997). Fiquei muito interessado em ler mais sobre essas teorias, pois não me passava pela cabeça a possibilidade de existir pesquisa nessa área. Desde então, tenho muita admiração e respeito pelos pesquisadores que se comprometem a contribuir para a melhoria da aprendizagem em todos os níveis.

Com isso, interessado nos estudos do professor Alex H. Johnstone (1930–2017), descobri o Processamento de Informações (PI) e a Teoria da Carga Cognitiva (TCC). Já com um histórico de interesse por teorias psicológicas aplicadas à educação, debruicei-me sobre essas novas abordagens, o que me motivou a utilizá-las nesta pesquisa.

Posteriormente, já durante a fase de escrita do projeto de mestrado, tive a oportunidade de me inserir nos estudos sobre inclusão de pessoas surdas. Inspirado pela concepção de que a Química é essencialmente uma ciência visual, aceitei o desafio de tentar, de alguma forma, contribuir para a literatura sobre a inclusão de pessoas surdas na educação básica.

Para a delimitação do tema de Química a ser trabalhado, baseamo-nos em estudos anteriores desenvolvidos em nosso grupo de pesquisa (Fernandes, 2016). A autora identificou dificuldades enfrentadas por estudantes na compreensão de diversos conteúdos de Química no Ensino Médio, entre os quais se destacam os conceitos relacionados ao Equilíbrio Químico.

Dessa forma, buscando utilizar teorias cognitivas para contribuir com a educação de pessoas surdas na educação básica, elaboramos a seguinte pergunta de pesquisa: A partir do contexto do ensino de Química para surdos, como a Teoria da Carga Cognitiva (TCC) e o modelo de Processamento de Informações (PI) podem auxiliar na elaboração de estratégias didáticas com design cognoscível para o ensino de Equilíbrio Químico (EQ)?

Com isso elaboramos quatro objetivos específicos que guiam essa pesquisa:

- Realizar uma revisão sistemática das estratégias didáticas na educação em química para inclusão de surdos na educação básica.
- Compreender quais são os pontos fortes das estratégias encontradas na literatura pela ótica da TCC e do PI no contexto da educação de surdos.
- Produzir uma estratégia didática sobre equilíbrio químico para a inclusão dos surdos, com base nos resultados da revisão sistemática.

- Verificar se a estratégia proposta está de acordo com um ensino inclusivo segundo a concepção vigente, buscando validá-la por membros da comunidade surda.

Desse modo, a primeira parte deste texto apresenta uma breve introdução à historiografia da inclusão, que tem a educação especial como sua precursora. Discorreremos, então, sobre a integração, inicialmente pensada nos países escandinavos sob o nome de normalização. Destacamos, ainda, algumas críticas sofridas por essas iniciativas, que deram origem a debates que nos guiaram até concepções mais atuais de inclusão. Além disso, buscamos demonstrar que a normalização, mesmo tendo sofrido muitas críticas, foi responsável pelo pontapé inicial no caminho para a inclusão e, portanto, merece reconhecimento.

Discorreremos, também, sobre as dificuldades de aprender e ensinar Química no contexto da educação de surdos e apresentaremos os níveis do conhecimento químico propostos pelo professor Alex H. Johnstone, além de enunciar nossos referenciais teóricos.

No terceiro capítulo, damos enfoque a esses referenciais: a Teoria da Carga Cognitiva (TCC) e o modelo de Processamento de Informações (PI). Cronologicamente, o modelo surgiu primeiro; sobre ele, apresentamos alguns estudos pioneiros, como o trabalho de George Miller (1956) e o modelo de memória de trabalho de Baddeley e Hitch (1974). Posteriormente, mostramos como John Sweller parte desse modelo para propor a TCC e investigar alguns efeitos relacionados a técnicas de instrução. Essa etapa é importante, pois é a partir desses efeitos que conseguimos relacionar a teoria com a literatura brasileira sobre inclusão de surdos no ensino de Química.

No quarto capítulo, apresentamos nossa metodologia, a revisão sistemática da literatura. Assim, discorreremos sobre a pergunta de pesquisa da revisão, as bases de dados consultadas e as estratégias de busca, além dos critérios de seleção e exclusão de artigos. Os dados da revisão foram organizados em categorias, utilizando a análise de conteúdo de Bardin (1977). Para a validação da estratégia, consultamos uma aluna de graduação em Química da universidade na qual esta pesquisa foi realizada. Apresentamos a estratégia a ela por meio de slides e, posteriormente, realizamos ajustes com base em suas contribuições.

O quinto capítulo apresenta os resultados da revisão sistemática da literatura. Dessa forma, emergiram quatro categorias: (i) planejamento e aprendizagem coletiva, que diz respeito às vantagens e desvantagens do trabalho cooperativo; (ii) contextualização do ensino, na qual se estabelece uma diferenciação entre o contexto abordado na literatura brasileira e aquele presente na Teoria da Carga Cognitiva (TCC); (iii) adaptação da linguagem, que leva em consideração as adaptações realizadas por professores na tentativa de incluir estudantes surdos

por meio da utilização de recursos visuais; e, por fim, (iv) avaliação, que aborda as adaptações feitas por professores para estudantes surdos. Todas as categorias foram relacionadas à TCC e ao modelo de Processamento de Informações, buscando identificar quais ajustes poderiam ser realizados para a formulação da estratégia final.

No sexto capítulo, apresentamos a estratégia didática, organizada em momentos. Esses momentos são constituídos por abordagens que estão em consonância com as categorias emergentes da revisão e com as teorias adotadas nesta pesquisa.

A seguir iniciaremos com um breve histórico da inclusão, passando pela inclusão de pessoas surdas na química até chegarmos as teorias.

2 Breve histórico sobre a inclusão, inclusão de pessoas surdas no ensino de Química e relações entre esse ensino e teorias cognitivas

Desde o início dos anos 2000, tornou-se comum ouvirmos falar sobre inclusão, especialmente no ambiente escolar. Isso ocorre porque, segundo a Constituição Federal de 1988, a educação é um direito de todos e, portanto, a presença de todos os estudantes na escola deve ser garantida, independentemente de suas necessidades educacionais específicas. Esse direito, no que se refere aos estudantes surdos, também é assegurado pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), de 1996. No entanto, os movimentos que nos conduziram à concepção atual de inclusão não são, necessariamente, recentes.

Segundo algumas pesquisas (Pereira, 1983; Perrin, 1999; Sanchez; Teodoro, 2006; Mendes, 2006; Kumar, 2021; entre outros), o conceito de normalização emergiu inicialmente nos países escandinavos na década de 1960. Bengt Nirje (1924-2006) e Niels Bank-Mikkelsen (1919-1990) são geralmente citados como os responsáveis por estabelecer esse conceito, sendo o primeiro, responsável por defini-lo. De acordo com Nirje (1969) “o princípio da normalização significa disponibilizar para os deficientes mentais padrões e condições de vida cotidiana que estejam o mais próximo possível das normas e padrões da sociedade” (p. 181, tradução nossa).

Apesar das boas intenções, o conceito de normalização foi alvo de considerável crítica e de interpretações inadequadas, e isto resultou em uma variedade de práticas integracionistas (Omote, 1999), compelindo Perrin e Nirje (1985), dezesseis anos após a formulação do princípio, a publicar um artigo delineando os principais equívocos associados ao termo. Os autores chegaram a insinuar que algumas dessas interpretações errôneas foram feitas com malícia.

Entre as críticas recebidas, evidenciamos o apontamento por parte de alguns autores de que a prática de normalizar a presença de pessoas com deficiência em ambientes convencionais, não necessariamente oferecia-lhes o suporte que é devido, na realidade, deixava-as à mercê de suas próprias dificuldades. Isso resultou, acertadamente, na percepção de que tais indivíduos foram integrados, mas não verdadeiramente incluídos. Entretanto, Pereira (1983) já destacava que “Normalização é objetivo. Integração é processo. Integração é fenômeno complexo que vai *muito além de colocar ou manter excepcionais em classes regulares*” (p. 13, grifo nosso). Portanto, torna-se evidente que a premissa de não abandonar os alunos durante o processo de integração não foi uma novidade na prática da inclusão, como entendido atualmente, pois já estava contemplada no princípio de normalização.

Adicionalmente, outra crítica em relação ao processo de normalização apontou para a seletividade da integração, sugerindo que ela atendia apenas pessoas com deficiências consideradas menos graves ou leves, deixando de lado uma gama de pessoas. Consideramos este como um problema prático, já que, originalmente, o princípio nunca endossou essa perspectiva e, na verdade, defendeu o oposto, declarando que "Este princípio deve ser aplicado a todos os retardados, independentemente de serem levemente ou profundamente retardados" (Nirje, 1969, p. 181, tradução nossa), vale destacar que o termo "retardado" era comum na época entre os profissionais médicos, não sendo, neste contexto, uma expressão pejorativa.

No entanto, é digno de reflexão o fato de que os termos inicialmente utilizados para descrever uma cultura ou individualidade são frequentemente deixados de lado ao longo da história devido à forma como seu uso prático pode levar a conotações extremamente negativas. Por esses motivos, os termos "normalização" e "retardado" não são mais aceitos em contextos contemporâneos. É provável que no futuro as limitações associadas à prática da inclusão a condenem como um termo ultrapassado e pouco efetivo, e então seja substituída por uma nova proposta que prometa uma maior transformação social.

Além dessas críticas, ainda havia o entendimento de que a normalização como uma tentativa de impor padrões de comportamento a pessoas excepcionais, como se as forçassem a se tornarem "normais", mascarando suas individualidades, o que Perrin e Nirje (1985) tentam esclarecer que não é o caso. Infelizmente, as intenções daqueles que apresentaram o princípio não foram definitivas durante a execução, mas tornou-se determinante a maneira como a sociedade interpretou o que foi exposto, e escolher a palavra "normalization" não foi favorável à disseminação do princípio.

Independentemente dos acertos e erros cometidos na interpretação sobre como fazer a normalização, a integração teve início. A normalização/integração começou nas escolas quando crianças deficientes foram transferidas (gradativamente ou não) do ensino especial para o ensino regular, resultando na coexistência de crianças com necessidades especiais e crianças "normais" na mesma escola ou sala de aula (Sanchez; Teodoro, 2006). Mendes (2006) ao analisar as razões que fundamentam a integração de indivíduos considerados excepcionais em ambientes com alunos regulares, as divide em três classes: argumentos morais, argumentos racionais e bases empíricas. Sobre os argumentos morais a autora escreve:

Os movimentos sociais pelos direitos humanos, intensificados basicamente na década de 1960, conscientizaram e sensibilizaram a sociedade sobre os prejuízos da segregação e da marginalização de indivíduos de grupos com status minoritários, tornando a segregação sistemática de qualquer grupo ou criança uma prática intolerável. Tal contexto alicerçou uma espécie de base

moral para a proposta de integração escolar, sob o argumento irrefutável de que todas as crianças com deficiências teriam o direito inalienável de participar de todos os programas e atividades cotidianas que eram acessíveis para as demais crianças (p. 388).

Entre os argumentos racionais, encontram-se enunciados de que os ambientes da escola regular são mais desafiadores e realistas, então poderiam ajudar no desenvolvimento dos alunos integrados, assim os deficientes passariam a “ter mais oportunidades para observar e aprender com os alunos mais competentes¹” (p. 388). Para os não deficientes o maior benefício seria aprender a ser tolerante e lidar com a diferença. Por fim, as bases empíricas, mostravam como “a ciência produziu formas de ensinar pessoas que por muito tempo não foram sequer consideradas educáveis” (p. 388) e diante deste novo cenário a integração passa a ser “cientificamente” possível.

Conforme observado por Sanchez e Teodoro (2006), a integração representou um avanço significativo no domínio do ensino direcionado a pessoas com necessidades específicas. Todavia, o fenômeno da segregação, outrora manifestado por meio da separação em espaços distintos, passou a se manifestar dentro das próprias instituições regulares, com alunos deficientes sendo realocados para turmas especiais, as quais também foram alvo de críticas por seu caráter segregacionista (Omote, 1999). Durante a década de 1980, nos Estados Unidos, o princípio enfrentou uma série de críticas quanto à sua aplicação prática em relação à integração de pessoas com deficiência (Mendes, 2006), incluindo as já mencionadas.

Surgiram então propostas que indicavam a necessidade de uma cooperação entre o ensino regular e o ensino especial para promover a inclusão dos estudantes. Nessas revoluções educacionais, a integração foi considerada um fracasso, e as discussões sobre suas inadequações deram origem aos termos mais próximos do conceito contemporâneo de inclusão. No entanto, foi somente com a Declaração de Salamanca (1994) que o termo "inclusão" passou a ser amplamente difundido e adotado no Brasil e em outros países (Omote, 1999).

De acordo com Batista e Enumo (2004), a palavra "inclusão" evoca uma ideia de abrangência, sugerindo uma inserção completa. Em contrapartida, a integração é vista apenas como uma inclusão parcial. Amiralian (2005), por sua vez, faz referência ao dicionário Aurélio para diferenciar os dois termos, destacando que a inclusão implica uma compreensão integral

¹ A visão do aluno não deficiente como mais competente foi comum dentro da prática de integração, algo que precisou ser revisto na inclusão.

do aluno, enquanto a integração está relacionada à ideia de totalidade e completude. A autora parece sugerir uma interdependência entre os dois conceitos.

o uso do termo inclusão na escola pode ser entendido como uma situação em que é imprescindível uma compreensão do aluno com deficiência, de modo que ele possa ser integrado, ou seja, passe a pertencer à escola e fazer parte integrante dela. Condição que assegurará a inteireza da escola, a completará e a transformará, então, em uma escola Integrada/Inclusiva (Amiralian, 2005, p. 61-62).

Uma distinção mais clara entre os dois conceitos é seu público-alvo, a integração inicialmente focalizava indivíduos com deficiência mental diagnosticados, enquanto a inclusão escolar evoluiu para abranger todos os alunos com necessidades educacionais específicas, não exigindo um diagnóstico. A inclusão de todos, independentemente de sua condição, faz emergir uma necessidade de mudança significativa na abordagem educacional, conforme observado por De Paula (2009), “A escola foi histórica e tradicionalmente concebida para criar consensos, homogeneizar ritmos, valores e condutas, de acordo com uma certa visão/concepção de mundo” (p. 411). Essa abordagem marginalizou não somente deficientes, mas também alunos que não se encaixam nesses padrões consensuais. Assim, a inclusão escolar busca incorporar e respeitar a diversidade cultural dos estudantes como parte integrante de seu processo.

Com a necessidade de romper com a concepção rígida, foi preciso refletir sobre a prática dos educadores, esses profissionais da educação devem adotar uma postura criativa e reflexiva, encarando a diversidade como um desafio a ser enfrentado para que a escola se torne um ambiente inclusivo. Os programas de integração escolar visavam modificar os alunos deficientes para que se conformassem aos valores e normas da escola. Na inclusão, o foco recai sobre a necessidade de reformulação da escola (Freire, 2008). Assim, a inclusão escolar busca superar essa hegemonia e adotar uma escola das diferenças, não focada em alunos da educação especial, mas em todos os alunos (Mantoan, 2003).

Um aspecto relevante da integração escolar consiste na diferenciação no tratamento dispensado aos estudantes, percebidos pela escola como desviantes do padrão escolar, considerado normal. Por outro lado, na inclusão, busca-se atenuar essa distinção, adotando-se uma visão da escola como um sistema diversificado onde a diferença é parte do cotidiano. Para efetivar essas mudanças, o ensino inclusivo requer um currículo flexível, capaz de adaptar-se às necessidades variadas dos alunos (Freire, 2008).

Com as mudanças no sistema educacional, o propósito maior da inclusão não se restringe apenas à reforma da escola, mas se estende a transformação da sociedade como um todo, transformando a vida daqueles incluídos e dos estudantes regulares, transformando suas

visões de mundo para uma concepção mais compreensível, promovendo mudanças de valores e aceitação da diversidade, conforme destacado nas justificativas racionais (Mendes, 2006).

Independentemente da vicissitude enfrentada pelo princípio de normalização/integração, pode-se considerar que esse foi um dos primeiros passos documentados em direção à inclusão. Essa iniciativa merece reconhecimento, pois refletiu sobre valores que são fundamentais para a atual definição de inclusão, sendo apresentada no título do trabalho de Kumar (2021) como *Principle Of Normalization: Mother of all inclusive practices*. Nessas movimentações integracionistas, ao invés de pensar a diversidade como algo que deve ser isolado da sociedade, o princípio de normalização considerou-a como parte integrante desta:

A normalização, em todas as suas conotações, foi a primeira diretriz simples e documentada para os serviços humanos destinados às pessoas com deficiência, que influenciou o movimento pelos direitos das pessoas com deficiência e os serviços de educação especial em todo o mundo, além de todas as práticas inclusivas, como integração, inclusão, autodeterminação, viver com dignidade, seja o que estivermos praticando ou discutindo, têm suas raízes no princípio da normalização, que é uma explicação muito simples, mas ainda assim muito eficaz, desses ritmos de vida para os quais as pessoas com deficiência foram negadas e privadas (Kumar, 2021, p. 126, tradução nossa).

Diante do que foi exposto, é natural questionarmos se o que vivenciamos atualmente em algumas escolas não se assemelha muito mais à integração do que, de fato, à inclusão. Não estaríamos equivocados em pensar assim, já que grande parte das propostas inclusivas ainda não são efetivamente aplicadas. Ainda assim, não podemos ignorar os avanços conquistados, tanto coletivamente, enquanto sociedade, quanto no âmbito legislativo, que assegura às pessoas o direito de serem incluídas.

Neste trabalho usaremos o termo inclusão, entendendo como um direito universal a inserção e participação ativa em todos os segmentos da sociedade, que inclui não somente pessoas diagnosticadas com alguma deficiência, mas todos os sujeitos que são excluídos ou marginalizados. Diante das limitações em se trabalhar com a inclusão de todos os alunos, neste projeto, nós daremos enfoque especificamente na inclusão dos surdos.

2.1 Sobre a inclusão dos surdos

A inclusão como direito de todos, sem distinção, é um verdadeiro desafio. Nessa perspectiva, os responsáveis da comunidade escolar devem contemplar todos os tipos de individualidades (Breitenbach; Honnef; Costas, 2016).

As pessoas surdas têm sido alvo de estudos sobre seu desenvolvimento desde antes mesmo de o conceito de normalização ser mencionado pela primeira vez nos países escandinavos. A primeira escola com turmas coletivas para surdos remonta a 1775. Nessas escolas, além dos estudantes com a deficiência auditiva, também havia professores surdos, que por vezes já tinham sido alunos dessa mesma escola (Lacerda, 1998). Nessas escolas esse público se comunicava através da língua de sinais que é uma expressão cultural do povo surdo (Pereira; Freitas-Reis, 2024). No Brasil esse público utiliza a Língua Brasileira de Sinais (Libras).

Na Europa, o desenvolvimento desses estudantes transcorreu de maneira relativamente satisfatória até o congresso de Milão (1880), um evento conhecido por proibir a utilização da língua de sinais, tendo influência mundial (Campello; Rezende, 2014). Neste congresso prevaleceu a ideia de que a aprendizagem pela linguagem oral era a melhor abordagem (Lopes; Abreu, 2017). Desta forma, a metodologia de ensino que se consolidou como paradigma após o congresso ficou conhecida como oralismo, cuja proposta era ensinar os surdos a utilizar a linguagem oral, com base na ideia de que o pensamento era predominantemente estruturado pela fala (Lacerda, 1998). A ausência do sentido da audição, que possibilita o acesso à linguagem oral, foi interpretada como uma deficiência, um impeditivo para o desenvolvimento do pensamento (Cromack, 2004).

Além disso, o oralismo se enquadra na descrição da prática de integração já citada e não surpreendentemente compartilhou suas críticas, se consagrando como um verdadeiro fracasso. A proibição da língua de sinais prejudicou o desenvolvimento dos surdos em vários segmentos, o desenvolvimento da cultura, da língua de sinais, da autoestima da comunidade e a própria identidade surda, que foi oprimida pela hegemonia oralista. É possível entender a história dos surdos na educação como uma integração que não proporcionou condições para o melhor desenvolvimento das pessoas pertencentes a essa comunidade, colocando-os como eternos perseguidores de um estado ideal, o mundo ouvinte (Cromack, 2004).

Porém, Perlin e Strobel (2014) descrevem uma maneira diferente de entender a história dos surdos, uma visão baseada na história cultural. Nessa abordagem, leva-se em consideração a cultura surda, seus valores, seus hábitos e sua linguagem própria, entre outros aspectos. Segundo as autoras, a perspectiva da história cultural não adota uma narrativa colonizadora que apenas descreve a opressão vivida pelos membros dessa cultura. Nesse sentido, os colonizados são retratados como sujeitos historicamente construídos e parte integrante da história. Essa abordagem surgiu através de pesquisadores e historiadores, assim como de trabalhadores, que

pertenciam à comunidade surda, os quais se mobilizaram para apresentar sua versão da história (Perlin; Strobel, idem).

Esta perspectiva citada tem um impacto significativo na cultura surda, influenciando seus membros na construção de uma identidade própria, que é fundamental para a autoestima do grupo, entre outros aspectos. Cromack (2004) discute a identidade da comunidade surda, destacando que apenas a partir dos anos 80 se reconheceu novamente que o verdadeiro desenvolvimento desse grupo exigia consideração pela sua linguagem e cultura. Em seu trabalho, ao entrevistar membros da comunidade surda, percebemos que a cultura surda não se limita apenas a pessoas com surdez profunda, mas abrange indivíduos com diferentes níveis de surdez, além de ouvintes que aprenderam a língua de sinais e estão incluídos nela.

Destacar essa diferença entre os membros da comunidade surda é importante porque a partir dela é possível notar que diferentes relações de surdos com o mundo ouvinte foram construídas. Aqueles membros que não foram oralizados, por geralmente possuírem surdez profunda ou por outro motivo, possuem maior resistência a cultura hegemônica dos ouvintes, em contrapartida são geralmente mais engajados com as lutas pela causa surda. Aqueles surdos oralizados que conseguem de maneira razoável interagir com o mundo ouvinte através da oralização, não necessariamente possuem o mesmo empenho nas lutas em favor da cultura surda, pode-se dizer que estão em um estado de maior conforto em relação aos primeiros. Com isso, uma conclusão é que, quanto maior o trauma vivenciado na cultura ouvinte, maior é o empenho contra a hegemonia (Cromack, 2004).

Além de aspectos morais, a inclusão também é garantida por leis, algumas dessas leis são discutidas por Santos, Filho e Vasconcelos (2023). Uma leitura cronológica dessa legislação nos mostra que, inicialmente as políticas públicas que podem ser requeridas como direito pelos surdos não eram específicas para essa comunidade no Brasil, mas tratavam a educação como direito de todos, obviamente incluindo os surdos. Dentro dessas políticas os autores citam a Constituição Federal de 1988 e o Estatuto da Criança e do Adolescente (ECA) de 1990. Ambos os documentos não fazem menção direta aos surdos nem à Libras, mas garantem direitos das pessoas com deficiência. Para além desses dois documentos, encontramos a primeira lei específica dos surdos sendo a Lei nº 8.160, de 8 de janeiro de 1991, que dispõe sobre a caracterização de símbolo que permita a identificação de pessoas portadoras² de deficiência

² A palavra “portadoras” é uma citação direta da própria lei, não sendo um termo utilizado atualmente.

auditiva, nesta lei a comunidade surda é representada pelo “deficiente auditivo” e pela condição de “surdez”.

Em 19 de dezembro de 2000, foi instituída a Lei nº 10.098, que “estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas *portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida*, e dá outras providências” (Brasil, 2000, grifo nosso).

Foi somente a partir da Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais – Libras e dá outras providências, que podemos identificar uma conquista que reconhece a existência de uma comunidade surda. Três anos depois, a lei foi regulamentada pelo Decreto nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005. No artigo 2º ficou instituído que o poder público e empresas concessionárias de serviços públicos devem apoiar a difusão da Libras, neste contexto os surdos são citados como “comunidades surdas” e “portadores de deficiência auditiva”.

Em 29 de outubro de 2008, foi instituída a Lei nº 11.796, que estabelece o Dia Nacional dos Surdos. E em 1º de setembro de 2010, foi instituída a Lei nº 12.319, que Regulamenta a profissão de Tradutor e Intérprete da Língua Brasileira de Sinais - Libras, modificada pela Lei nº 14.704, de 2023. Em parágrafo único sobre as atribuições deste profissional estão, a intermediação da comunicação de surdos com ouvintes e outros surdos, além da tradução de textos escritos e orais. Entretanto, quando se pensa nesse profissional atuando na educação encontramos trabalhos que discutem quais são suas atribuições práticas (Rosa, 2006; Silva; Oliveira, 2016; Pereira; Freitas-Reis, 2023).

A Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015, que institui a Lei Brasileira de Inclusão de Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência), garante o direito de requisição de um intérprete de Libras quando necessário por um surdo, novamente os surdos são referidos nesta lei como deficientes auditivos. Existem membros da comunidade surda que enxergam problemas em serem referidos como deficientes, preferem ser reconhecidos como uma cultura diferente, que se comunica de forma diferente, Perlin (1998) categoriza isso como identidade surda embaçada.

Breitenbach, Honnef e Costas (2016) discorrem sobre a diferença entre educação inclusiva e educação especial:

A maioria das pessoas, quando ouvem falar sobre a educação inclusiva ou quando são questionadas sobre o assunto, estabelece, quase de forma automática, uma relação com as pessoas com deficiência. Assim, a relação entre educação inclusiva e deficiência, de certa maneira, transformou-se em senso comum (p. 366).

Silveira (2000) aponta dois modelos para a construção de uma visão sobre a condição de surdez. Segundo a autora, existe um modelo clínico que, em consonância com o senso comum e o discurso colonizador mencionado por Perlin e Strobel (2014), considera o surdo como deficiente e passível de atendimento médico. Em contrapartida há também o modelo antropológico, que encara as pessoas surdas como membros de uma comunidade cultural, "uma minoria *diferente*, mas não *deficiente*" (Silveira, 2000, p. 178, grifo do autor), alinhando-se com a história cultural mencionada. A educação inclusiva está relacionada com uma preocupação voltada a todas as pessoas, enquanto a educação especial faz menção a pessoas diagnosticadas. Nesta pesquisa, à medida que analisamos a literatura recente, reconhecemos a aparição de uma visão antropológica, entretanto não negamos os direitos da comunidade surda enquanto deficientes auditivos.

Ao considerarmos as especificidades dos estudantes surdos, é essencial refletir também sobre como as dificuldades inerentes a um conteúdo disciplinar se articulam com essas particularidades. Nos tópicos a seguir, buscamos apresentar os desafios enfrentados pelos estudantes na aprendizagem de Química, bem como o contexto dos alunos surdos se relaciona com essa disciplina.

2.2 A Química para surdos

Neste tópico consideramos importante apresentar algumas dificuldades que são enfrentadas em uma sala de aula inclusiva, onde estão presentes estudantes surdos, geralmente em minoria. Na literatura encontramos a diferença linguística, aspectos relacionados a tradução/interpretação, a falta de sinais específicos para os conteúdos químicos, a falta de preparo dos professores e a falta de estratégias e materiais didáticos que auxiliem os professores (Shuindt; Matos; Silva, 2017; Rosa, 2006; Silva; Oliveira, 2016; Pereira; Curado; Benite, 2022; Silva; Mamcasz-Viginheski; Shimazaki, 2018).

Segundo Shuindt, Matos e Silva (2017), a diferença linguística surge como o principal obstáculo no processo de aprendizagem da química para surdos. A linguagem oral utilizada pela grande maioria dos professores, que são ouvintes, não é familiar aos surdos. No Brasil os membros dessa cultura geralmente se comunicam através da Língua Brasileira de Sinais (Libras), que é "a maior expressão cultural do povo surdo" (Pereira, Freitas-Reis, 2024, p. 14) e é reconhecida legalmente (Brasil, 2002).

Para assegurar o direito do surdo à comunicação, é adotado, na perspectiva da educação especial inclusiva, o intérprete de sinais (Silva e Oliveira, 2016). Já existem diversos estudos

na literatura que abordam o papel desse profissional na educação (Rosa, 2006; Silva; Oliveira, 2016), nosso foco não é aprofundar essa discussão. Entretanto, é relevante destacar, que a compreensão da ciência pelo intérprete e sua habilidade em traduzir pode influenciar diretamente na construção de significados pelo estudante surdo (Pereira; Curado; Benite, 2022), uma vez que ele atua como elemento central em todo o processo comunicativo, e tem influência direta na carga cognitiva extrínseca.

Nesse contexto, o impacto na construção de significados pelo aluno não depende apenas da fluência do intérprete em Libras, mas também de sua compreensão da linguagem científica e sua habilidade em realizar interpretações eficientes dentro do tempo disponível. Dorziat e Araujo (2012) destacam a importância de o intérprete dominar tanto a língua oral quanto a de sinais, e acrescentamos ainda a linguagem científica.

Porém, ainda que o intérprete domine os conhecimentos científicos, existem outros desafios para que haja uma tradução efetiva, um deles decorre da falta de sinais específicos para conceitos químicos (Maia, 2020). Esse problema é parcialmente atribuído à história de proibições do uso da língua de sinais e da marginalização dos surdos (Campello; Rezende, 2014). Segundo Lacerda (1998), um marco significativo nesse contexto foi o Congresso de Milão (1880), que influenciou muitos países a proibirem o uso da língua de sinais em favor do ensino da linguagem oral para surdos, promovendo o oralismo, retirando inclusive professores surdos das escolas onde atuavam.

A falta de preparo dos professores para lidar com alunos surdos também dificulta a aprendizagem. Conforme observado por Silva, Mamcasz-Viginheski e Shimazaki (2018), muitos professores ingressam nas escolas sem saber como lidar com essa realidade, o que os leva a transferir toda a responsabilidade de interação com os alunos surdos para os intérpretes, efetuando uma integração do estudante ao espaço escolar e não uma inclusão de fato. Aqueles mais preocupados com essa questão buscam cursos de formação continuada, como os oferecidos por Fernandes e Freitas-Reis (2019). Contudo, é enfatizado por Silva, Mamcasz-Viginheski e Shimazaki (2018) que não é aceitável que os alunos surdos tenham que esperar indefinidamente até que os professores estejam capacitados para oferecer uma educação inclusiva de qualidade. Apesar de o decreto n. 5.626 (Brasil, 2005) estabelecer que aulas de Libras sejam obrigatórias nos cursos de licenciatura e fonoaudiologia, não há garantia que os professores saiam da formação inicial preparados para lidar de forma efetiva com a inclusão. Portanto, é crucial que os professores recebam apoio adequado nesse processo.

Por fim, faltam estratégias e materiais didáticos que auxiliem os professores, prejudicando a inclusão dos estudantes surdos (Sousa; Silveira, 2011; Shuindt; Matos; Silva, 2017; Santana; Sofiato, 2017; Fernandes; Freitas-Reis, 2017; Fernandes; Freitas-Reis, 2019; dentre outros). A colaboração entre pesquisadores que atuam nas universidades, professores da educação básica e comunidade surda tem o potencial de produzir materiais que vão ao encontro de uma inclusão efetiva dos estudantes.

Diante da complexidade de abordar todos os aspectos que foram identificados como barreiras à aprendizagem dos surdos em química, optamos por focar apenas no desenvolvimento de estratégias e materiais didáticos que possam auxiliar os professores durante as aulas de Química, visando a promoção de uma educação mais inclusiva para essa comunidade. Com isso, pensamos na utilização de um referencial que discorre sobre a cognição e que tem o potencial de contribuir para a elaboração da estratégia e dos materiais.

2.3 Triângulo de Johnstone e os três níveis do conhecimento químico

Além das teorias da ciência cognitiva, almejamos manter em mente o triângulo de Johnstone (Figura 2), modelo proposto por Alex H. Johnstone, a qual o autor utilizou para elucidar a química, separando-a em três níveis de conhecimento. Em (1982) em seu artigo intitulado, '*Macro and microchemistry*', Johnstone apresentou três níveis que poderiam ser utilizados como lentes para a visualização da ciência química.

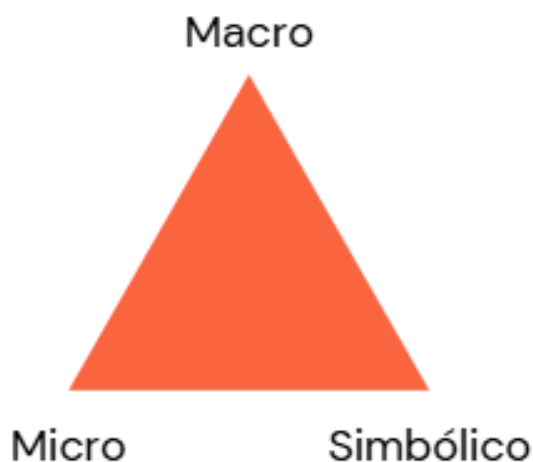
O primeiro nível o autor chamou de descritivo e funcional, e ele tem relações com a manipulação concreta de materiais e visualização de propriedades aparentes, e foi difundido como macroscópico. O segundo nível foi chamado de representacional, neste nível simplificamos as substâncias e suas transformações, a notações de fórmulas e equações químicas, juntamente com cálculos matemáticos. O terceiro nível foi intitulado de explicativo, pois nele utilizamos da imaginação para evocar diversas entidades abstratas que obviamente não visualizamos a olho nu, e foi difundido como microscópico.

O primeiro artigo encontrado onde o autor refaz o uso dos multiníveis em um formato de triângulo, como representado na Figura 2, foi publicado em 1991. Através deste trabalho Johnstone tentou responder a seguinte pergunta: “por que é difícil aprender ciência?” E quatro possíveis motivos foram apontados: 1) a natureza dos conceitos científicos TCC. 2) o pensamento multinível, que envolve um malabarismo entre os três níveis químicos 3) e a forma como são trabalhados os experimentos, esses dois remetem a carga extrínseca. A dificuldade

número 4) linguagem científica, está, segundo o autor, mais relacionada aos termos que já fazem parte do cotidiano do estudante e tomam novas formas quando aplicados em aulas de química e/ou ciências.

Quando fazemos a integração dos três níveis do conhecimento químico, estamos caminhando no meio do triângulo, ou seja, estamos fazendo um malabarismo com os diferentes níveis. Uma crítica feita pelo autor ao malabarismo dos três níveis químicos é a sobrecarga na MT, e é curioso porque é comum encontrarmos na literatura artigos que defendem o malabarismo multinível e atribuem ao professor Alex Johnstone esse posicionamento. Quando na realidade, o professor defende que, apenas os vértices do triângulo são suficientes para a compreensão de uma parte considerável da Química (Johnstone, 1991).

Figura 1- Três níveis do conhecimento químico.



Fonte: Adaptado de (Johnstone, 1991).

2.4 Relações entre a Química e teorias cognitivas

A ciência representa um conjunto de práticas, técnicas e teorias destinadas a compreender e descrever o funcionamento do mundo natural. A comunidade científica é composta por aqueles que compartilham os princípios fundamentais e a linguagem desse conjunto. O produto dessa prática é o conhecimento científico, uma construção histórica e social, cuja aprendizagem ocorre por meio de interações discursivas entre novatos e cientistas experientes (Driver *et al.*, 1994), bem como pela interação com manuais desenvolvidos pelos próprios cientistas (Kuhn, 2013).

Com isso em vista, teríamos, em um mundo ideal, professores em ciências ensinando jovens entusiasmados em aprender, algo que não ocorre de maneira notável na educação básica.

Na realidade, muitos estudantes não estão nada interessados, mormente no que tange o ensino de Química, que muitas vezes é considerada como a disciplina mais difícil. O que acontece na verdade, se tratando do nível superior, é um frequente abandono dos cursos de química, fato que é percebido há pelo menos 60 anos³ (Johnstone, 2000; Lima; Silva; Junior, 2022).

Dentre os motivos que reforçam essa atitude de renúncia dos jovens em relação a disciplina de química, a maneira como o professor apresenta os conteúdos interfere diretamente na motivação e na construção de significados pelos estudantes (Scott, 1997; Gabel, 1999; Cardoso; Colinvaux, 2000). Com frequência a exposição dos conteúdos acontece de maneira carregada, dificultando o processamento das informações por parte dos estudantes e inibindo a compreensão, quando os estudantes não conseguem compreender o que está sendo ensinado recorrem à memorização mecânica (Johnstone; Selepeng, 2001; Sirhan, 2007), e não desenvolvem desejo por aprender mais sobre a disciplina.

Uma particularidade dessas informações relacionadas à Química é que descrevem entidades com características abstratas, como as moléculas e os elétrons, que estão presentes nas interações discursivas durante o ensino de Química, suas respectivas explicações são geralmente feitas através de modelos e analogias (Mortimer; Chagas; Alvarenga, 1998; Gabel, 1999; Quadros *et al.*, 2011; Sirhan, 2007). Adicionalmente, utiliza-se nas ciências uma linguagem específica para descrever essas entidades e o funcionamento do universo, chamada de linguagem científica, que segundo Chassot (2003) é a própria ciência.

No domínio do cientista existe uma clara relação entre o mundo macroscópico, as entidades abstratas do mundo microscópico, e a linguagem científica. Em uma sala de aula a figura do professor utiliza desses três aspectos para falar sobre a ciência química, o que pode ser considerado por alguns como um dificultador para compreensão. Entretanto Gabel (1999), considera que a existência desses três aspectos não é suficiente para justificar as dificuldades encontradas no ensino de química. “A principal barreira para entender a química, no entanto, não é a existência dos três níveis de representação da matéria. É o fato de que a instrução em química ocorre predominantemente no nível mais abstrato, o nível simbólico” (p. 549, tradução nossa). Segundo o autor, experiências de laboratório são uma opção para que os estudantes trabalhem os três aspectos da química de maneira integrada, construindo uma visão mais unificada da química. Em relação a não aprendizagem que ocorre nas experiências de

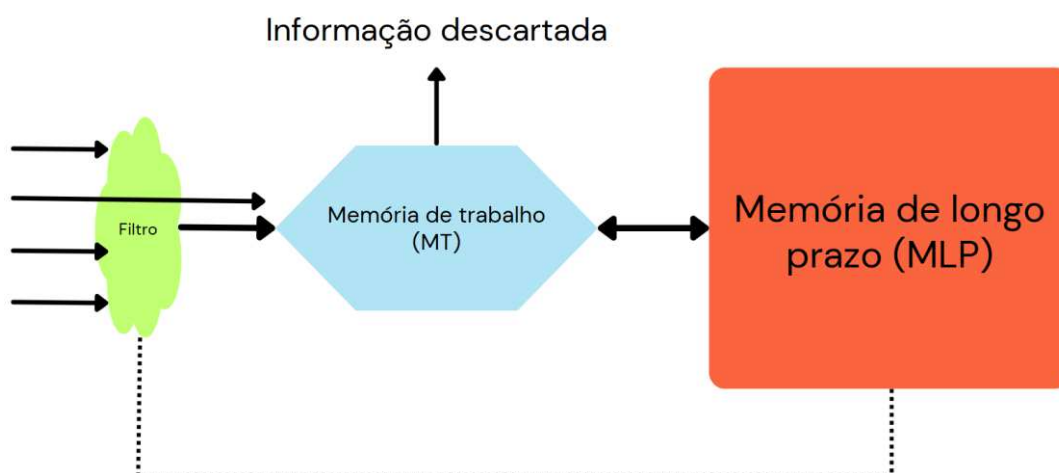
³ Esse número é a soma da percepção feita pelo autor nos anos 2000 com os 25 anos até a data presente.

laboratório o autor novamente responsabiliza a maneira como estruturamos essas experiências enquanto professores.

Concordamos sobre a existência de um exagero em relação a utilização dos aspectos representacionais, porém consideramos que o acréscimo dos aspectos macro e microscópicos unidos à linguagem, embora possam tornar a química mais compreensível, também podem fazer o efeito contrário, e diante desse contexto Johnstone (1991) lamenta pela existência de experimentos que mais atrapalham do que auxiliam na aprendizagem.

Se a maneira como o professor estrutura e trabalha a química durante as aulas é determinante no processo de ensino e aprendizagem, então, a simples integração dos três aspectos químicos não irá solucionar o problema, deve ser pensado a estrutura de todo o processo, visando tornar a integração uma fonte de esclarecimento. Desta maneira, consideramos viável elucidar as dificuldades enfrentadas pelos alunos através dos trabalhos que falam sobre Processamento de Informações (PI), representada na Figura 1, na Teoria da Carga Cognitiva (TCC), e no triângulo de Johnstone (1991; 1993), Figura 2.

Figura 2 - Modelo da teoria de processamento de informações.



Fonte: Adaptado de (Johnstone, 1991).

O PI que nos referimos faz parte das principais teorias cognitivas que orientam esse campo de estudo, sendo elas, a teoria de Piaget, a Neopiagetana, a de Vygotski e finalmente a própria abordagem do processamento de informações, que não possui apenas um autor como responsável (Neves, 2006).

Durante o desenvolvimento dos trabalhos em PI, seus componentes foram sendo gradativamente incluídos ao esquema. Johnstone (1993) explicita o funcionamento do filtro de percepção, representado na Figura 1 pela cor verde:

(...) quando estamos dirigindo, somos bombardeados com informações: cores de casas, árvores diferentes, pessoas na calçada, outros veículos, sinais de direção da estrada, sinais de trânsito, travessias de pedestres, leitura do velocímetro, e assim por diante. No entanto, não podemos prestar atenção em todas elas ou mesmo em muitas delas ao mesmo tempo. O que já temos em nossa memória de longo prazo (MLP) nos ajuda a selecionar o importante do não importante (p. 703, tradução nossa).

Após o filtro de percepção selecionar o que é importante, as informações chegam na Memória de Trabalho (MT), nesse componente temos nossa memória imediata ou Memória de Curto Prazo (MCP) que armazena informações temporárias. É na MT que as informações são processadas e à medida que a quantidade de informações aumenta, a seleção se torna mais complexa (Sirhan, 2007).

Na MT o processamento é feito relacionando o conhecimento prévio estabelecido na MLP com a nova informação. Segundo Cranford *et al.* (2014) existem três possibilidades durante o processamento. A informação pode, na melhor das hipóteses, ser relacionada com um conhecimento prévio e ser armazenada na MLP. Pode também não se relacionar com nenhuma informação prévia e ser armazenada de forma mecânica, ou na pior das hipóteses ser simplesmente descartada.

O modelo de PI não está isento de críticas, mas fornece uma explicação razoável de como os estudantes aprendem (Cranford *et al.*, 2014), e pode ser utilizado para nortear a elaboração de uma estratégia ou material didático. Quanto mais o material ou estratégia estiverem alinhados com a arquitetura cognitiva do sujeito, mais efetivo será a aprendizagem (Coutinho; Soares, 2010).

Sobre a Teoria da Carga Cognitiva (TCC), foi proposta por John Sweller na década de 1980, onde o autor considera que uma carga cognitiva é o esforço exigido por uma informação para que seja compreendida na memória de trabalho (Coutinho; Soares, 2010). O autor faz distinção entre três tipos de cargas cognitivas, a chamada extrínseca, que provém da maneira como o professor trabalha o conteúdo, sendo maior quando aspectos didáticos não são considerados. Outra, chamada intrínseca, anuncia que a complexidade é inerente ao objeto estudado. Por fim, a terceira que resulta do esforço na aquisição de conhecimento foi chamada de efetiva (Sweller; Van Merriënboer; Paas, 1998; Van Merriënboer; Sweller, 2005; Sweller; Van Merriënboer; Paas, 2019). Inicialmente não era previsto que a carga intrínseca pudesse ser

modificada, então os trabalhos foram desenvolvidos na direção de diminuir a carga extrínseca e aumentar a carga efetiva que aumenta a aprendizagem.

Utilizaremos dessas teorias pensando na quantidade de informações que são exigidas para o aprendizado em Química, sua complexidade e abstração. Especialmente para que possamos trabalhar o ensino de assuntos complexos como Equilíbrio Químico (EQ) que será nosso tema neste trabalho. As teorias aqui citadas serão mais detalhadas no próximo capítulo.

3 Sobre as teorias eleitas: o Processamento de Informações e a Teoria da Carga Cognitiva

Neste capítulo, abordaremos teorias fundamentais que adotamos para explorar os desafios relacionados ao ensino e à aprendizagem de Química, especificamente o modelo de Processamento de Informação (PI) e a Teoria da Carga Cognitiva (TCC). Essas duas abordagens têm o potencial de elucidar as dificuldades enfrentadas no ensino de conteúdos específicos que exigem o manejo de grandes volumes de informação.

3.1 Relações entre um computador e a Ciência Cognitiva

Por muito tempo, os estudos em psicologia foram dominados pelas teorias behavioristas, que enfatizavam o comportamento observável como o único objeto válido de estudo, relegando os processos internos da mente humana e deixando-os em segundo plano. Essas ideias exerceram forte influência sobre a educação (Lopes; Lopes; Teixeira, 2004; Sternberg, 2010; Cranford *et al.*, 2014).

Na década de 1950, com o advento do computador, os psicólogos começaram a explorar os processos realizados pela mente humana. Esse campo de estudo, conhecido como psicologia cognitiva, foi influenciado significativamente por essas máquinas, diretamente, através de simulações, e indiretamente nos modelos cognitivos que foram inspirados no funcionamento computacional (Sternberg, 2010). Durante esse período, surgiram termos que estão sendo cada vez mais evidenciados na contemporaneidade, como por exemplo Inteligência Artificial (IA) e Memória de Trabalho (MT).

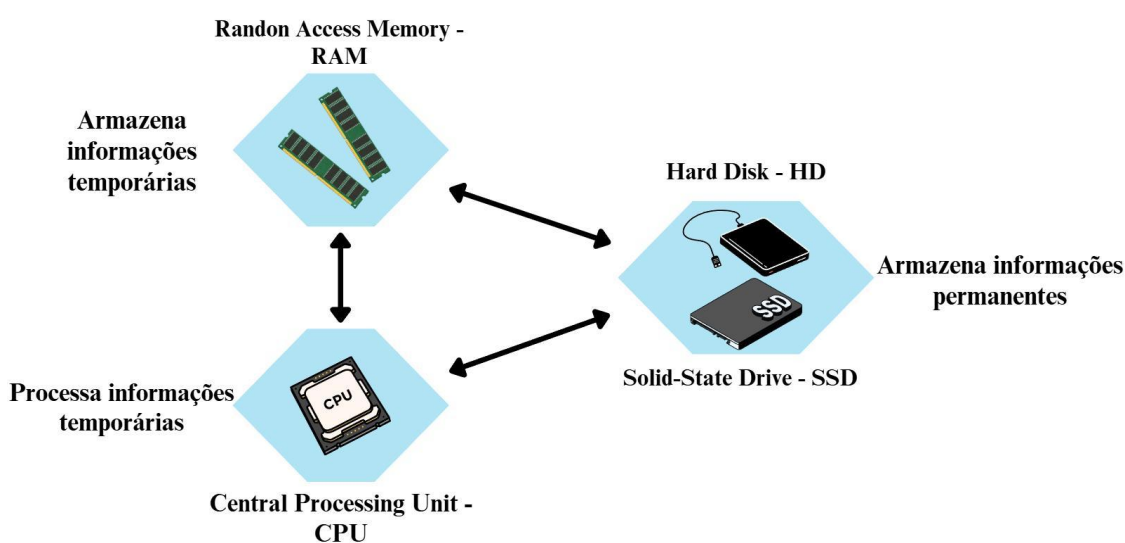
Então, considerando que os estudos sobre processos cognitivos surgiram paralelamente à invenção do computador, acreditamos ser significativo abordar de maneira elementar o funcionamento deste, para posteriormente vincular esses modelos à cognição humana.

Um computador convencional opera através da interação entre seus componentes físicos, conhecido como *hardware*, e seus componentes não físicos, chamado *software*. O *Hardware* é responsável por estruturar e dar forma ao computador. Um exemplo de componente é o *Central Processing Unit* (CPU), também conhecido simplesmente como processador, encarregado de processar os dados armazenados na *Random Access Memory* (RAM), que funciona como a memória de curto prazo do sistema, mantendo temporariamente os dados em uso. Para armazenamento de informações permanentes, o computador utiliza um *Hard Disk* (HD) ou um *Solid-State Drive* (SSD), ambos capazes de manter dados em grande quantidade.

Além desses, outros componentes físicos incluem a fonte de alimentação, responsável por fornecer energia elétrica ao sistema, e a placa mãe, que faz a conexão e comunicação entre todos os componentes mencionados.

Baseando-se nessa diversidade de componentes surgiram hipóteses, somadas a dados empíricos, de que o cérebro humano também possui diferentes áreas responsáveis por tarefas específicas. Adicionalmente, outros estudos tentaram investigar como essas áreas se relacionam, que podem ser chamados de modelos de cognição. Geralmente esses modelos admitem que o cérebro humano possui uma Memória de Longo Prazo (MLP), uma Memória de Curto Prazo (MCP) e um sistema que processa os dados, divisão muito similar a um computador. Embora existam estudos neurológicos que corroborem com a existência de componentes das teorias que iremos explorar (Daume *et al.*, 2024), nosso foco se dará nos processos psicológicos, não nos interessando aqui discutir as evidências que comprovam a existência dessas repartições neurais.

Figura 3 – Esquema de comunicação entre os hardwares.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A respeito do *software* (componentes não físicos), são essenciais no funcionamento de um computador, abrangendo desde o sistema operacional até programas que controlam o *hardware*. Exemplos desses conjuntos de dados incluem jogos, aplicativos, entre outros. Quando um *software* demanda muito processamento, ele pode causar travamentos no computador, prejudicando a experiência do usuário.

O travamento pode ter vários motivos, como a alta exigência da MCP ou da capacidade de processamento. As opções para solucionar esse problema vão da troca de *hardware*, substituindo-o por outro componente melhor, com mais espaço na MCP ou melhor capacidade de processamento, até a revisão do código que dá corpo ao programa ou aplicativo. Essa emenda inclui a eliminação de redundâncias e simplificação de operações, além da redução de detalhes gráficos, renunciando a qualidade em prol de desempenho.

Alguns modelos de cognição se apropriam dessas ideias para justificar o porquê de algumas pessoas encontrarem dificuldades na aprendizagem, podendo estar processando informações além de suas capacidades, ocasionando “travamentos” em suas mentes, o que pode levar a frustração, desistência e a recorrerem a memorização mecânica, como já citado. A reorganização das tarefas pode tornar o conteúdo mais cognoscível. Em suma, almejamos utilizar dos modelos cognitivos que apresentaremos para otimizar a comunicação, tornando informações complexas mais acessíveis aos estudantes, mormente aos estudantes surdos.

3.2 Processamento de Informações e Memória de Trabalho

George Armitage Miller (1920-2012), um dos pioneiros da psicologia cognitiva moderna, foi um dos primeiros a investigar as limitações da Memória de Curto Prazo (MCP). Em seu artigo *The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information* (1956), Miller revisou estudos sobre julgamento absoluto de estímulos unidimensionais e multidimensionais. Neste trabalho, o psicólogo conclui que para julgamentos unidimensionais, a capacidade da mente humana está limitada a aproximadamente 7 itens, um resultado corroborado por estudos posteriores, como os de Baddeley e Hitch (1974). No entanto, para julgamentos multidimensionais, o limite varia indefinidamente.

Além disso, no mesmo artigo, Miller (1956) propõe a possibilidade de organizarmos nossos pensamentos em blocos de informações, também conhecidos como *chunks*, para exemplificar o termo o autor descreve:

Um homem que está começando a aprender código radiotelegráfico ouve cada ponto e traço como um bloco separado. Logo, ele é capaz de organizar esses sons em letras e então pode lidar com as letras como blocos. Em seguida, as letras se organizam em palavras, que são blocos ainda maiores, e ele começa a ouvir frases inteiras (p. 93).

É por meio desse processo que uma pequena palavra pode evocar uma quantidade significativa de informações da memória de longo prazo. Assim, enunciados ou conceitos simples podem representar blocos extensos de informações, evitando assim a sobrecarga da

MCP. Porém, os estudos mencionados por Miller não requeriam que os participantes manipulassem as informações, apenas que as retivessem e as reproduzissem posteriormente. Em situações de retenção e processamento simultâneo a capacidade é menor (Johnstone, 2010).

A função dual de armazenar e processar informações está associada a um sistema multicomponente conhecido como Memória de Trabalho (MT), que, segundo Cowan (2013), surgiu na literatura em 1960 em um dos livros de Miller. No entanto, na obra citada por Cowan, o termo foi usado para descrever a capacidade da mente de executar atividades principais enquanto mantém em mente subtarefas que precisam ser lembradas. A articulação dessa função dual da MT foi formalizada em um modelo proposto por Alan Baddeley e Graham Hitch (1974). Segundo eles, a "memória de trabalho consiste em um 'espaço de trabalho' de capacidade limitada que pode ser dividido entre as demandas de armazenamento e processamento de controle" (Baddeley; Hitch, 1974, p. 75, tradução nossa).

Neste modelo de MT, os autores propuseram quatro componentes que desempenham papéis distintos. O *laço fonológico*, responsável por manter e manipular informações relacionadas à fala e aos sons. O *bloco visuoespacial*, que realiza funções de manipulação e armazenamento de imagens visuoespaciais. Entretanto, cabe mencionar que existe a possibilidade de uma informação dar entrada pelo bloco visuoespacial, mas ser de ordem fonológica, como por exemplo a imagem de uma palavra, ou o contrário, uma palavra que represente uma imagem. O *buffer episódico*, terceiro componente, foi acrescentado ao modelo no ano de (2000) por Baddeley, ele atua como interface entre a memória de trabalho e a memória de longo prazo (MLP), além de fornecer espaço de armazenamento temporário e integrar informações de diversas fontes. O *executivo central* coordena e direciona a atenção entre os três componentes mencionados (Baddeley; Hitch, 1974; Baddeley, 1992; Baddeley, 2000; Solaz-Portolés; Sanjosé-Lopez, 2009).

A distinção entre informações fonológicas e visuoespaciais são relevantes em nosso trabalho por tratarmos de estudantes surdos, e a comunicação visual ser a principal forma de comunicação desses estudantes. Outro ponto importante são os estudos de Miller (1956) que apontam que o maior número de informações em bits⁴, é armazenado na memória de curto prazo

⁴ O bit de informação é um valor necessário para tomar uma decisão entre duas possibilidades igualmente prováveis.

pelo sentido visual⁵. Baddeley (2006) sugere que o sentido da visão tem maior capacidade de armazenamento por sua característica holística, enquanto as informações fonológicas necessitam ser processadas de forma sequencial.

Cabe destacar que existem outros modelos de PI e MT, mas, pensando em uma visualização simplificada assumiremos que a MT se trata de um espaço limitado de memória que assume a função de armazenar informações por um curto período e de processá-las simultaneamente, esse modelo será enriquecido na próxima sessão com os tipos de carga que podem ocupar os espaços da memória. Para o PI usaremos um fluxograma proposto por Johnstone (2010), Figura 1, que Cowan chama de modelo modal e escreve em (2013) que este pertence a uma nota de rodapé de um livro de Broadbent (1958), voltaremos no detalhamento desses modelos quando for necessário. Optamos por essa representação pela sua simplicidade e eficiência, sendo utilizada em diversos estudos em educação e ensino de Química pelo professor Emérito da *University of Glasgow*, Alex H. Johnstone (1930-2017).

3.3 Teoria da Carga Cognitiva

Conforme mencionado, a Teoria da Carga Cognitiva (TCC) foi inicialmente proposta por John Sweller na década de 1980 e, apesar de ter relevância internacional, não foi difundida no Brasil (Souza, 2010). Essa teoria se baseou nos estudos sobre a estrutura cognitiva citada no tópico anterior e em outros. Duas premissas na TCC merecem destaque, pois são responsáveis pela base da teoria: a primeira é que pessoas especialistas não são especialistas porque possuem uma memória de trabalho superior, mas porque possuem estruturas bem-organizadas e consolidadas em sua Memória de Longo Prazo (MLP) (Sweller; Van Merriënboer; Paas, 1998).

Os estudos de De Groot (1966) e Chase e Simon (1973), como citados por Sweller, Van Merriënboer e Paas (1998), colocaram especialistas e iniciantes em xadrez para observarem diferentes posições de peças sobre um tabuleiro. Em seguida, foi solicitado que reproduzissem o esquema que acabaram de observar. As peças foram organizadas de duas maneiras diferentes: a primeira organização derivou de situações reais de um jogo; a segunda distribuição foi feita de maneira aleatória. A pesquisa buscou investigar quantas jogadas os participantes conseguiriam armazenar. Previsivelmente, os especialistas em xadrez responderam à primeira

⁵ Os experimentos que obtiveram maior valores de bit de informação foram: 1) Experimento sobre a variação de posição em marcadores de escala (visual): 3,25 bits. 2) Experimento com tons sonoros (auditivo): 2,3-2,5 bits. 3) Experimento com concentração de soluções salina (gustativo): 1,9 bit.

organização de maneira mais correta do que os iniciantes. Porém, quando a distribuição foi feita de maneira aleatória, a quantidade de peças que jogadores experientes conseguiram realocar foi semelhante aos iniciantes. Segundo Sweller, Van Merriënboer e Paas (1998):

Todos os estudos confirmaram que o principal fator que distingue solucionadores de problemas novatos dos especialistas não é o conhecimento de estratégias gerais sofisticadas de resolução de problemas, mas, sim, o conhecimento de um enorme número de estados de problema e seus movimentos associados (p.254, tradução nossa).

Esses estados de problema e movimentos associados estão relacionados com os *chunks*, ou blocos de informação que foram apresentados por Miller (1956). De acordo com Thalmann, Souza e Oberauer (2019), os *chunks* representam a reorganização de unidades menores em unidades maiores e familiares, resultando em uma demanda reduzida na memória de trabalho, o que acontece com especialistas em xadrez.

No ensino de Química, Stieff *et al.* (2020) trabalharam com *chunks* visuais de maneira semelhante aos estudos com enxadrists. Os autores apresentaram átomos organizados em funções orgânicas e organizados de maneira aleatória para professores e leigos em química. Os alunos, por não possuírem as estratégias mentais necessárias para uma rápida assimilação, não conseguiram reconhecer as funções, tratando-as como um amontoado de átomos que precisavam ser processados individualmente, o que sobrecarregou sua memória de trabalho. Já os professores especialistas, ao reconhecerem as funções, conseguiram reproduzir as organizações com mais facilidade. No entanto, quando a organização foi feita de maneira aleatória, até mesmo os professores cometeram erros, pois não possuíam *chunks* estabelecidos para lidar com arranjos aleatórios. Com isso, entendemos que, independentemente da capacidade da memória de trabalho, ninguém está isento de ser sobrecarregado.

Essa premissa coloca como um dos objetivos da TCC, ajudar os estudantes a desenvolverem e organizarem essas estruturas em esquemas⁶. Pois são necessárias para que os alunos caminhem na direção dos especialistas.

O segundo aspecto que deve ser considerado é a própria capacidade da memória de trabalho, ela contém um espaço limitado e utilizá-la próxima ao seu limite ou até mesmo

⁶ Segundo Kalyuga (2010) “Esquemas representam o conhecimento como padrões estáveis de relações entre elementos que descrevem algumas classes de estruturas que são abstraídas de instâncias específicas e usadas para categorizar essas instâncias” (p. 1). De maneira mais simples, Sweller, Van Merriënboer e Paas (1991) definem que “Um esquema pode ser qualquer coisa que foi aprendida e tratada como uma única entidade. Um esquema pode ser qualquer coisa que foi aprendida e tratada como uma única entidade” (p. 256).

ultrapassando-o é prejudicial para a aprendizagem, este aspecto é importante porque segundo Sweller, Van Merrinboer e Paas (1998):

Embora os esquemas sejam armazenados na memória de longo prazo, para construí-los, a informação deve ser processada na *memória de trabalho*. [...] As seções relevantes da informação devem ser extraídas e manipuladas na *memória de trabalho* antes de serem armazenadas na forma de esquemas na memória de longo prazo. *A facilidade com que a informação pode ser processada na memória de trabalho é uma preocupação principal da teoria da carga cognitiva* (p. 259, tradução nossa, grifo nosso).

Ao dar enfoque na Memória de Trabalho a TCC considera que ela pode ser preenchida com cargas cognitivas, que serão as responsáveis por ocupar espaço podendo ou não a sobrecarregar. Sweller, Van Merrinboer e Paas (1998) apresentam três tipos de carga cognitiva que poderão influenciar o aprendizado, a primeira foi chamada de carga cognitiva intrínseca, é definida como uma carga que é inerente ao objetivo estudado. Como essa carga depende apenas da complexidade do assunto a ser estudado, ela não pode ser alterada. Para a definição da carga intrínseca, utiliza-se o número de interações de elementos para que algo possa ser compreendido, quanto maior o número de interações necessárias maior é a carga intrínseca. Os autores usam por exemplo o símbolo químico *Fe* que representa o elemento ferro na tabela periódica, para que haja o entendimento sobre o que este símbolo representa não há uma alta interação de elementos, então existe aqui uma baixa carga cognitiva intrínseca, tão baixa que o termo compreensão não deveria nem ser usado, como argumentam os autores:

O termo "compreensão" é aplicado apenas quando lidamos com material de alta interatividade de elementos (ver Marcus, Cooper e Sweller, 1996). O material é difícil de entender quando consiste em muitos elementos interativos que não podem ser facilmente mantidos na memória de trabalho. O material que pode ser facilmente mantido na memória de trabalho é fácil de entender. Segue-se que o material com baixa interatividade de elementos é fácil de entender. De fato, se a interatividade de elementos for suficientemente baixa, a compreensão é tão direta que nem sequer usamos o termo "compreensão". Normalmente, não nos referimos a alguém entender ou não entender a tradução da palavra "gato" de uma língua para outra. A falha em traduzir corretamente normalmente é atribuída a falhas de memória ou de aprendizado, nunca a uma falha em compreender (Sweller; Van Merrienboer; Paas, 1998, p. 260, tradução nossa).

O segundo tipo foi chamado de carga cognitiva extrínseca, essa não possui relações com a complexidade do objeto, mas com fatores externos que podem influenciar a aprendizagem, como por exemplo a maneira como o conteúdo é apresentado aos estudantes. Logo, essa carga pode ser modificada, assim, parte dos estudos sobre design instrucional foram historicamente direcionados em diminuir essa carga, para que mais espaço na MT fosse liberado, facilitando a compreensão e o aprendizado.

A terceira carga, foi adicionada posteriormente à TCC, ganhou o nome de carga cognitiva germânica ou carga cognitiva efetiva, que apesar de ser somativa na memória de trabalho ela fornece dispositivos oportunos para que os estudantes criem estruturas ou esquemas na MLP fazendo com que o aprendizado aumente. Em suma essa carga é boa quando não ultrapassa os limites da MT. Então, busca-se em situação ideal reduzir a carga cognitiva extrínseca e aumentar a carga cognitiva germânica para melhor aprendizado.

3.4 Efeitos da Teoria da Carga Cognitiva

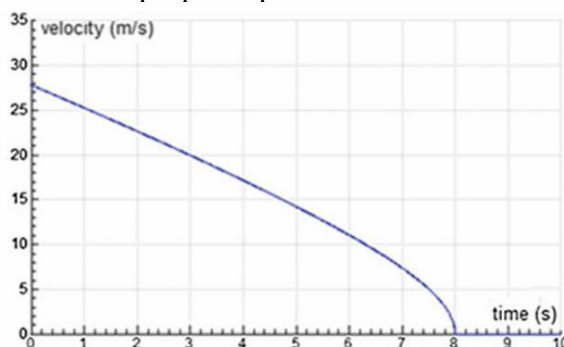
A partir de estudos com a TCC em diferentes níveis, alguns efeitos foram identificados e serão descritos a seguir. Esses efeitos mostram como a carga cognitiva e o esforço mental podem variar em diferentes situações e são úteis de se considerar na preparação de uma instrução. Alguns efeitos quando aplicados prejudicam o aprendizado e outros tendem a diminuir a carga cognitiva, facilitando o aprendizado, o que se nota, é que os efeitos mexem na carga cognitiva extrínseca e/ou eficiente.

O primeiro efeito discutido por Sweller, Van Merriënboer e Paas (1998) foi o “efeito de problemas sem metas”, ou “problemas com especificidade de metas reduzida”. Estes não possuem um objetivo específico. Uma proposta como ‘calcule o valor de x’ é substituída por ‘calcule o máximo de variáveis que puder’. Segundo os autores a segunda proposta elimina uma estratégia mental de estar sempre com o objetivo final em mente, que ocupa espaço na memória de trabalho e pode levar o estudante a resolução do problema sem a compreensão do mesmo (Sweller; Levine, 1982). Nos trabalhos de Van Buuren e Heck (2019), eles defendem que expressões como “calcule o máximo de variáveis possíveis” podem ser substituídas por requerimentos que pedem ao aluno que expliquem o que pode ser encontrado e como fazer. Na figura 4 temos um exemplo de problema sem meta proposto por Van Buuren e Heck (2019).

Figura 4 - Exemplo de exercício resolvido proposto por Van Buuren e Heck.

Exercício 3.17 - Quebrando o carro

Explique o que pode ser encontrado e como isso pode ser feito com os dados neste gráfico.



Fonte: Adaptado de Van Buuren e Heck (2019).

O segundo efeito discutido é a utilização de *exemplos resolvidos*, ele é útil porque também elimina da memória de trabalho a análise de meios e fins, liberando espaço para a compreensão.

Em contraste com problemas convencionais, exemplos resolvidos concentram a atenção nos estados do problema e nos operadores associados (ou seja, etapas da solução), permitindo que os aprendizes induzam soluções generalizadas ou esquemas. Como nada mais precisa ser atendido, a carga cognitiva extra deve ser baixa. Esse raciocínio leva à previsão contraintuitiva de que estudar exemplos resolvidos pode facilitar a construção de esquemas [...] (Sweller; Van Merriënboer; Paas, 1998, p. 275, tradução nossa).

McLaren e Isotani (2011) citam pesquisas que indicam que o uso de exemplos resolvidos alternados com problemas tutorados constitui uma estratégia de aprendizagem mais eficiente. Segundo os autores, os problemas tutorados situam-se entre a resolução convencional de problemas e o estudo de exemplos resolvidos, pois permitem ao estudante tentar resolver a questão de forma autônoma, sem recorrer imediatamente às dicas. À medida que surgem dificuldades e a carga cognitiva aumenta, o estudante pode acessar pistas gradualmente mais específicas, ajustando o nível de apoio conforme a necessidade.

Os problemas tutorados apresentam grande semelhança com o terceiro efeito da teoria, proposto por Van Merriënboer e Krammer (1987), os chamados *problemas de conclusão ou problemas parcialmente resolvidos*. Eles possuem um objetivo definido, como os convencionais, mas incluem uma solução parcial já pronta para que o estudante possa avançar a partir dela. Ter uma dica inicial ou até parte do problema já resolvido faz com que o estudante não se distraia com ideias que não serão úteis para a resolução do problema, e então sigam por um caminho mais direcionado, diminuindo a carga cognitiva.

Existe também o *efeito da atenção dividida*, que ocorre quando o estudante precisa alternar o foco entre múltiplas fontes de informação que deveriam estar integradas, por exemplo, um texto e uma imagem que se complementam, mas são apresentados separadamente. Essa separação aumenta a carga cognitiva extrínseca e pode prejudicar o aprendizado. Uma forma de evitar esse problema é integrar as fontes de informação, apresentando-as de maneira conjunta (Van Merriënboer; Sweller, 2005).

Bulegon, Drescher e Santos (2017) sugerem que os infográficos são uma alternativa eficaz para integrar diferentes fontes de informação e, assim, reduzir o efeito da atenção dividida. Os infográficos utilizam a combinação de diversos recursos para transmitir uma mensagem, como textos, imagens, ícones e elementos de mídia digital e multimídia,

favorecendo a apresentação integrada das informações (Bottentuir Junior; Lisboa; Coutinho, 2011).

Para o *efeito da modalidade* a TCC retoma a memória de trabalho proposta por Baddeley e Hitch (1974; 1992) como descrito no tópico 2.2 em que os autores propõem uma divisão dessa memória. Os componentes importantes para este efeito são o laço fonológico (processa informações fonológicas) e o processador visuoespacial (processa informações visuais). Esse efeito considera que ao expor estudantes a informações visuais e fonológicas que se complementam existe a melhora na aprendizagem.

Um diagrama apresentado visualmente e um texto apresentado auditivamente podem aumentar a memória de trabalho efetiva em relação às condições em que apenas a memória visual deve processar todas as informações (Sweller; Van Merriënboer; Paas, 1998, p. 282, tradução nossa).

O efeito citado pode parecer contraditório à primeira vista, pois parece entrar em conflito com o *efeito da atenção dividida*: afinal, informações provenientes de fontes diferentes que se complementam já caracterizam a atenção dividida. No entanto, como a memória de trabalho possui dois subsistemas que operam de forma relativamente independente, estímulos visuais não sobrecarregam o canal auditivo, e vice-versa. Assim, o efeito da atenção dividida aplica-se apenas quando diferentes informações competem dentro de um mesmo canal perceptivo. Quando a mesma informação é distribuída entre canais distintos, por exemplo, parte visual e parte auditiva, há melhor aproveitamento dos subsistemas da memória de trabalho, aumentando a eficiência cognitiva (Penney, 1989). Contudo, é evidente que estudantes surdos não dispõem do canal auditivo; portanto, o efeito da modalidade baseado em múltiplos canais não se aplica a eles.

O *efeito da redundância* refere-se às fontes de informações distintas, que não são dependentes entre si, ou seja, são autossuficientes. Quando a integração dessas fontes é feita sem que haja necessidade, temos o efeito aplicado, sendo este, prejudicial para a aprendizagem. Uma solução para mitigá-lo é a eliminação da redundância (Van Merriënboer; Sweller, 2005) ou a separação das duas fontes para que seja possível o estudante ignorar uma delas (Chandler; Sweller, 1991). De acordo com Sweller, Van Merriënboer e Paas (1998), quando se integram informações independentes, a carga cognitiva pode aumentar, prejudicando o aprendizado. Contudo, a própria definição do que constitui material redundante pode ser relativa. Em um estudo sobre o efeito, Kalyuga, Chandler e Sweller (1998) observaram que fontes consideradas redundantes para aprendizes mais experientes eram, na verdade, essenciais para iniciantes.

Este efeito, mostrou que algumas instruções são fundamentais para que os estudantes consigam trabalhar dentro dos limites da memória de trabalho, entretanto, quando o aluno vai adquirindo conhecimento as instruções que antes eram essenciais podem passar a ser irrelevantes ou até mesmo podem gerar o efeito contrário. Diante desse cenário é que se pode compreender o *efeito da expertise reversa*, que é definido justamente por essa inversão dos efeitos na memória de trabalho quando trabalhamos com estudantes em diferentes níveis de expertise.

Em outros efeitos também conseguimos entender em conjunto o efeito da expertise reversa, como por exemplo o *efeito da variabilidade*, este representou um desafio para os autores da TCC, pois o aumento da variabilidade de superfície, como alterações no contexto de um enunciado, esteve associado a uma maior aquisição de esquemas pelos estudantes. Esse resultado parece contrariar o princípio da carga cognitiva segundo o qual o aumento da carga tende a dificultar a aprendizagem, o que levou à identificação da carga cognitiva germânica, também denominada carga cognitiva eficiente (Souza, 2010).

Na prática, o que ocorre nesse efeito é que a variação de cenários favorece a discriminação entre informações relevantes e irrelevantes para a resolução de um determinado tipo de problema, promovendo uma construção mais robusta de esquemas. Contudo, Likourezos, Kalyuga e Sweller (2019) realizaram dois estudos envolvendo o efeito da variabilidade em problemas de matemática e encontraram evidências de que a alta variabilidade beneficia estudantes com algum nível prévio de experiência no conteúdo, enquanto estudantes iniciantes tendem a aprender melhor com problemas de baixa variabilidade.

Há também efeitos que foram descobertos anos após a formulação da teoria e que continuam sendo reformulados ou identificados. De acordo com Neto *et al.* (2023), atualmente a teoria da Carga Cognitiva é composta por 29 efeitos, com uma segunda onda de descobertas ocorrendo entre 1998 e 2018 (Sweller; Van Merriënboer; Paas, 2019). Essa segunda onda de efeitos revela a emergência de fenômenos que impactam de maneira distinta estudantes e especialistas, estando intimamente ligados ao *efeito da expertise reversa*.

O primeiro efeito identificado após 1998, o *efeito da interatividade entre elementos*, já era conhecido anteriormente, embora não fosse formalmente denominado como um efeito. Inicialmente, a TCC utilizava esse conceito para distinguir os tipos de carga cognitiva, funcionando como um indicador da complexidade da informação, como descrito no tópico anterior. Esse efeito relaciona-se à capacidade do estudante de processar simultaneamente múltiplos elementos interativos. À medida que o estudante adquire maior expertise, esse

processamento torna-se mais eficiente; entretanto, quando ainda é iniciante, qualquer elemento interativo adicional é incorporado à memória de trabalho durante o processamento da informação.

O *efeito da autoexplicação* não é original da TCC, como bem admite os autores, porém foi incorporado por ela. Esse efeito é utilizado junto ao *efeito dos exemplos resolvidos*, considerando que a resolução de problemas somado a explicação deles poderia resultar em uma quantidade exagerada de carga cognitiva. A autoexplicação é amplamente utilizada como uma estratégia de ensino na formação de médicos (Peixoto, 2015; Costa, 2017), na formação de programadores (Aureliano; Tedesco, 2015), na formação de bioquímicos (Cicuto; Torres, 2015) entre outros.

Existe também o *efeito da imaginação*, que consiste em solicitar ao estudante que imagine mentalmente soluções para determinados problemas, em vez de estudar exemplos resolvidos. No entanto, trata-se de um efeito cognitivamente sofisticado e, em geral, ineficiente para estudantes recém ingressados no respectivo tema. Segundo os autores TCC, esse efeito só se torna funcional para estudantes mais experientes, que já dispõem de conhecimento suficiente para processar adequadamente as informações na memória de trabalho.

Quanto aos *elementos isolados*, Pollock *et al.* (2002), conforme citados por Sweller, Van Merriënboer e Paas (2019), levantaram hipóteses que, em certa medida, alinham-se ao senso comum, ao sugerirem que a aprendizagem iniciada a partir de elementos isolados, sem considerar, inicialmente, as interações entre eles, tende a ser mais eficiente para estudantes iniciantes. A introdução posterior das interações entre esses elementos possibilitaria, então, uma compreensão mais aprofundada do conteúdo. Corroborando esse efeito, os estudos de Blayney, Kalyuga e Sweller (2010), realizados com estudantes de contabilidade, indicam que aprendizes com maior nível de expertise apresentam melhores resultados quando trabalham com materiais de maior interatividade, enquanto estudantes mais iniciantes obtêm melhor desempenho quando expostos a problemas com menor nível de interatividade.

Um efeito importante descoberto na segunda onda diz a respeito de informações que são apresentadas ao estudante, geralmente por meio de vídeo ou fala, e que rapidamente são esquecidas, ele é chamado de *efeito das informações transitórias*. Em contraste, as informações que permanecem expostas, como registros gráficos no quadro ou imagens, são consideradas não transitórias. Esse efeito evidencia que, sob a perspectiva da TCC, a redução da carga cognitiva extrínseca pode ser favorecida quando determinadas informações permanecem disponíveis durante a resolução dos exercícios, permitindo sua consulta contínua pelos

estudantes e reduzindo a demanda sobre a memória de trabalho. Para aprendizes, a natureza transitória das informações pode dificultar o processamento e a integração dos elementos do conteúdo. Em contrapartida, para estudantes com maior nível de expertise, a apresentação transitória ou permanente das informações tende a não afetar significativamente o desempenho, uma vez que esses aprendizes dispõem de esquemas mais elaborados na memória de longo prazo, capazes de compensar tais demandas cognitivas.

O *efeito da memória de trabalho coletiva* considera que os estudantes, ao trabalharem com cooperação, formam um sistema único de processamento de informações, no qual o conhecimento de cada indivíduo, por meio da interação, contribui para o aprendizado do outro. Essa colaboração não exige que cada estudante possua domínio total sobre o assunto em estudo, pois as lacunas de conhecimento podem ser supridas pelo auxílio de um colega. Esse processo permite a liberação de espaço na memória de trabalho, o que pode potencializar o aprendizado.

Quando grupos de alunos colaborativos são considerados como sistemas de processamento de informações, nos quais as informações dentro da tarefa e a carga cognitiva intrínseca associada podem ser divididas entre múltiplas memórias de trabalho colaborativas, pode-se argumentar que, devido a uma combinação da capacidade de processamento expandida e da vantagem da distribuição, quanto mais complexa a tarefa, mais eficiente se tornará a cooperação entre os indivíduos de uma forma que reduz essa carga (Kirschner; Paas; Kirschner, 2009, p. 37).

No entanto, o benefício de distribuir a carga cognitiva entre várias mentes é parcialmente neutralizado pela comunicação, que pode aumentar essa carga. Essa limitação é mais pronunciada em tarefas de alta carga cognitiva, pois o acréscimo de carga devido à comunicação não é suficiente para anular os benefícios da colaboração. Por outro lado, em tarefas de baixa carga cognitiva, a comunicação tem um impacto considerável (Kirschner; Paas; Kirschner, 2009; Sweller; Van Merriënboer; Paas, 2019). Acreditamos que o nível de carga somado pela comunicação possa ser ainda mais significativo no contexto de inclusão, onde a comunicação ocorre por meio de um intérprete de Libras.

O *efeito do autogerenciamento* postula que, ao tomarem conhecimento da TCC, os estudantes desenvolvem a capacidade de aplicar seus princípios de forma autônoma. Os autores alertam que muitos materiais instrucionais são elaborados sem considerar a carga cognitiva, o que pode comprometer a aprendizagem. Nesse contexto, estudantes familiarizados com a TCC tendem a reconhecer com maior facilidade as limitações desses materiais e a adotar estratégias mais adequadas ao seu nível de conhecimento, direcionando o próprio estudo de maneira mais eficiente.

O *efeito da retirada gradual da orientação* é, em grande medida, autoexplicativo. Esse efeito está intimamente relacionado ao *efeito da interatividade entre elementos*, ao *efeito da redundância* e ao *efeito da reversão da expertise*, indicando que estratégias instrucionais eficazes para estudantes podem não ser adequadas para estudantes mais experientes. Assim, um dos objetivos centrais da TCC é promover a retirada progressiva da orientação instrucional, de modo a favorecer o aumento da autonomia dos estudantes e seu engajamento em atividades progressivamente mais complexas.

4 Metodologia

Antes de desenvolvermos a estratégia com a temática selecionada, reconhecemos a importância de realizar uma revisão que nos proporcionou uma visão das atuais estratégias desenvolvidas com estudantes surdos, nas diversas áreas da Química.

Uma revisão de literatura é um termo genérico, que envolve a análise de trabalhos publicados em determinada área (Galvão; Ricarte, 2019). Um dos objetivos em se realizar esse tipo de pesquisa é fazer um mapeamento do conhecimento existente (Tranfield; Denyer; Smart, 2003). Além de:

observar possíveis falhas nos estudos realizados; conhecer os recursos necessários para a construção de um estudo com características específicas; desenvolver estudos que cubram brechas na literatura trazendo real contribuição para um campo científico; propor temas, problemas, hipóteses e metodologias inovadoras de pesquisa; otimizar recursos disponíveis em prol da sociedade, do campo científico, das instituições e dos governos que subsidiam a ciência (Galvão; Ricarte, 2019, p. 58).

Nesse sentido, reconhecemos que estávamos buscando conhecer recursos necessários para a construção de um estudo com características específicas, que é o caso de uma estratégia didática que inclua pessoas surdas. No entanto, revisões de qualidade questionável foram historicamente responsáveis por gerar recomendações inadequadas e esse problema gerou um movimento em busca de metodologias que aumentassem a qualidade das pesquisas, almejando melhores evidências que auxiliassem na tomada de decisões (Tranfield; Denyer; Smart, 2003).

A revisão sistemática, então, surge no cenário clínico em 1955 por pesquisadores alemães (Galvão; Sawada; Trevizan, 2004; Cordeiro *et al.*, 2007), e foi desenvolvida no final da década de 1980 como uma metodologia de revisão de literatura que possui características mais científicas e rigorosas, principalmente em relação a tradicional revisão narrativa (Tranfield; Denyer; Smart, 2003). Esta segunda é muito útil para a introdução em dissertações de mestrado, trabalhos de conclusão de curso e outros, porém carece de clareza sobre a sua construção (Galvão e Ricarte, 2019).

Esse tipo específico de revisão consiste em uma tentativa, geralmente realizada por uma equipe de pesquisadores, de responder a uma questão própria e claramente definida no âmbito da revisão (Andrews, 2005). A transparência da revisão sistemática permite que seja uma metodologia reprodutível, que através da combinação de evidências (Cordeiro *et al.*, 2007), direciona a tomada de decisões para fins de novas pesquisas e políticas públicas, principalmente nas áreas da saúde.

Algumas etapas importantes nesse tipo de pesquisa são; a definição de critérios de seleção (inclusão e exclusão) dos trabalhos encontrados, as técnicas de busca, a avaliação da qualidade dos trabalhos, uma síntese e análise dos trabalhos incluídos na pesquisa, entre outros. Todas essas etapas devem ser explicitadas com clareza, sempre objetivando a possibilidade de reprodução por outros pesquisadores. A síntese dos resultados quantitativos é geralmente realizada com meta-análise, ou meta-síntese em pesquisas qualitativas, a qual nos enquadraremos (Galvão; Ricarte, 2019; Bearman *et al.*, 2012).

Cabe mencionar que existem limitações ao se trabalhar com a revisão sistemática, principalmente na área da educação. Dentre os motivos, destacamos a tendência positivista dessa metodologia, que recebe críticas por ser apresentada por vezes como superior às demais metodologias de revisão, que não é nosso caso; a adaptação da revisão sistemática, tradicionalmente quantitativa, aos contextos sociais (Bearman *et al.*, 2012); e a falta de aplicabilidade das conclusões resultantes de revisões, com isso, “existe a preocupação de que formas de pesquisa que são fortemente qualitativas e descritivas não se encaixem nos princípios subjacentes da revisão sistemática” (Ibidem, p. 635, tradução nossa).

Acreditamos que a revisão sistemática auxiliou na presente pesquisa por se tratar de uma revisão de literatura criteriosa que nos proporciona uma visão holística sobre quais abordagens estão sendo utilizadas no ensino de química com surdos a qual iremos confrontar com a TCC e com o modelo de PI.

As etapas de produção de uma revisão sistemática são descritas por diferentes autores (Tranfield; Denyer; Smart, 2003; Galvão; Sawada; Trevizan, 2004; Galvão; Ricarte, 2019; Donato; Donato, 2019). Entre as mais comuns citadas temos: o planejamento da revisão, a definição da pergunta de pesquisa, a seleção da base de dados que serão utilizadas para buscar os trabalhos, a estratégia de busca, a seleção e análise, encerrando com a publicação, caso seja válido.

4.1 Definição da pergunta de pesquisa

A elaboração da pergunta é uma das fases mais importantes da revisão, pois é ela que guia todo o processo, por ela define-se quais estudos serão incluídos e excluídos do processo de análise. Um bom exemplo de pergunta segundo Galvão, Sawada e Trevizan (2004) possui uma Intervenção, uma População e o Resultado. Porém, Galvão e Ricarte (2019) acrescentam a comparação, formando o acrônimo PICO, segundo eles a pergunta deve contemplar a:

especificação da população, ou do problema ou da condição que será estudada, o tipo de intervenção que será analisado, se haverá comparação entre intervenções e o desfecho que se pretende estudar. Esta abordagem para a elaboração da questão é conhecida pela sigla PICO, onde p é população ou problema, i é intervenção, c é comparação e o é *outcome*/resultado (p. 63).

Alguns autores como Donato e Donato (2019) apontam que o protocolo de investigação deve ser feito antes da questão de revisão. Porém, Tranfield, Denyer e Smart (2003) afirmam que na pesquisa em gestão, se o problema de revisão for bem definido, não há necessidade de se definir uma pergunta de pesquisa específica.

Como mencionado, objetivamos utilizar os resultados da revisão sistemática como norteadores para a construção de estratégias didáticas para a inclusão de surdos na educação básica, mais especificamente em aulas de Química no ensino médio. Com isso, definimos a seguinte pergunta de revisão: *Com base nos trabalhos sobre estratégias, materiais e metodologias para a inclusão de surdos no ensino de química, como as categorias emergentes dos trabalhos se relacionam com aspectos centrais da Teoria da Carga Cognitiva e com o modelo de Processamento de Informações, e quais ajustes podem ser feitos?*

Na presente pesquisa, nossa população foram os estudantes surdos, a intervenção foram as estratégias, materiais e metodologias produzidas, a comparação foi realizada confrontando as categorias definidas a *posteriori*, com aspectos da TCC e PI. Por fim, o resultado que orienta a formulação de uma estratégia didática foi nosso desfecho.

4.2 Seleção da base de dados e estratégia de busca

Optamos por realizar nossas buscas no *Google Scholar* e no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). No contexto brasileiro, essas duas plataformas são bem difundidas entre pesquisadores e professores da educação básica, pela facilidade e praticidade de acesso. Além de que, na plataforma da CAPES encontramos um dos maiores acervos científicos do Brasil e o *Google Scholar* se encontra em destaque pela sua abrangência de documentos e gratuidade (Pereira; Brito; Freitas-Reis, 2023).

Os trabalhos relacionados à inclusão de surdos na educação básica são relativamente recentes, e geralmente amparados por leis como a nº 13.146/2015 que institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência) (Brasil, 2015). Por esta razão, limitamos o período das buscas aos trabalhos dos últimos 10 anos (2015-2024).

Para realizarmos as buscas no Google Scholar utilizamos a pesquisa por descritores juntamente com os recursos de busca avançada da plataforma. Os descritores utilizados foram:

“surdos”, “química”, “estratégia”, “material”, “metodologia”, “ensino” e “experiência”. Foram feitas diferentes combinações desses descritores, sendo a primeira delas “ensino” “química” “surdos” “material”. Esta combinação resultou em 5.980 resultados. Uma segunda combinação, “ensino” “surdos” “química” “estratégia”, resultou em 4.910 documentos encontrados. Diante da quantidade de arquivos encontrados optamos por realizar as buscas limitando os descritores aos títulos.

Quando efetivamos a delimitação e repetimos a combinação de descritores citados, encontramos uma quantidade muito reduzida de trabalhos, com apenas um ou até mesmo nenhum resultado. Optamos por manter a busca com descritores atrelada ao título dos trabalhos, porém combinamos parcialmente os descritores ampliando nossa quantidade de resultados e buscamos nos títulos e resumos dos trabalhos aqueles que se encaixam nos critérios de seleção definidos no item 4.4.

A pesquisa realizada no portal da CAPES foi realizada sem a limitação dos descritores atrelados aos títulos dos trabalhos, essa opção se deve a quantidade reduzida de trabalhos encontrados nessa plataforma, em relação ao *Google Scholar*, e ao fato de que os trabalhos que possuem os descritores citados nos títulos também aparecerão como dados.

4.3 Critérios de Seleção e Metodologia de Análise

A etapa de seleção e análise dos trabalhos encontrados se fez pelos critérios deste tópico. Esta etapa é importante no processo de planejamento da revisão pois é através dela que outros pesquisadores poderão, caso necessário, reproduzir a pesquisa. Com isso, esses critérios devem ser explicitamente descritos (Donato; Donato, 2019). A seguir enunciamos nossos critérios de seleção para os trabalhos encontrados:

Critérios de inclusão:

- 1- O texto deve conter um relato descritivo e/ou análise de alguma metodologia, material, adaptação ou estratégia didática na inclusão de surdos.
- 2- O texto deve ter relação com o ensino de Química. Poderão ser incluídos alguns textos que tratam do ensino de ciências, apenas como complemento.
- 3- O texto deve estar redigido em língua portuguesa do Brasil ou de Portugal.

Critérios de exclusão:

- 1- Todos os trabalhos que não possuírem relação com ensino médio serão retirados da revisão.

- 2- Pela impossibilidade de análise, textos que no corpo não tiverem detalhamento suficiente sobre o material, estratégia ou metodologia serão excluídos da análise.
- 3- Os trabalhos que forem exclusivamente relatos de criação de glossários ou elaboração de sinais serão retirados da revisão.
- 4- Os textos de ensino de ciências que não abordarem majoritariamente conteúdos químicos serão excluídos da revisão.

A síntese dos resultados foi feita por meio de uma meta-síntese guiada pela análise de conteúdo de Bardin (1977).

4.4 Desenvolvimento da Estratégia Didática

Para o desenvolvimento da estratégia didática, partimos dos pressupostos teóricos da TCC e do modelo de PI, considerando também as particularidades das pessoas surdas, que nos motivaram a enfatizar aspectos visuais. Nós tentamos relacionar as categorias emergentes da revisão sistemática com as teorias e então nos orientamos pelos aspetos que nessa relação, consideramos importantes do ponto de vista cognitivo.

Com isso, estruturamos a estratégia didática em diálogo com um grupo diverso, composto por estudantes de graduação e pós-graduação, professores universitários e docentes da rede estadual. Participaram desse grupo: um licenciando em Química vinculado a um programa de iniciação científica; uma mestranda em Química que também atua como professora na rede estadual; uma doutoranda em Química, igualmente docente da rede estadual; um doutor em Química fluente em Libras, todos estes vinculados a Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF. Adicionalmente, dois graduandos do curso de ciência da computação também contribuíram com o diálogo, sendo estes vinculados a Universidade Federal de Viçosa – UFV, e Universidade Federal de São João del Rei – UFSJ. Essas pessoas foram escolhidas devido a praticidade, pois são pessoas envolvidas e interessadas com o ensino.

Por meio do diálogo com esse grupo, identificamos possibilidades para o desenvolvimento da estratégia didática, principalmente materiais relacionados ao equilíbrio químico. Com base nessas ideias, montamos nossa primeira versão da estratégia, e posteriormente apresentamos essa versão para uma estudante surda do curso de química da UFJF, por meio de uma apresentação em *powerpoint*. Durante e ao final da apresentação a estudante surda foi fazendo comentários sobre a estratégia, esses comentários e opiniões da estudante foram úteis para ajustes na estratégia.

4.5 Validação da estratégia

Para fazermos a validação e ajuste da estratégia nós consultamos uma estudante surda do curso de Licenciatura em Química da UFJF, essa estudante já apresentava domínio do conteúdo da estratégia, o equilíbrio químico.

A estratégia que possui alguns experimentos, foi apresentada para a estudante por meio de uma apresentação em slides, no qual o autor desse trabalho foi apresentando cada momento elaborado se basando nas teorias cognitivas e então a estudante surda dava sua opinião e solicitava alguns ajustes, esses ajustes foram então considerados no momento de fechar a estratégia que está apresentada no capítulo 6.

5 Revisão Sistemática

Para a busca de descritores nos títulos (*Google Scholar*) encontramos em uma primeira combinação, "ensino" "química" "surdos", 67 resultados dos quais 14 estavam dentro dos critérios de seleção. Em seguida utilizamos os descritores: “química” “surdos”, foram encontrados 97 resultados, dos quais 4 artigos foram inseridos no corpus de análise⁷. A quantidade reduzida em relação a busca anterior se justifica pela quantidade de trabalhos repetidos. Em seguida utilizamos os descritores “surdos” “material”, encontramos 73 resultados, e nenhum foi somado ao corpus de análise. Com os descritores “química” “surdos” “abordagem” 3 arquivos foram encontrados na busca, nenhum deles foi acrescentado na análise. Utilizamos os descritores “surdos” e “estratégia” de 27 resultados 1 foi acrescentado ao corpus de análise. Ao utilizarmos os descritores: “surdos” “experiência” “ensino”, 42 trabalhos foram encontrados e 2 foram inseridos no corpus de análise. A quantidade de trabalhos encontrados e selecionados na plataforma do *Google Scholar* estão descritos na tabela 1:

Tabela 1. Trabalhos encontrados no *Google Scholar*.

Descritores	Resultados (Selecionados)
"ensino" "química" "surdos"	67 (14)
“química” “surdos”	97 (4)
“surdos” “material”	73 (0)
“química” “surdos” “abordagem”	3 (0)
“surdos” e “estratégia”	27 (1)
“surdos” “experiência” “ensino”	42 (2)
Total (Selecionados)	(21)

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Nosso corpus de análise resultou em 21 artigos, complementamos essa busca com o portal da CAPES, os resultados dessa busca estão representados na tabela 2:

⁷ o corpus é o conjunto de documentos que foram analisados após a realização das buscas e a filtragem pelos critérios de seleção (Bardin, 1977).

Tabela 2. Trabalhos encontrados na CAPES.

Descritores	Resultados (Selecionados)
“ensino” “química” “surdos”	74 (9)
“química” “surdos” “abordagem”	12 (0)
“surdos” “material”	179 (0)
“química” “surdos”	91 (1)
“surdos” “estratégia”	99 (0)
“surdos” “experiência” “ensino”	149 (0)
Total (Selecionados)	(10)

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Com a conclusão da busca no portal da CAPES, foram somados 10 textos ao corpus de análise, resultando ao final em 31 textos. Esses trabalhos estão apresentados por meio de um quadro no apêndice I. Com isso, os textos citados na formulação de categorias *a posteriori* serão citados no texto quando necessário.

Sobre as categorias emergentes dos textos

Em um primeiro momento, delimitamos que as análises sobre as estratégias e materiais didáticos deveriam ser feitas em tópicos distintos, porque nos parecia necessário analisar um material didático levando em consideração seu modo/estrutura, que indica as características e modalidades que estão presentes no material (Pereira *et al.*, no prelo). Entretanto, as estratégias didáticas, ainda que possuam características e modalidades, estão mais relacionadas a como manipular os recursos didáticos e à abordagem pedagógica. Todavia, as análises dos materiais e recursos didáticos foram inviabilizadas pela limitação na extração de informações desses objetos por meio da leitura dos textos, seja pela ausência de detalhamento, seja pela necessidade de análise direta do material. Diante disso, optou-se por analisar os efeitos produzidos pelos materiais, quando identificados, os quais estão diretamente relacionados à abordagem adotada em sua aplicação.

Ao analisarmos as unidades de registro das estratégias didáticas, que representam as unidades básicas de significação, realizamos seu agrupamento em categorias (Bardin, 1997). Nesse processo de categorização, exploramos a didática e seus efeitos sobre a carga cognitiva,

abordando todas as etapas do processo, desde o planejamento até a aplicação e avaliação. Assim, no Quadro 1, são apresentadas as categorias resultantes dessa análise.

Quadro 1. Categorias emergentes da revisão sistemática.

Categoria	Definição
1- Planejamento e aprendizagem coletiva	Diz a respeito das vantagens e desvantagens relacionadas ao trabalhar em cooperação (12).
2- Contextualização do ensino	Diz a respeito das motivações em se trabalhar com um ensino contextualizado do ponto de vista social e cognitivo (7).
3- Adaptação da linguagem	Diz a respeito dos estímulos multissensoriais, e o enfoque dado ao sentido visual (11).
4- Avaliação	Diz a respeito da coerência necessária ao se avaliar os estudantes (15).

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

() quantidade de trabalhos em cada categoria.

Planejamento e aprendizagem coletiva

Historicamente, a TCC atraiu adeptos interessados em reduzir a carga extrínseca, facilitando a aprendizagem dos estudantes. Os efeitos descritos no tópico 2.4 derivam de experimentos sobre cognição, que analisam a carga imposta durante momentos de aprendizagem ou resolução de problemas. Considerando que a elaboração de estratégias e materiais didáticos representa um desafio, aqueles envolvidos nesse processo enfrentam demandas cognitivas significativas. Assim, a carga cognitiva pode variar de acordo com o nível de especialização de cada indivíduo.

Porém, nesse desafio, a carga cognitiva não precisa recair exclusivamente sobre um único indivíduo, encontramos na literatura trabalhos feitos por meio da colaboração entre diferentes especialistas. Durante o planejamento, a colaboração entre pesquisadores, professores e intérpretes parece contribuir para a distribuição do problema, tornando o processo mais eficiente. Esse aspecto é ilustrado nos trechos (unidades de registro) A e B do quadro 2.

Quadro 2. Trechos sobre Planejamento e aprendizagem coletiva.

A	A quarta etapa constituiu a definição do plano de ação, a partir da discussão coletiva entre professora, estudantes e investigadores. Nessa etapa foram planejadas e executadas 6 (seis) intervenções pedagógicas (IP) (Paiva <i>et al.</i> , 2023, p. 246).
B	Mediante a isso, o processo de construção dos instrumentos foi realizado em conjunto com o TILS, dando destaque ao trabalho cooperativo entre a equipe de pesquisa e o intérprete de LIBRAS (Veloza <i>et al.</i> , 2022, p. 5).
C	Foi esclarecido que a Cartilha sobre Conceitos Básicos de Química foi delineada para ser autoexplicativa e que os alunos poderiam ler e debater as questões no grupo [...] (Zayed; Medeiros; Recena, 2016, p. 128).
D	Durante a realização do experimento foi possível observar, a princípio, que os alunos surdos pouco se comunicavam e observavam o que era feito pelos alunos ouvintes. A partir dessa observação, o professor intérprete procurou estar bastante presente em cada um dos grupos em que haviam alunos surdos e buscou incentivar a participação e entrosamento entre o grupo (Razuck; Razuck, 2023, p. 112).
E	No decorrer de toda a ação, foi percebido um grande entusiasmo dentre os educandos, principalmente durante a escolha das alternativas do Quiz. Esse momento demonstrou também uma ótima sintonia entre os discentes ouvintes e o discente surdo, que participou ativamente das discussões de sua equipe (Veloza <i>et al.</i> , 2022, p. 10).

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A colaboração no planejamento de uma aula ou sequência didática pode ser vantajosa, pois cada sujeito possui um conhecimento singular. Isso significa que as lacunas de um podem ser compensadas pelo conhecimento de outro (Kirschner, Paas & Kirschner, 2009). Essa categoria está principalmente relacionada ao *efeito da memória de trabalho coletiva*, porém, nesse contexto, seu impacto ocorre não sobre os estudantes, mas sobre os colaboradores envolvidos no desenvolvimento da estratégia ou material didático, que juntos trabalham na resolução de um problema.

Nesse sentido, o trabalho colaborativo parece-nos também estabelecer relações com os seguintes efeitos: *problema de complemento*, *atenção dividida*, *imaginação e autogerenciamento*. Há relação com o problema de complemento porque a construção iniciada por um colaborador é finalizada por outro. Quanto ao efeito da atenção dividida, a divisão da atenção, normalmente responsável pelo aumento da carga cognitiva, não se torna prejudicial na medida em que cada especialista atua dentro de sua própria área de domínio. O efeito da imaginação se manifesta porque a criatividade está intimamente ligada ao trabalho científico. Por fim, observa-se o efeito do autogerenciamento por parte do pesquisador, que integra as diferentes ideias considerando os princípios da TCC.

Quando se trata da aplicação de um material ou estratégia com estudantes surdos e ouvintes, como nos casos C, D e E, algumas considerações precisam ser discutidas. O *efeito da*

memória de trabalho coletiva ocorre "desde que haja comunicação e coordenação entre os membros do grupo" (Sweller, Van Merriënboer & Paas, 2019, p. 20, tradução nossa). Esse processo pode ser comparado a uma balança: de um lado, há os benefícios decorrentes da divisão das tarefas; do outro, o aumento da carga cognitiva que resulta da necessidade de uma comunicação eficaz. Para que a cooperação seja vantajosa, o saldo final deve contribuir para a redução da carga cognitiva total.

Diferentemente da primeira situação, observada nos casos A e B, em D verificamos que os estudantes surdos, inicialmente, comunicavam-se pouco, o que tornou necessária a intervenção do professor intérprete para incentivar a participação de todos. Nesse caso, hipotetizamos que o *efeito da redução gradual da instrução* não se aplica; ocorre, na realidade, o oposto: é necessário maximizar a instrução e a mediação até que os estudantes se sintam mais à vontade para se comunicar e compartilhar ideias.

No trecho C, observa-se que os alunos são incentivados a aprender a partir de um material “autoexplicativo” e a debater entre si. Nesse contexto, identifica-se a possibilidade de uma variação do *efeito da autoexplicação*, em que o estudante, em vez de explicar o conteúdo apenas para si mesmo, passa a explicá-lo aos colegas. Outro efeito provável é o das *informações transitórias*, uma vez que as ideias levantadas pelos estudantes durante o debate em grupo podem ser facilmente esquecidas. Assim, torna-se necessário um reforço instrucional, solicitando que os alunos registrem suas ideias, por exemplo, em um quadro ou em uma folha, como em uma atividade de *brainstorming*.

Como já enfatizado, todo esse processo de trabalho coletivo passa pela comunicação, no caso de um ensino inclusivo a comunicação entre estudantes surdos e ouvintes ocorre, geralmente, por meio de um intérprete de Libras, e alguns fatores indicam que esse cenário pode impor uma maior carga cognitiva adicional. Um exemplo disso é o tempo necessário para a tradução, que pode influenciar as escolhas léxicas e, conseqüentemente, comprometer a clareza da mensagem:

Mesmo quando o ILS conhece todas as palavras apropriadas, o ato Interpretativo exige uma reação tão imediata que não há tempo para pensar: faltam segundos, os sinais certos são lembrados uma frase mais tarde, quando já não adiantam mais (Rosa, 2006, p. 81).

Escolhas léxicas inadequadas podem gerar distorções de entendimento (Pereira, Curado; Benite, 2022), resultantes da limitação de tempo mencionada ou até mesmo da fluência do próprio estudante, que pode ter um repertório restrito em Libras. Outro fator que compromete a comunicação efetiva no grupo é a escassez de sinais científicos (Maia, 2020). Quando a

comunicação é prejudicada, podem surgir cenários semelhantes ao ilustrado em D, no qual o aluno surdo fica temporariamente à margem das atividades do grupo. Esse contexto reflete uma situação em que estudantes diversos compartilham o mesmo espaço, mas sem uma inclusão efetiva.

A verdadeira inclusão de estudantes surtos só é possível em um ambiente onde essas limitações são superadas e o aluno de fato participa das atividades em cooperação com os colegas, sejam estes ouvintes ou não.

Para concluir, podemos inferir que os trabalhos coletivos realizados entre estudantes surdos e ouvintes requerem maior carga cognitiva do que entre alunos ouvintes, a realização de estudos nesta área tem o potencial de indicar se o saldo final dessa comunicação é benéfico, e quais ajustes precisam ser feitos para que se torne. Para além, não podemos deixar de assumir os benefícios da coletividade, como ilustrado em E, onde os estudantes surdos e ouvintes conseguiram colaborar nas discussões da equipe.

Contextualização do ensino

A contextualização é frequentemente apontada na literatura como benéfica para o ensino e aprendizagem. Segundo Wartha, Lopes e Bejarano (2013) “na vida cotidiana os pensamentos e as atividades que compõem os esquemas configuram o pensar e agir sem uma reflexão consciente e crítica” (p. 89), então, quando a contextualização é feita de maneira a pensar conscientemente sobre aspectos da vida, ela se torna uma ferramenta de análise do próprio cotidiano, auxiliando na aprendizagem crítica. Entretanto, Leite e Soares (2020) argumentam que vivemos um cenário em que os conteúdos químicos não representam significado para os educandos, esse ensino torna o estudante acrítico de sua própria realidade. Essa significação torna-se necessária ao se considerar que os conhecimentos básicos da ciência são fundamentais para a compreensão dessa realidade (Cabral, 2021).

Quadro 3. Trechos sobre Contextualização do ensino.

F	A atividade prática sobre o conceito de misturas homogêneas e heterogêneas foi utilizando materiais do dia a dia (Oliveira; Mendonça; Benite, 2016, p. 3).
G	Para tanto, como estratégia inicial, buscou-se levantar as concepções que os participantes tinham sobre a forma de reprodução do mosquito e o motivo pelo qual eles conseguem se movimentar (ou pousar) sobre lâminas d'água (Santos <i>et al.</i> , 2023, p. 61). [...] Inicialmente, foram transferidos para o recipiente os 50 ml de álcool e colocado o clipe na superfície do líquido, e observado, junto aos participantes as características do fenômeno (p. 62).

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A TCC não apresenta uma descrição detalhada de como o ensino contextualizado deve ser trabalhado. O que se observa, nesse âmbito, é o *efeito da variabilidade*, segundo o qual a variação das situações-problema tende a resultar em maior aprendizagem. Esse efeito nos leva, inicialmente, a supor que o aprofundamento em uma única situação-problema seja menos benéfico para a elaboração de esquemas por parte do estudante do que o trabalho com múltiplos problemas em diferentes contextos. Diante disso, deparamo-nos com o que pode ser compreendido como uma lacuna da TCC, uma vez que a formação para a cidadania não constitui um objetivo central das teorias instrucionais. O foco recai predominantemente sobre a eficácia do processo de se fazer entender. Assim, torna-se necessário recorrer a outros referenciais teóricos que incorporem essa dimensão fundamental do ensino.

Se considerarmos a apresentação de um problema real da humanidade, acompanhada de sua trajetória histórica de resolução por cientistas, como uma atividade de resolução de problemas, temos então a manifestação de algo próximo ao *efeito dos exemplos resolvidos*. Nesse caso, a carga cognitiva que recairia sobre o estudante ao tentar resolver o problema é amplamente reduzida, ou mesmo eliminada, liberando recursos da memória de trabalho para a compreensão dos princípios subjacentes. Essa eliminação torna-se necessária quando consideramos que cientistas levam anos para resolver determinados problemas, não sendo razoável esperar que estudantes realizem o mesmo processo em questão de minutos (Johnstone, 1991), considerando que o objetivo da TCC é a construção de esquemas.

Ainda do ponto vista da teoria, trabalhar variando o contexto pode aumentar a carga cognitiva. Os estudos sobre o *efeito da variabilidade* na aprendizagem causaram muitas dúvidas para os adeptos da teoria, pois os resultados eram contraditórios, o aumento da carga também gerava uma maior aquisição de esquemas, logo um dos fundamentos do processamento de informações não estava sendo respeitado. A justificativa para esse efeito é que, quando um aprendiz é exposto a uma variabilidade de contexto, através da comparação, ele consegue distinguir o que é importante e o que não é.

Em G, a contextualização inicial foi realizada com imagens de um mosquito pousando sobre a água. Em outro momento, experimentos foram feitos utilizando um clipe de metal, que também não afundava ao ser colocado sobre a água. Embora haja uma mudança na superfície do contexto, essa alteração é suficiente para que os alunos compreendam que a propriedade que impede o clipe e o mosquito de afundarem é uma característica da água, e não uma habilidade exclusiva do mosquito ou dos clips de metal.

Nesse sentido, uma leve mudança no contexto é suficiente para que o aluno seja estimulado a formular hipóteses e construir esquemas a respeito de determinado assunto. Esse momento de reflexão é processado na memória de trabalho, e as conclusões são, de alguma maneira, transferidas para a memória de longo prazo, onde os esquemas são consolidados até que novas informações sejam incorporadas pelo estudante.

Em síntese, podemos entender que a contextualização é amplamente valorizada no ensino, tanto para surdos quanto para ouvintes, principalmente por questões de motivação, pois visa dar sentido à aprendizagem ao conectar o conteúdo com o cotidiano dos alunos. Além disso, sob uma perspectiva cognitiva, como na teoria de David Ausubel, a contextualização também desempenha um papel importante ao integrar o novo conhecimento com o conhecimento prévio já estabelecido na estrutura cognitiva do aprendiz, ou memória de longo prazo como é chamada na TCC (Batista; Gomes, 2020). Essa relação entre as teorias pode ser observada no trabalho do professor Alex H. Johnstone (2010), que reflete sobre a educação química e a importância de conectar o ensino com as experiências cotidianas dos alunos.

Adaptação da linguagem

Como já discutido no primeiro capítulo deste trabalho, Shuindt, Matos e Silva (2017) apontam a diferença linguística como o principal obstáculo no processo de aprendizagem de Química por estudantes surdos. Isso ocorre, por um lado, porque, no Brasil, o estudante surdo está frequentemente inserido em um contexto educacional no qual a Química é ensinada por meio do português; por outro, porque a própria ciência possui uma linguagem específica. Dessa forma, já se pode prever uma carga cognitiva significativa destinada exclusivamente à comunicação, antes mesmo da compreensão dos conceitos científicos.

Pensando nisso, observamos que um dos paradigmas na educação inclusiva de estudantes surdos é a adaptação da linguagem utilizada, com ênfase na linguagem visual, pois é por meio da visão que o estudante surdo se comunica. A tendência de adotar uma linguagem mais visual está ilustrada nos trechos H, I, e J. Dessa forma, é comum encontrarmos trabalhos que utilizam imagens (Vieira; Braviano; Gonçalves, 2017), vídeos (Santos *et al.*, 2023) e até mesmo materiais concretos para abordar conteúdos ou explicar conceitos.

Em relação aos níveis do conhecimento químico, observa-se o uso de ilustrações de fenômenos macroscópicos e de modelos concretos com o objetivo de explicar os fenômenos microscópicos. No entanto, durante a revisão, constatou-se que ainda há poucas adaptações voltadas ao nível simbólico, o que configura um desafio adicional no processo de ensino e

aprendizagem de estudantes surdos. Acreditamos que a escassez de adaptações no nível representacional esteja relacionada à elevada carga cognitiva intrínseca da linguagem científica. No contexto escolar, é amplamente aceito realizar adaptações visuais, como o uso de cores para representar átomos ou a construção de modelos que nem sempre estão plenamente alinhados à teoria. Contudo, modificar a linguagem científica propriamente dita, correspondente ao nível simbólico, é frequentemente percebido como uma intervenção indevida, como quem altera regras gramaticais no ensino da língua portuguesa, o que, para muitos, é abominável.

Quadro 4. Trechos sobre Adaptação da linguagem

H	Ela utiliza muitas gravuras, figuras e fotos; associa as imagens aos conteúdos da Química, para que seus alunos se apropriem de novos conhecimentos explorando suas habilidades visuais, tão aguçadas (Camara; Barros, 2015, p. 5). [...] Durante aulas mais tradicionais, a professora relata que não é possível trabalhar com textos muito extensos, pois no momento da leitura os alunos acabam memorizando apenas palavras-chave (também têm o vocabulário restrito) onde muitas vezes perde o sentido. Então ela adotou o sistema de tópicos, juntamente com explicações em Libras (p. 5).
I	Assim, o material foi caracterizado pelo uso de imagens atreladas a textos simples e diretos para facilitar a interpretação dos alunos surdos sobre os temas abordados, conforme Figuras 1 e 2 (Zayed; Medeiros; Recena, 2016, p. 123).

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Ao considerar os estudos sobre o processamento da informação, em especial o modelo de memória de trabalho proposto por Baddeley e Hitch (1974), torna-se fundamental distinguir o canal fonológico do canal visuoespacial. O primeiro é responsável pela manipulação e pelo armazenamento temporário de informações relacionadas aos sons e à fala, enquanto o segundo se ocupa do processamento de informações de natureza visuoespacial.

Quando um texto é apresentado aos estudantes por meio do canal visual, ele pode ser convertido em informação fonológica por meio do processo de subvocalização (Baddeley, 1992), sendo então processado pelo laço fonológico. Nesse contexto, a utilização de textos extensos em H sugere a possível ocorrência do efeito das informações transitórias, uma vez que o processamento no laço fonológico ocorre de forma sequencial, em contraste com o processamento mais global e holístico característico do canal visuoespacial. Assim, o uso prolongado de textos extensos mostra-se incompatível com os princípios da pedagogia visual, reconhecida como um paradigma central na educação de estudantes surdos.

Outro aspecto relevante também é observado em H, quando os autores apontam a possibilidade de limitações no vocabulário dos estudantes surdos. Em razão disso, nota-se que, tanto em H quanto em I, os pesquisadores recorrem com frequência ao uso de imagens e, quando

há a presença de textos, estes são apresentados de maneira simplificada, sugerindo uma estratégia deliberada de minimização do material verbal. Como conclusão, observa-se que, tanto em função do domínio da linguagem escrita quanto do tipo de informação em processamento, o uso de textos extensos mostra-se pouco viável, uma vez que a sobrecarga cognitiva decorrente pode comprometer a compreensão e a retenção das informações.

Adaptação da avaliação

Ao concluir a elaboração de um material ou de uma estratégia didática, é comum que se proceda à avaliação do produto desenvolvido. Existem diferentes formas de validação desse trabalho, sendo possivelmente a mais consistente a aplicação do material junto ao seu público-alvo em uma situação real de sala de aula. Entretanto, também é possível realizar a validação em uma etapa anterior, por meio do diálogo com estudantes, professores e/ou participantes da pesquisa, como observado em alguns estudos da revisão⁸.

Nesses casos, os dados foram coletados por meio de entrevistas e questionários que investigavam a percepção dos participantes acerca das características do material e de seus possíveis efeitos. As informações obtidas nessa fase indicaram os ajustes necessários a serem realizados na versão final, contribuindo de maneira efetiva para o aprimoramento do material ou da estratégia didática.

Quando uma estratégia didática é de fato aplicada em sala de aula, faz parte do seu processo uma avaliação que esteja coerente com o conteúdo trabalhado. Segundo Pengelley, Whipp e Malpique (2025), a avaliação não deve ter carga cognitiva suficiente para que exceda a memória de trabalho do estudante, porque nesse caso o aprendiz não conseguiria solucionar o problema.

Outro ponto importante para verificar se houve ou não aprendizagem, bem como identificar as potencialidades e limitações de uma estratégia, é a necessidade de que haja avaliação durante o processo e não apenas na conclusão. Hoffmann apresenta duas concepções de avaliação que influenciam na maneira pela qual o professor avalia seus estudantes:

Uma concepção classificatória tem por finalidade selecionar, comparar, classificar. É seletiva por natureza e, por decorrência, excludente. Uma concepção mediadora tem por finalidade observar, acompanhar, promover melhorias de aprendizagem. É de caráter individual (não comparativa) e baseia-se em princípios éticos, de respeito à diversidade. Visa, desse modo,

⁸ Os textos são: Vieira, Braviano e Gonçalves (2017); Santos *et al.* (2020); Santos *et al.* (2023).

uma educação inclusiva no seu sentido pleno – de acesso à aprendizagem para todos e por toda a vida (projeto de futuro) (Hoffmann, s.d., p. 1).

Pensando na perspectiva de avaliação mediadora, as informações geradas no processo avaliativo servem entre outros como orientação para o ensino e como facilitador da aprendizagem (Silva, Moradillo, 2002).

Sob a perspectiva da TCC, o processo avaliativo talvez seja o campo que melhor se ajusta à teoria e aos seus efeitos, uma vez que ela mesma foi construída, em grande medida, a partir de estudos sobre a resolução de exercícios. Alguns poderiam até argumentar que, por se tratar de uma teoria abrangente, o mais adequado seria aplicar, simultaneamente, todos os efeitos da TCC relacionados à resolução de exercícios no contexto da avaliação.

Entretanto, Wilby e Paravattil (2021) utilizam a TCC para discutir a carga cognitiva imposta ao professor, no processo de avaliação, e defendem que, quando este enfrenta elevadas demandas de trabalho mental, a qualidade de sua avaliação tende a ser comprometida. Nessa perspectiva, tentar incorporar todos os efeitos em um único instrumento avaliativo pode, paradoxalmente, resultar em sobrecarga para o avaliador/professor. Ademais, os próprios estudos que fundamentam a teoria investigam, sempre que possível, os efeitos de forma independente, o que reforça a necessidade de cautela na aplicação simultânea de múltiplos princípios da TCC em um mesmo processo avaliativo.

Quadro 5. Trechos sobre Adaptação da avaliação

J	Ao final da aula pediu que todos os alunos descrevessem em seus cadernos as novas palavras que aprenderam e seus significados (conceitos) e enquanto todos faziam essas atividades, o professor perguntou repassou as palavras com a aluna surda, fazendo, ele mesmo, a datilologia das palavras e deixando que a mesma respondesse em Libras [...] (Rodrigues; Cordeiro; Saretto, 2020, p. 19).
K	Em seguida, na folha avulsa, montaram/representaram moléculas com cliques coloridos (Zayed; Medeiros; Recena, 2016, p. 128).
L	Distribuímos papéis e lápis de cor e pedimos que escolhessem e representassem como quisessem o balanceamento das seguintes reações: I) $\text{CuSO}_{4(\text{aq})} + \text{Fe}_{(\text{s})} \rightarrow \text{FeSO}_{4(\text{aq})} + \text{Cu}_{(\text{s})}$ II) $\text{N}_{2(\text{g})} + \text{H}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{NH}_{3(\text{g})}$ e III) $\text{CH}_{4(\text{g})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow \text{CO}_{2(\text{g})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$ [...] Nesse sentido, o desenho permitiu que o sujeito demonstrasse como transita seu conhecimento do nível representacional ou simbólico para o submicroscópico (Fernandes; Freitas-Reis, 2017, p. 189).

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

No quadro 5, podemos observar as avaliações realizadas com os participantes das respectivas pesquisas encontradas na revisão. Em J, notamos que alunos diferentes foram

avaliados por meio de linguagens diferentes. Atentando-se à individualidade dos estudantes, o professor permite que a aluna surda realize a atividade em sua língua principal, a Libras. Nesse contexto, o professor cria condições para que a estudante reflita exclusivamente sobre os conceitos químicos, aliviando a carga cognitiva que seria imposta pela utilização da escrita em português. Esse cenário só é viável se o estudante surdo tiver domínio da Libras; caso contrário, a falta de repertório pode sobrecarregar a memória de trabalho do aluno, prejudicando seu desempenho na avaliação.

Pensando nisso, caso o estudante não possua o domínio da língua de sinais, outras formas de avaliação podem dispensar o uso do português escrito e da Libras como em K e L, em que os estudantes realizam desenhos em papel e montam moléculas com clips coloridos. Essas abordagens alternativas permitem que o foco esteja no aprendizado do conteúdo, sem sobrecarregar a carga cognitiva dos alunos por meio da linguagem. Aqui temos a avaliação sendo adaptada a individualidade de cada estudante.

Outro ponto relevante é observado em L, quando os autores utilizam as expressões “escolher e representar como quiser”. Essa instrução está diretamente relacionada ao efeito dos problemas com especificidade reduzida, pois desloca o foco de uma resposta única e previamente determinada, eliminando a exigência de uma representação totalmente correta. Com isso, abre-se espaço para que o estudante expresse a forma como compreendeu o conteúdo, permitindo ao professor acessar esse processo de compreensão e, a partir dele, refletir e avaliar a própria prática pedagógica.

Ainda em L, observa-se que os autores elaboram a atividade esperando que o estudante transite do conhecimento simbólico para o submicroscópico, uma transição que ocorre ao longo de uma das arestas do triângulo de Johnstone. Esse movimento confirma a afirmação do professor emérito de que a química boa e autêntica pode ser realizada nos vértices do triângulo, sem a necessidade de estar continuamente em seu centro, integrando simultaneamente os três níveis em um pensamento multinível. Essa exigência de interação multinível, por sua vez, distancia-se do *efeito dos elementos isolados*, segundo o qual, para aprendizes iniciantes, a aprendizagem de elementos de forma individual tende a ser mais eficaz.

Nesta revisão, foi possível observar que as categorias emergentes refletem práticas atuais da educação de surdos e que, ainda que de forma não intencional, incorporam elementos centrais da TCC. O aspecto que mais se distancia da teoria diz respeito à abordagem de contextualização do ensino. Enquanto a TCC enfatiza a variação das situações de ensino para favorecer a aprendizagem por comparação entre diferentes contextos, a contextualização

adotada no Brasil está mais associada ao aprofundamento em um tema específico que desperta o interesse do estudante por estar relacionado à sua vivência ou à comunidade escolar.

Nota-se também que os efeitos que se sobressaem são aqueles mais adequados a estudantes iniciantes, não havendo destaque para os efeitos de *redundância*, *imaginação* ou *autogerenciamento*, uma vez que esses se associam ao efeito da expertise reversa e tendem a ser mais eficazes para aprendizes mais experientes.

6 Estratégia Didática e Validação

Neste capítulo, apresentaremos nossa estratégia didática, cujo tema central é o Equilíbrio Químico. Essa proposta se baseia nas categorias emergentes da revisão, considerando também a TCC e o modelo de PI.

Para organizar as ideias, estruturamos o esqueleto da proposta em sete momentos que podem ser utilizados dentro de aulas de Química.

Esses momentos contemplam etapas de planejamento (pré-aula), introdução, desenvolvimento e avaliação, embora reconheçamos a possibilidade de flexibilização dessa organização conforme as necessidades de cada aula.

Após a construção do esqueleto, os ajustes foram feitos considerando a opinião de uma estudante surda do curso de química, devido ao fato de ela ser uma membra da comunidade surda.

Levantamento de ideias e Planejamento

Com base em nossa primeira categoria, que aborda, também, o planejamento coletivo, estruturamos a estratégia didática em diálogo com um grupo diverso, composto por estudantes de graduação e pós-graduação, professores universitários e docentes da rede estadual.

Por meio do diálogo com esse grupo, identificamos possibilidades para o desenvolvimento da estratégia didática, principalmente materiais relacionados ao equilíbrio químico. Entre as sugestões levantadas, destacam-se: a realização de experimentos baseados no princípio de Le Chatelier; a utilização de vídeos com modelos concretos para ilustrar a dinamicidade do equilíbrio químico; o uso de aplicativos digitais como ferramentas de apoio; e a elaboração de uma proposta de exercício avaliativo. Com base nessas ideias, montamos nossa primeira versão da estratégia, posteriormente apresentamos essa versão para uma estudante surda do curso de química da UFJF, os comentários e opiniões da estudante serão apresentados juntamente com a estratégia.

1ª Momento

Uma das ideias que emergiu do diálogo de planejamento foi a utilização de um experimento que ilustra o equilíbrio entre o cromato (CrO_4^{2-}) e o dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$). Esse experimento é particularmente rico em conteúdo, pois envolve uma série de elementos conceituais relevantes: a mudança de cor das substâncias, facilmente perceptível pelos

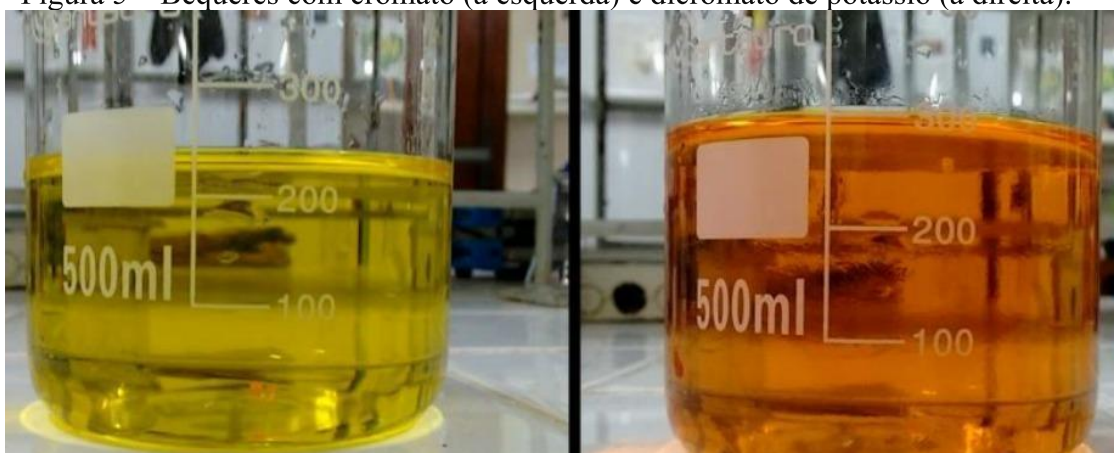
estudantes; a reação química que ocorre em nível submicroscópico; a dinamicidade do equilíbrio envolvido; sua representação simbólica por meio de uma equação química, entre outros.

Com o objetivo de reduzir a carga extrínseca, propomos, neste primeiro momento, direcionar a atenção dos estudantes exclusivamente para a mudança de cor resultante da adição de duas substâncias. Além disso, propomos que o procedimento seja realizado duas ou três vezes. Espera-se, assim, que o estudante compreenda que a coloração amarela corresponde a uma substância distinta da coloração laranja e que, portanto, essa alteração cromática constitui um indicativo da ocorrência de uma reação química.

Quando optamos por não permitir a interatividade entre os elementos, buscamos combater o pensamento multinível por meio do *efeito dos elementos isolados*, estabelecendo que determinados conceitos sejam ensinados de forma separada e integrados apenas em um momento posterior. Essa estratégia visa reduzir a carga extrínseca associada à atividade experimental. Além disso, esse enfoque tem como objetivo aumentar o sinal, conceito utilizado por Johnstone (1991) para designar aquilo que é essencial ao aprendizado, e diminuir o ruído, entendido como possíveis distrações que não contribuem de forma significativa para a aprendizagem.

A estratégia de repetir o experimento duas ou três vezes está relacionada ao caráter reversível da reação; por meio dessa repetição, busca-se favorecer a percepção dessa reversibilidade por parte do estudante. Considerando que a transição de cores constitui uma informação transitória, entende-se que, a cada nova realização do experimento, torna-se mais claro para o aluno o que está ocorrendo no béquer.

Figura 5 – Béqueres com cromato (à esquerda) e dicromato de potássio (à direita).

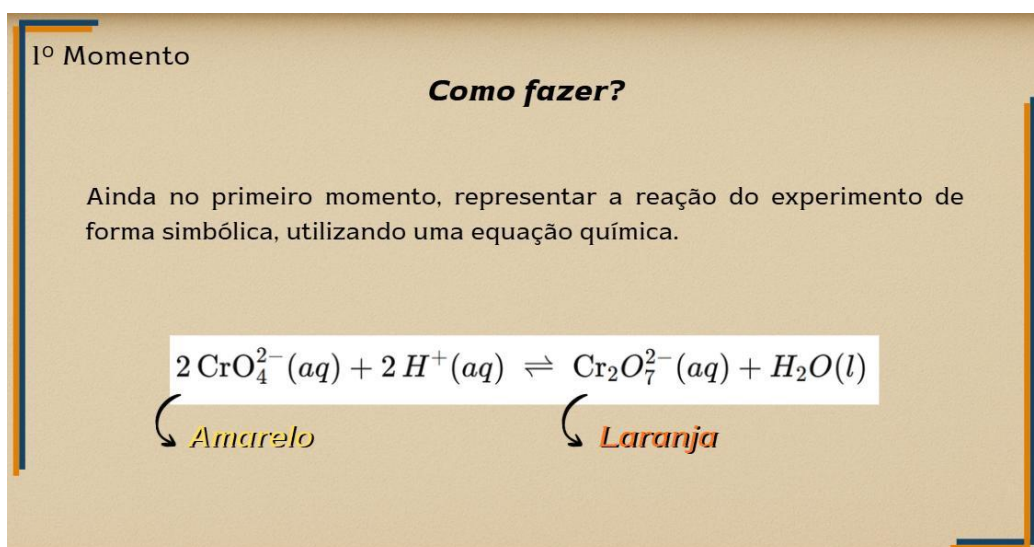


Fonte: Farias *et al.* (2017).

2ª Momento

Pensando na transição entre os níveis de representação do conhecimento químico, propusemos, em seguida, evidenciar o mesmo conceito por meio do nível simbólico, utilizando a equação química associada ao experimento. Para apresentar esse momento à estudante surda, indicamos qual íon correspondia à coloração laranja e qual à coloração amarela, por meio da integração entre a representação da equação química e palavras explicativas. Ademais, as próprias palavras que indicavam as cores foram apresentadas com coloração correspondente, conforme ilustrado na Figura 6. Essa integração de elementos visuais e simbólicos é recomendada pela teoria visando diminuir o *efeito da atenção dividida*, além de ter sido positivamente avaliada pela estudante surda.

Figura 6 – Esquema apresentado para a estudante surda.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A ideia de apresentar a palavra com a coloração correspondente ao seu significado foi inicialmente concebida exclusivamente para a aplicação junto à estudante surda. No entanto, diante do retorno positivo da graduanda, optamos por manter esse recurso na estratégia didática, ainda que, em um contexto de sala de aula, tal apresentação passe a exigir necessariamente o uso de um projetor ou de outro recurso visual que permita a distinção adequada das cores. Reconhecemos que a integração dessas informações pode, à primeira vista, parecer redundante, conforme definido pelo *efeito da redundância*. Todavia, considera-se que uma informação de natureza fonológica, a imagem da palavra, passa a incorporar atributos visuais que favorecem

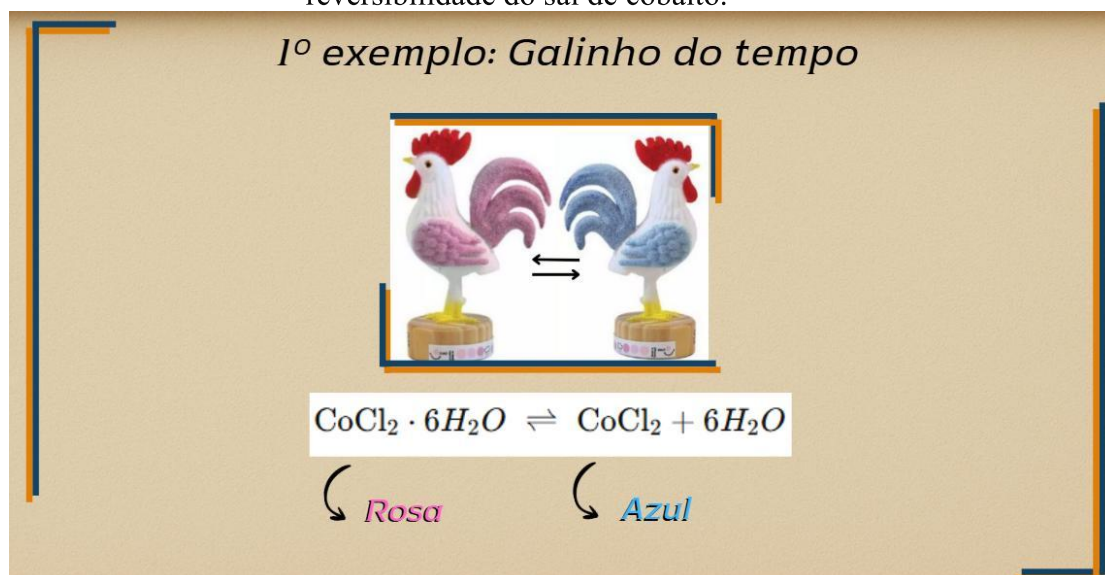
o uso do canal visuoespacial pelo estudante surdo, facilitando a compreensão de qual íon está associado a cada coloração.

3ª Momento

No terceiro momento, propusemos trabalhar com situações do cotidiano nas quais a reversibilidade se faz presente. Mantivemos o procedimento adotado no 1º momento, iniciando pela discussão no nível macroscópico e, em seguida, avançando para a equação química correspondente, que representa o nível simbólico do fenômeno.

A primeira contextualização foi realizada com o ‘galinho do tempo’, um artefato didático e cultural, tradicionalmente utilizado como indicador qualitativo das condições atmosféricas, especialmente da umidade relativa do ar. Seu funcionamento baseia-se, em geral, na presença de um material higroscópico impregnado com um composto sensível à umidade, comumente sais de cobalto (II), que sofre variações de cor em resposta às mudanças na quantidade de vapor de água no ambiente. Assim, a alteração cromática observada no galinho está associada à adsorção ou liberação de moléculas de água, permitindo inferir, de forma não quantitativa, se o ambiente está mais seco ou mais úmido.

Figura 7 – Ilustração do galinho do tempo e da equação química que representa a reversibilidade do sal de cobalto.



Fonte: esquema elaborado pelo autor, (2025).

A equação química que indica os íons responsáveis pela mudança de cor no sal foi, na versão final da tabela, integrada a palavras apresentadas com a coloração correspondente,

conforme realizado no momento anterior, uma vez que essa representação simbólica enriquecida por elementos visuais se mostrou um ponto forte, segundo a avaliação da estudante surda. Considerando que houve a integração de fontes de informação complementares, entendemos que essa estratégia contribui para a redução do *efeito da atenção dividida*.

Além do galinho do tempo, outros contextos foram elaborados seguindo o mesmo raciocínio, a saber: o uso de lentes fotocromáticas em óculos utilizados por ciclistas; carrinhos de brinquedo que mudam de cor quando submersos em água quente ou fria; e plantas hortênsias, cuja coloração varia de acordo com o pH do solo.

Figura 8 – Imagens utilizadas como contexto na estratégia didática.



Fonte: Esquema de imagens elaborado pelo autor (2025).

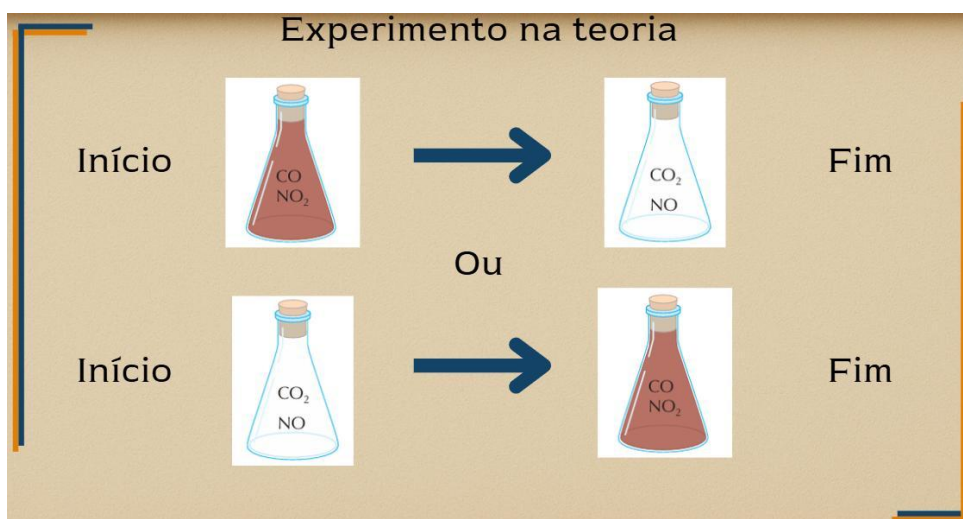
4^a Momento

No momento seguinte, propusemos a realização de um experimento que explora o equilíbrio entre o dióxido e o monóxido de nitrogênio, com o objetivo de trabalhar a interpretação de que reagentes e produtos coexistem em um sistema em equilíbrio químico. Até o 2^o momento, é possível que os estudantes construam a ideia de que há apenas produto ou apenas reagente em determinado instante, essa interpretação pode inclusive ser guiada pela diferença de cores associada às espécies químicas nas equações apresentadas. Tal concepção,

entretanto, é equivocada, uma vez que, em sistemas em equilíbrio químico, reagentes e produtos coexistem simultaneamente.

No experimento proposto, aborda-se um sistema em equilíbrio no qual o dióxido de nitrogênio apresenta coloração marrom-avermelhada, enquanto o monóxido de nitrogênio é incolor. Inicialmente, os estudantes acompanham ilustrações que representam a reação ocorrendo nos sentidos direto e inverso, conforme ilustrado na Figura 9. Em seguida, é apresentada uma ilustração que representa o equilíbrio efetivo entre as substâncias, na qual reagentes e produtos coexistem simultaneamente, conforme mostrado na Figura 10.

Figura 9 - Ilustração do experimento envolvendo o monóxido e dióxido de nitrogênio.



Fonte: esquema elaborado pelo autor, imagens retiradas de (Feltre, 2004).

Propomos então a realização da primeira atividade. Os estudantes seriam solicitados a trabalhar em grupos e a responder à seguinte questão: “Por que nenhum dos estados teóricos foi atingido? Qual é a explicação para isso?”. Tal etapa deve ser cuidadosamente acompanhada pelo professor e pelo intérprete que acompanha os estudantes, uma vez que, conforme verificado na revisão, é possível que necessitem de incentivos para se comunicar e trabalhar de forma efetiva em equipe.

Figura 10 - Esquema representando o equilíbrio do monóxido e dióxido de nitrogênio.

Experimento na prática

Em grupos, os alunos deverão elaborar uma proposta para resolver o problema, guiados pela seguinte pergunta:

Por que nenhum estado teórico foi atingido? Qual é a explicação para isso?

Fonte: esquema elaborado pelo autor (2025), imagens retiradas de (Feltre, 2004).

Adicionalmente, o professor pode conduzir os estudantes à resolução do problema por meio de perguntas orientadoras ou até mesmo de dicas graduais. Essa estratégia está em consonância com o *efeito dos problemas de complemento*, no qual o problema é parcialmente resolvido pelo estudante à medida que recebe pistas ou orientações progressivas, especialmente quando apresenta dificuldades durante o processo de resolução (Sweller; Merriënboer; Paas, 1998).

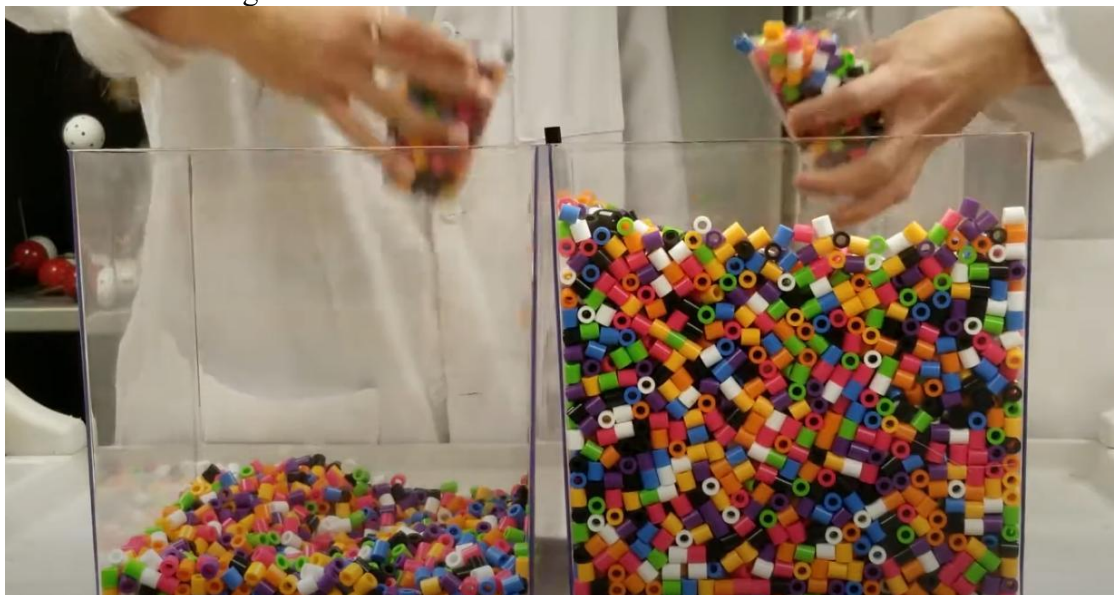
Ao ser apresentada a esses momentos, a estudante surda elogiou a proposta por apresentar aspectos majoritariamente visuais; entretanto, destacou a importância do significado de cada imagem utilizada. Segundo ela, o estudante surdo precisa compreender plenamente essas representações e, para isso, é fundamental que o professor esteja constantemente interagindo com esse estudante, promovendo discussões sobre as reações envolvidas na estratégia.

Ainda em relação à apresentação destinada à estudante surda, durante a exposição, foram apresentadas apenas imagens dos experimentos. Diante disso, a estudante teve a impressão de que o estudante surdo precisaria já conhecer o experimento para conseguir compreender adequadamente as imagens. Assim, questionamos a graduanda sobre se, em uma situação real de sala de aula, o experimento deveria, de fato, ser realizado. A estudante considerou que a realização do experimento seria a melhor opção, destacando, novamente, que, durante sua execução, a interação constante do professor com o estudante surdo é de extrema importância, mais do que em relação ao estudante ouvinte.

Outra ideia que emergiu da conversa inicial foi a utilização de um vídeo, o qual apresenta grande potencial para ilustrar a dinamicidade do equilíbrio químico. Nesse vídeo, duas pessoas transferem simultaneamente peças coloridas de um recipiente para outro. Inicialmente, um dos recipientes encontra-se vazio e, portanto, apenas recebe peças, enquanto o recipiente cheio apenas as doa. Após o recipiente inicialmente vazio receber uma quantidade de peças, ele passa também a devolver algumas. Ao longo desse processo, o nível de peças em um recipiente aumenta, enquanto no outro diminui, até que se atinge um ponto em que a quantidade de peças doadas e recebidas se iguala. Nesse momento, os níveis de peças em cada recipiente permanecem constantes, remetendo ao estado de equilíbrio. Esse vídeo é amplamente utilizado em salas de aula para ilustrar o conceito de equilíbrio químico, especialmente o ponto de equilíbrio.

O vídeo apresenta potencial para reduzir a carga cognitiva, uma vez que elimina a interatividade entre os elementos envolvidos no conceito de equilíbrio químico. Isso ocorre porque as moléculas, que deveriam ser representadas em um único recipiente, são apresentadas de forma separada. Contudo, essa estratégia levanta uma reflexão interessante sobre carga cognitiva: ao se tentar diminuir a carga intrínseca por meio da redução da interatividade de elementos, é bastante provável que o processo de ensino-aprendizagem gere lacunas conceituais, levando o estudante a compreender o conceito de maneira equivocada. No caso em questão, não fica evidente que o equilíbrio químico ocorre dentro de um único sistema. Isso se deve ao fato de que a carga cognitiva intrínseca não pode ser efetivamente alterada, a menos que o próprio conteúdo estudado seja modificado (Sweller; Van Merriënboer; Paas, 2019).

Figura 11 - Recorte do vídeo utilizado no 1º momento.



Fonte: Chemistry and Biochemistry Demo lab at OSU⁹.

A estudante surda relatou já conhecer o vídeo e o considera um bom recurso didático. No entanto, em sua fala, fica evidente que sua atenção recai sobre a coloração das peças, enquanto o conteúdo enfatizado pelos criadores do vídeo diz respeito ao nível de peças em cada recipiente. Dessa forma, pode-se considerar que as cores das peças constituem, na realidade, um ruído, conforme definido por Johnstone (1991), ou seja, uma informação que desvia a atenção do objetivo pedagógico central do experimento, o qual é denominado pelo autor como sinal.

Cientes das limitações do vídeo, optamos por utilizar, um experimento sugerido em um livro (Feltre, 2004) que evidencia a ideia de que reagentes e produtos coexistem no mesmo recipiente. Para isso, foi explorado o sistema em equilíbrio entre o monóxido e o dióxido de nitrogênio. O NO_2 apresenta coloração vermelho-amarronzada, enquanto o NO é incolor. A partir da imagem apresentada à graduanda (figura 12), discutimos que, caso a reação ocorresse completamente em um único sentido, observaríamos apenas uma das colorações. No entanto, na situação real de equilíbrio químico, a coloração observada corresponde a um estado intermediário, resultado da coexistência simultânea de ambos os componentes no sistema.

6ª Momento

⁹ Disponível em: <https://youtu.be/Y-9IBCD3IZ8>.

No sexto momento, propomos uma atividade que os estudantes discutam em grupos para construir uma explicação sobre o motivo de o resultado observado não estar de acordo com as imagens iniciais. O raciocínio dos estudantes pode ser orientado por meio de perguntas, promovendo a interação sugerida pela aluna surda e, simultaneamente, oferecendo pistas que os conduzam ao objetivo do experimento: evidenciar a coexistência das substâncias em equilíbrio químico. As dicas são fornecidas de forma gradual, em consonância com o *efeito dos problemas de complemento*, no qual o estudante recebe apoios progressivos, possibilitando o ajuste do nível de dificuldade do problema de acordo com sua expertise.

Figura 12 – Esquema do experimento proposto.



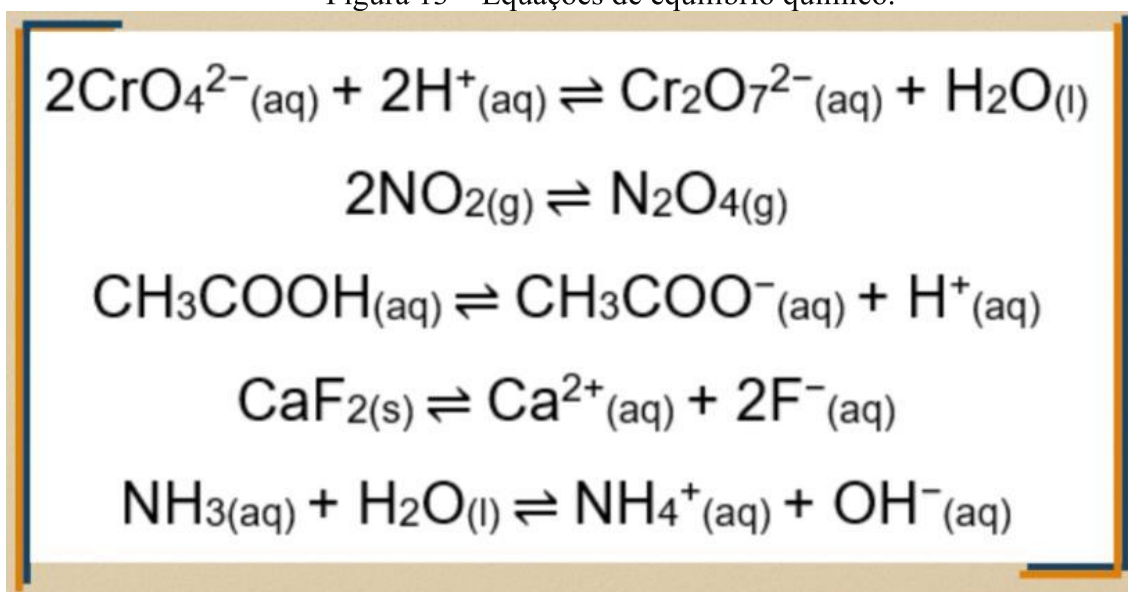
Fonte: Esquema elaborado pelo autor, imagens retiradas de (Feltre, 2004).

Após isso, elaboramos cinco equações que representam equilíbrios químicos. O objetivo dessa etapa foi trabalhar exclusivamente o significado da forma como o equilíbrio está representado, enfatizando, por exemplo, o estado físico das substâncias, a carga dos íons e o significado da dupla seta. Posteriormente, propomos realizar uma nova avaliação com os

estudantes, na qual pretendíamos solicitar que eles representassem as substâncias envolvidas no equilíbrio químico da maneira que julgassem mais adequada. Essa proposta está alinhada à adaptação da avaliação e ao *efeito dos problemas com especificidade reduzida*, nos quais não existe uma única resposta considerada mais correta que as demais. Dessa forma, o aluno não se orienta pelo método de meios e fins, mas concentra-se em representar o seu próprio entendimento sobre o conteúdo.

Adicionalmente, sabemos que existe uma representação mais próxima daquela utilizada pelas ciências, e as respostas livres dos estudantes podem ser utilizadas como guias para que o professor compreenda como se dá a aprendizagem de cada aluno. Dessa forma, torna-se possível analisar quais aspectos necessitam ser retomados ou revisados, com o objetivo de promover a melhoria da aprendizagem, em consonância com a avaliação mediadora já mencionada (Hoffmann, s.d.).

Figura 13 – Equações de equilíbrio químico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

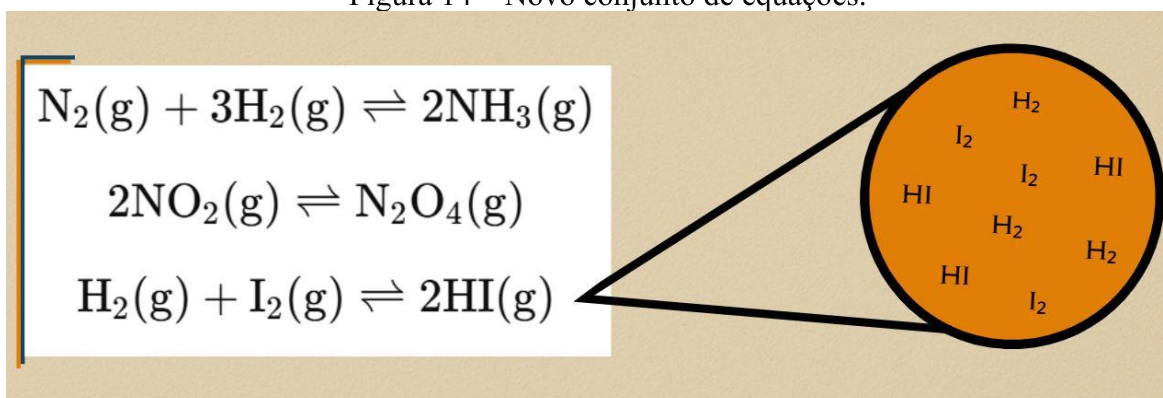
Entretanto, ao avaliar esse momento, a estudante surda chama a atenção para a complexidade das equações selecionadas, sugerindo que elas são excessivamente complexas e que o contato simultâneo com todas provoca espanto. Como alternativa, a aluna propõe que, antes da aplicação da avaliação, os estudantes tenham a oportunidade de observar alguns exemplos resolvidos pelo professor, utilizando equações mais simples. A proposta apresentada pela estudante surda é particularmente interessante, pois dialoga diretamente com um dos efeitos descritos pela TCC, especificamente o *efeito dos exemplos resolvidos*.

Ainda em relação à sugestão da estudante, compreendemos que uma das principais vantagens de se propor um problema com especificidade reduzida é oferecer ao aluno a liberdade para chegar ao ponto que considera mais adequado. Para isso, é necessário que o professor não estabeleça explicitamente um objetivo final, pois, a partir do momento em que um ponto de chegada é definido, o estudante tende a se orientar pelo método de meios e fins. Quando o professor resolve previamente alguns exemplos, há uma influência direta sobre o estudante quanto ao que seria considerado a resposta correta e sobre o caminho a ser seguido para representar as equações. Dessa forma, dois efeitos da TCC entram em conflito, o que sugere que nem todos os seus efeitos precisam, ou devem, ser utilizados simultaneamente.

Sweller, Van Merriënboer e Paas (1998) afirmam que, para que o estudante se envolva adequadamente em uma atividade baseada em objetivos sem metas, é necessário que possua um nível mínimo de conhecimento prévio sobre a área. Essa afirmação é reforçada por um comentário da estudante surda ao refletir sobre a atividade, quando questiona: “Depende, o aluno conhece as reações? Ele entendeu bem?”. A afirmação da aluna, nos faz entender que ela não considera o exposto até o momento, como um conhecimento prévio e suficiente que auxilia os alunos a realizarem a atividade, ela entende que o exemplo resolvido ainda é necessário. Algo justificável dentro da teoria, pois os exemplos resolvidos são mais eficientes com iniciantes do que com alunos de maior expertise (Idem, 1998).

Diante disso, refizemos a atividade proposta, seguindo a sugestão da estudante surda, onde as equações de equilíbrio químico foram substituídas por equações mais simples, e com uma resolução exemplo, como representado na figura 14.

Figura 14 – Novo conjunto de equações.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

As novas equações apresentam um design mais simples, uma vez que todas as substâncias se encontram no estado gasoso, representadas pela letra “g” entre parênteses. Além

disso, a quantidade de substâncias envolvidas é menor em comparação ao caso anterior e não há presença de íons, o que reduz a quantidade de informações contidas na equação. Outra estratégia que julgamos necessária é a apresentação de uma equação por vez, o que contribuiria para mitigar o “susto” relatado pela estudante surda durante a apresentação da proposta.

7^a Momento

No desse momento, antes de definirmos o princípio de Le Chatelier, propusemos uma analogia para definir o rendimento de uma reação, na qual uma pessoa percorre uma avenida; entretanto, essa pessoa não conclui todo o percurso, interrompendo-o ao atingir aproximadamente 80% do caminho. Essa analogia é acompanhada por uma figura ilustrativa.

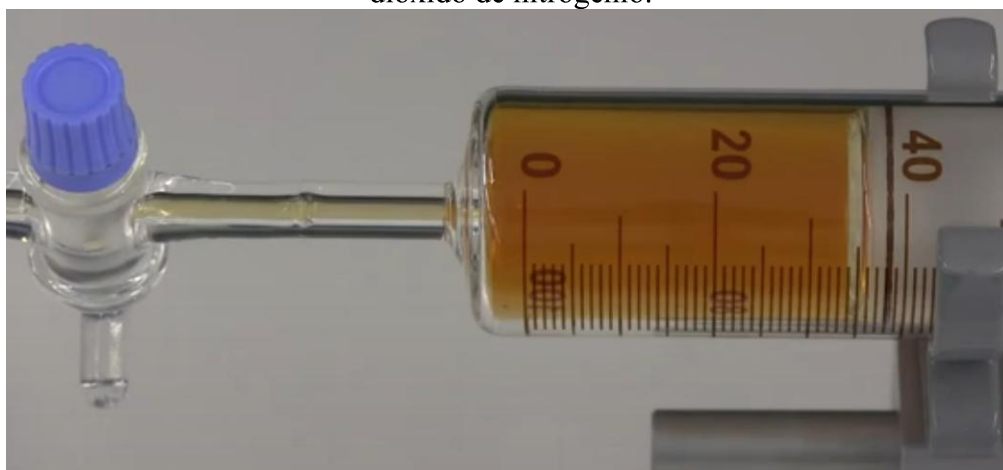
Diante do exposto, a estudante surda da graduação questionou o motivo de o atleta não ter concluído o percurso, perguntando: “ele cansou e parou?”. Esse questionamento nos levou à conclusão de que, embora a analogia tenha sido feita com boas intenções, ela acabou gerando confusão para a estudante. Não é de nosso interesse que o estudante compreenda o equilíbrio como um estado em que a reação, por qualquer motivo, deixa de ocorrer. Por este motivo, anteriormente trabalhamos o conceito de dinamicidade do equilíbrio.

Reconhecemos que as analogias apresentam limitações e, nesse caso, deparamo-nos com a impossibilidade de transferir diretamente a informação da estrutura cognitiva do professor para o estudante, o que resulta em uma reinterpretação (Mozzer; Justi, 2015).

Finalmente, foram trabalhados três experimentos distintos com o objetivo de demonstrar o deslocamento do equilíbrio. Iniciou-se pelo experimento já utilizado na primeira aula, referente ao equilíbrio entre cromato e dicromato. Naquela ocasião, discutiu-se apenas a mudança de cor observada; ao final da terceira aula, entretanto, espera-se que os estudantes já tenham desenvolvido esquemas conceituais relacionados ao equilíbrio químico. Esse avanço conceitual tende a automatizar determinados processos cognitivos, o que, por consequência, facilita a abordagem de uma nova informação, seguindo os princípios do *efeito dos elementos isolados*.

Pensando em discutir a influência da pressão no equilíbrio, propomos uma atividade prática com o tetraóxido de dinitrogênio (N_2O_4) e o dióxido de nitrogênio (NO_2), utilizando um êmbolo móvel para variar a pressão do sistema, como representado na figura 15.

Figura 15 - Ilustração do experimento de equilíbrio entre o tetraóxido de nitrogênio e o dióxido de nitrogênio.



Fonte: Canal Hui¹⁰.

Para demonstrar a influência da temperatura, foi proposto um experimento envolvendo o mesmo sistema em equilíbrio. Nessa ocasião, as amostras foram colocadas em béqueres contendo água quente e água fria, conforme ilustrado na Figura 16. Por fim, o efeito do catalisador foi abordado por meio do experimento de decomposição do peróxido de hidrogênio catalisada por iodeto, ainda que este não altere o equilíbrio ele acelera a chegada do ponto.

Figura 16 – Ilustração do experimento de equilíbrio entre o tetraóxido de nitrogênio e o dióxido de nitrogênio alterando a temperatura.



Fonte: Chemistry and Biochemistry Demo lab at OSU¹¹.

¹⁰ Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=yv_TDn6Tbk0&t=56s.

¹¹ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ScWBj0hqOLE&t=45s>.

O sétimo momento é composto majoritariamente por experimentos, essa proposta tenta ainda utilizar do *efeito dos elementos isolados*, pois aqui cada experimento é utilizado apenas com um fator que desloca o equilíbrio.

É possível que não haja recursos ou tempo suficientes para a realização de todos esses experimentos em sala de aula. Nesse sentido, consideramos como alternativa a aplicação dessa estratégia por meio de experimentos demonstrativos ou pela apresentação deles em vídeos, disponíveis na internet ou produzidos especificamente para esse fim.

7 Conclusões

Ao longo deste trabalho, abordamos diferentes áreas, como a inclusão de pessoas surdas, teorias cognitivas, revisões de literatura e a educação, com foco no ensino de Química. A síntese do estudo se concretiza em um ponto de interseção entre essas frentes abrangentes e igualmente complexas.

Inicialmente, abordamos o percurso histórico dos conceitos de normalização e integração, discutindo seus princípios e as principais críticas que receberam, até alcançarmos concepções mais contemporâneas de inclusão. Essas novas concepções diferenciam-se da integração por enfatizarem a transformação da escola para acolher todos os alunos em suas múltiplas pluralidades, em vez de exigir que o estudante se adapte a um modelo escolar previamente estabelecido.

Tendo em vista a transformação do contexto escolar, propomos uma mudança que se afaste de aulas baseadas predominantemente na simples exposição de informações, sem um design pedagógico estrategicamente planejado para contemplar a especificidade do estudante surdo, cuja comunicação ocorre majoritariamente por meio do sentido da visão.

Adicionalmente, discutimos a complexidade intrínseca dos conteúdos científicos, que se soma às dificuldades enfrentadas pelos estudantes surdos. Nessa abordagem, consideramos os três níveis do conhecimento químico propostos por Alex H. Johnstone em 1982. O professor emérito da Universidade de Glasgow argumenta que a química pode ser abordada de maneira eficiente ao se trabalhar com apenas um dos vértices do triângulo por ele proposto, sem que haja, necessariamente, a articulação simultânea entre os três níveis, processo denominado pelo autor de malabarismo multinível.

Quando integramos ao estudo as teorias do processamento da informação e da carga cognitiva, constatamos que a abordagem de apenas um vértice do triângulo é justificada por um

efeito descrito por essa teoria, denominado *efeito dos elementos isolados*. Esse efeito indica que, quando as informações relativas a um determinado conteúdo são apresentadas e trabalhadas de forma individual e sequencial, sem a necessidade de interação simultânea entre elas, a complexidade cognitiva é reduzida, o que favorece o processo de aprendizagem.

O ponto de interseção que articula essas áreas materializou-se na construção de uma estratégia didática que considera as teorias cognitivas, a inclusão de pessoas surdas e uma revisão sistemática da literatura, na qual investigamos estratégias já empregadas em periódicos nacionais.

As categorias emergentes da revisão sistemática forneceram a base que orientou a elaboração da estratégia didática, uma vez que nelas identificamos paradigmas da educação inclusiva, tais como a adaptação da linguagem, a contextualização do ensino, o trabalho coletivo e a adaptação da avaliação.

É recorrente, na literatura, a ênfase na adaptação da linguagem como a principal abordagem ao se trabalhar com estudantes surdos. Entretanto, destacamos a relevância da aprendizagem coletiva, uma vez que é por meio dela que esses estudantes não são apenas integrados, mas efetivamente incluídos nas discussões escolares, podendo encontrar nesse processo uma via para o estabelecimento de novas relações sociais e amizades no ambiente da sala de aula.

Pensando na estratégia final, conseguimos notar que diversos efeitos da teoria da carga cognitiva foram abordados, principalmente aqueles que são indicados como eficientes para iniciantes. Entendemos que os efeitos que são eficazes para alunos de maior expertise como por exemplo o efeito da retirada gradual da instrução só poderia ser realmente aplicado durante um período maior de instrução e não dentro de uma sequência de poucas aulas.

A estratégia elaborada contempla mais de um efeito cognitivo; contudo, compreendemos que a sequência foi estruturada de modo a isolar cada conceito químico em momentos distintos, sendo então, fundamentada no *efeito dos elementos isolados*. Essa opção coloca-se em concordância com a perspectiva do professor Johnstone acerca do isolamento dos níveis do conhecimento químico, especialmente no caso de estudantes iniciantes, sendo o malabarismo multinível incorporado de forma gradual ao longo do percurso educacional.

Compreendemos que a simples validação e o ajuste da estratégia a partir de uma teoria ou da avaliação de um membro da comunidade surda não podem ser entendidos como uma discussão concluída. São necessárias novas investigações sobre o tema, tanto por meio da aplicação dessa estratégia quanto pela ampliação dos debates que articulem a teoria cognitiva à

elaboração de materiais didáticos capazes de, de fato, contribuir para a transformação da escola em um ambiente verdadeiramente inclusivo.

Referências Bibliográficas

- AMIRALIAN, Maria Lúcia Toledo Moraes. Desmistificando a inclusão. **Revista psicopedagógica**, v. 22, n. 67, p. 59-66, 2005.
- AURELIANO, Viviane Cristina Oliveira; TEDESCO, Patrícia Cabral Restelli de Azevedo. Aprendendo linguagem de programação através da auto-explicação de exemplos em vídeo. **IV CBIE – Congresso Brasileiro de Informação na Educação**. 2015.
- ANDREWS, Richard. The place of systematic reviews in education research. **British Journal of Educational Studies**, v. 53, n. 4, p. 399-416, dez. 2005.
- BADDELEY, Alan D. Working Memory. **SCIENCE**, v. 255, p. 556-559, jan. 1992.
- BADDELEY, Alan D. The episodic buffer: a new component of working memory?. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 4, n. 11, p. 1-7, nov. 2000.
- BADDELEY, Alan D.; HITCH, Graham; Working Memory. **The Psychology of Learning and Motivation**, v. 8, p. 47-89, 1974.
- BADDELEY, Melissa. Book Review: Efficiency in Learning: Evidence-Based Guidelines to Manage Cognitive Load. **Performance Improvement**, v. 45, n. 9, p. 46-47, oct. 2006.
- BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. Edições 70, Lisboa. 1997.
- BATISTA, Marcus Welby; ENUMO, Sônia Regina Fiorim. Inclusão escolar e deficiência mental: análise da interação social entre companheiros, **Estudos em psicologia**, v. 9, n. 1, p. 101-111, 2004.
- BATISTA, Jhonnata de Sousa; GOMES, Maria das Graças. Contextualização, experimentação e aprendizagem significativa na melhoria do ensino de cinética química. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 11, n. 4, p. 79-94, 2020.
- BEARMAN, Margaret; SMITH, Calvin D.; CARBONE, Angela; SLADE Susan; BAIK, Chik; HUGHES-WARRINGTON, Marnie; NEUMANN, David L. Systematic review methodology in higher education. **Higher Education Research & Development**, v. 31, n. 5, p. 625-640, oct. 2012.
- BOTTENTUIT JUNIOR, João Batista. LISBOA, Eliana Santana; COUTINHO, Clara Pereira. O infográfico e as suas potencialidades educacionais. **QUAESTIO**, v. 13, n. 2, p. 163-183, nov. 2011.
- BRASIL, Lei nº 8.160, de 8 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a caracterização de símbolo que permita a identificação de pessoas portadoras de deficiência auditiva. **Diário Oficial da União**. Brasília, Distrito Federal, jan. 1991.
- BRASIL, Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com

mobilidade reduzida, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, Distrito Federal, dez. 2000.

BRASIL, Lei nº 10.436 de 24 de abril de 2002. Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, Distrito Federal, abr. 2002.

BRASIL, Decreto n. 5.626, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 dez. 2005.

BRASIL, Lei nº 11.796, de 29 de outubro de 2008, Estabelece o Dia Nacional dos Surdos. **Diário Oficial da União**. Brasília, Distrito Federal, dez. 2008.

BRASIL, Lei nº 12.319, de 1º de setembro de 2010, que Regulamenta a profissão de Tradutor e Intérprete da Língua Brasileira de Sinais – LIBRAS. **Diário Oficial da União**. Brasília, Distrito Federal, set. 2010.

BRASIL, Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015, que institui a Lei Brasileira de Inclusão de Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). **Diário Oficial da União**. Brasília, Distrito Federal, jul. 2015.

BRASIL, Lei nº 14.704, de outubro de 2023. Altera a Lei nº 12.319, de 1º de setembro de 2010, para dispor sobre o exercício profissional e as condições de trabalho do profissional tradutor, intérprete e guia-intérprete da Língua Brasileira de Sinais (Libras). **Diário Oficial da União**. Brasília, Distrito Federal, out. 2023.

BREITENBACH, Fabiane Vanessa; HONEF, Cláucia; COSTAS, Fabiane Adela Tonetto. Educação inclusiva: as implicações das traduções e das interpretações da Declaração de Salamanca no Brasil. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, v. 24, n. 90, p. 359-379, abr./jun. 2016.

BROADBENT, D. E. **Perception and Communication**. New York: Pergamon Press, 1958.

BULEGON, Ana Marli; DRESCHER, Carine Fernanda; Santos, Luanne Rodrigues dos. Infográficos: possibilidade de atividades de ensino para aulas de Física e Química. Florianópolis: **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC**. 2017.

CABRAL, Wallace Alves. Alfabetização científica e letramento científico: caminhos possíveis para o ensino de ciências. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**. v. 11, n. 3, p. 1-16, 2021.

CAMARA, Vanessa Fernanda da Silveira; BARROS, Adriana Lopes. A leitura da química no ensino médio nas escolas para surdos da região metropolitana de Porto Alegre. **Anais de eventos: 35 Encontro de debates sobre Ensino de Química**, Porto Alegre, RS, 2015.

CAMPELLO, Ana Regina; REZENDE, Patrícia Luiza Ferreira. Em defesa da escola bilíngue para surdos: a história de lutas do movimento surdo brasileiro. **Educar em Revista**, Edição Especial, n. 2, p. 71-92, 2014.

CARDOSO, Sheila Presentin; COLINVAUX, Dominique. Explorando a motivação para estudar química. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 401-404, jun. 2000.

CHANDLER, Paul; SWELLER, John. Cognitive load theory and the format of instruction. **Cognition and Instruction**. v. 8, n. 4, p. 293-332, 1991.

CHASE, W. G.; SIMON, H. A. Perception in chess. **Cognitive Psychology**, v. 4, n.1, p. 55-81, 1973.

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista brasileira de educação**, v. 22, p. 89-100, jun. 2003.

CHEN, Ouha; KALYUGA, Slava; SWELLER, John. The Expertise Reversal Effect is a Variant of the More General Element Interactivity Effect. **Educational Psychology Review**. v. 29, p. 393-405, jan. 2016.

CICUTO, Camila Aparecida Tolentino; TORRES, Bayardo Baptista. Estudo sobre as estratégias de aprendizagem utilizadas pelos alunos para resolver problemas de Bioquímica. **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC**. 2025.

COSTA, Albert Nilo da. Efeito da autoexplicação na acurácia diagnóstica de estudantes de medicina. **Dissertação**: Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

CORDEIRO, Alexandre Magno; OLIVEIRA, Glória Maria de; RENTERÍA, Juan Miguel; GUIMARÃES, Carlos Alberto. Revisão Sistemática: uma revisão narrativa. **Revista do colégio brasileiro de cirurgiões**, v. 34, n. 6, p. 428-431, nov/dez. 2007.

COUTINHO, Francisco Ângelo; SOARES, Adriana Gonçalves. Restrições cognitivas no livro didático de biologia: um estudo a partir do tema “ciclo do nitrogênio”. **Revista Ensaio**, v. 12, n. 2, p. 137-150, mai-ago. 2010.

COWAN, Nelson. Working Memory Underpins Cognitive Development, Learning, and Education. **Educational Psychology Review**, p. 1-27, dez. 2013.

CRANFORD, Kristen N.; TIETTMEYER, Jessica M.; CHUPRINKO, Bryan C.; JORDAN, Shopia; GROVE, Nathaniel P. **Journal of Chemical Education**, v. 91, n. 5, p. 641-647, abr. 2014.

CROMACK, Eliane Maria Polidoro da Costa. Identidade, cultura surda e produção de subjetividades e educação: atravessamentos e implicações sociais. **Psicologia Ciência e Profissão**, v. 24, n. 4, p. 68-77, dez. 2004.

DAUME, Jonathan; KAMINSKI, Jan; SCHJETNAN, Andrea G. P.; SALIMPOUR, Yousef; KHAN, Umair; KYZAR, Michael; REED, Chrystal M.; ANDERSON, William S.; VALIANTE, Taufik A.; RUTISHAUSER, Adam N. Mamelak Ueli. Control of working memory by phase–amplitude coupling of human hippocampal neurons. **Nature**, v. 629, p. 393-401, 2024.

DE GROOT, A. Perception and memory versus thought: Some old ideas and recent findings. In: KLEINMUNTZ, B. (Org.). **Problem solving: Research method and theory**. New York: Wiley, p. 19-50. 1966.

DE PAULA, Liana Salmeron Botelho. Cultura escola, cultura surda e construção de identidades na escola. **Revista Brasileira Educação Especial**, v. 15, n. 3, p. 407-416, set-dez. 2019.

DONATO, Helena; DONATO, Mariana. Etapas na Condução de uma Revisão Sistemática. **ACTA Médica Portuguesa**, v. 32, n. 3, p. 227-235, mar. 2019.

DORZIAT, Ana; ARAÚJO, Joelma Remígio de. O intérprete de língua de sinais no contexto da educação inclusiva: o pronunciado e o executado. **Revista Brasileira de Educação Especial**, v. 18, n. 3, p. 391-410, set. 2012.

DRIVER, Rosalind; ASOKO, Hilary; LEACH, John; SCOTT, Philip; MORTIMER, Eduardo Fleury. Constructing scientific knowledge in the classroom. **Education Researcher**, v. 23, n. 7, p. 5-12, out. 1994.

FARIAS, Fellipe Freire Santos de; OLIVEIRA, Fellipe Freire Santos de; SILVA, Everton da Paz; SILVA, Mariano Antônio da; WEBER, Karen Cacilda. A importância da experimentação para a compreensão do conceito de equilíbrio químico. **IV congresso nacional de educação – CONEDU**, 2017.

FELTRE, Ricardo. **Química: Físico-Química - Volume II**, 6ª ed. São Paulo: Moderna, 2004.

FERNANDES, Jomara Mendes. Propostas alternativas para a educação inclusiva a surdos: Enfoque nos conteúdos de balanceamento de equações químicas e Estequiometria para o ensino médio. **Dissertação**, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2016.

FERNANDES, Jomara Mendes; FREITAS-REIS, Ivoní de. Estratégia didática inclusiva a alunos surdos para o ensino de conceitos de balanceamento e equações químicas e de estequiometria para o ensino médio. **Química Nova Na Escola**, v. 39, n. 2, p. 186-194, mai. 2017.

FERNANDES, Jomara Mendes; FREITAS-REIS, Ivoní de. O papel da formação continuada no trabalho dos professores de química com alunos surdos. **Revista Educação Especial**, v. 32, p. 1-16, dez. 2019.

FREIRE, Sofia. Um olhar sobre a inclusão. **Revista de Educação**, v. 16, n. 1, p. 5-20, 2008.

GABEL, Dorothy. Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n. 4, p. 548-554, abr. 1999.

GALVÃO, Maria Cristiane Barbosa; RICARTE, Ivan Luiz Marques. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion: Filosofia da informação**, v. 6, n. 1, p. 57-73, 2019.

GALVÃO, Cristina Maria; SAWADA, Namie Okino; TREVIZAN, Maria Auxiliadora. Revisão Sistemática: recurso que proporciona a incorporação das evidências práticas da enfermagem. *Revista Lani-Americana de Enfermagem*, v. 12, n. 3, 549-556, 2004.

HOFFMANN, Jussara. **Avanços nas concepções práticas da avaliação**, p. 1-7, s.d.

JOHNSTONE, Alex H. Macro and Micro-Chemistry. *School Science Review*, v. 64, p. 377-379, 1982.

JOHNSTONE, Alex H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, v. 7, n. 2, p. 75-83, 1991.

JOHNSTONE, Alex H. The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of chemical education*, v. 70, n. 9, p. 701-705, set. 1993.

JOHNSTONE, Alex H. Teaching of chemistry: Logical or psychological?. *Chemistry Education: Research and practice in europe*, v. 1, n. 1, p. 9-15, jan. 2000.

JOHNSTONE, Alex H.; SELEPENG, Ditshupo. A language problem revisited. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, v. 2, n. 1, p. 19-29, fev. 2001.

JOHNSTONE, Alex H. You Can't Get There from Here. *Journal of Chemical Education*, v. 87, n. 1, p. 22-29, jan. 2010.

KALYUGA, Slava; CHANDLER, Paul; SWELLER, John. Levels of expertise and instructional design. *Human Factors*, v. 40, n. 1, p. 1-17, mar. 1998.

KALYUGA, Slava. Schema Acquisition and Sources of Cognitive Load. *In: Plass, Jan L.; Moreno, Roxana; Brünken, Roland. Cognitive Load Theory*. 1ª ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2010, p. 48-64.

KIRSCHNER, Femke; PAAS, Fred; KIRSCHNER, Paul A. A Cognitive Load Approach to Collaborative Learning: United Brains for Complex Tasks. *Education Psychology Review*, v. 21, p. 31-42, 2009.

KUMAR, Akhilesh. Principle of normalization: Mother of all inclusive practices. *In: GŁODKOWSKA, Joanna. Inclusive Education: Unity in diversity*, Wydawnictwo Akademii Pedagogiki Specjalnej, 2021.

KUHN, Thomas Samuel. **A estrutura das revoluções científicas**. Tradução: Beatriz Vianna e Nelson Boeira. Ed. 12. São Paulo: Perspectiva, 2013.

LACERDA, Cristina Broglia Feitosa de. Um pouco da história das diferentes abordagens na educação dos surdos. *Cadernos Cedex*, v. 19, n. 46, p. 68-80, set. 1998.

LEITE, Maria Aparecida S.; SOARES, Márlon H. F. B. Jogo Pedagógico para o Ensino de Termoquímica em turmas de educação de jovens e adultos. *Química Nova na Escola*, v. 43, n. 3, p. 227-236, ago. 2020.

LIKOUREZOS, Vicki; KALYUGA, Slava; SWELLER, John. The Variability Effect: When Instructional Variability Is Advantageous. **Educational Psychology Review**. v. 31, p. 479-497, jan. 2019.

LIMA, João Paulo M.; SILVA, Veleida A.; JUNIOR, Wilmo Ernesto Francisco. Evasão e permanência em um curso de Licenciatura em Química: o que o PIBID tem a oferecer? **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 3, p. 330-339, ago. 2022.

LOPES, Ana Carolina Arantes das Chagas. ABREU, Sandra Elaine Aires de. O Congresso de milão (1880) como marco histórico-cultural na educação de surdos no Brasil. **III mostra científica do curso de pedagogia da UniEVANGÉLICA**, v. 2, n. 2, 2017.

LOPES, Ederaldo José; LOPES, Renata; TEIXEIRA, João de Fernandes. A psicologia cognitiva experimental cinquenta anos depois: a crise do paradigma do processamento de informação. **Paidéia (Ribeirão Preto)**, v. 14, n. 27, p. 17-26, 2004.

MAIA, Graciele Kerlen Pereira. O ensino de ciências sob o olhar da cultura Surda. **Línguas & Letras**, v. 20, n. 48, p. 131-141, jan. 2020.

MANTOAN, Maria Teresa Eglér. **INCLUSÃO ESCOLAR: O que é? Por quê? Como fazer?**. São Paulo: Moderna, 2003.

MCLAREN, Bruce M.; ISOTANI, Seiji. When Is It Best to Learn with All Worked Examples?. In: BISWAS, Gautam; BULL, Susan; KAY, Judy; MITROVIC, Antonija. **Artificial Intelligence in Education**. New Zealand: 15th International Conference. 2011.

MENDES, Enicéia Gonçalves. A radicalização do debate sobre inclusão escolar no Brasil. **Revista brasileira de educação**, v. 11, n. 33, p. 387-405, 2006.

MILLER, George Armitage. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. **The Psychological Review**. v. 63, n. 2, p. 81-97, mar. 1956.

MORTIMER, Eduardo Fleury; CHAGAS, Alexander Nilson; ALVARENGA, Vera Tamperi. Linguagem científica versus linguagem comum nas respostas escritas de vestibulandos. **Investigações em ensino de ciências**, v. 3, n. 1, p. 7-19, mar. 1998.

MOZZER, Nilmara Braga; JUSTI, Rosária. “Nem tudo que reluz é ouro”: Uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 1, p. 123-147. 2015.

NETO, Antonio A. M.; BRAGA, Ana N.; SOUZA, Nelson P. C.; FILHO, Silvio C. F. Pereira; ALVES, Danilo T. A Teoria da Carga Cognitiva e Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia nos currículos de formação de professores de Física no Brasil. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, 2023.

NEVES, Dulce Amélia. Ciência da informação e cognição humana: uma abordagem do processamento da informação. **Ciência da Informação**, v. 35, n. 1, p. 39-44, jan/abr. 2006.

NIRJE, Bengt. The normalization principle and its human management implications. In R. Kugel, & W. Wolfensberger (Eds.), **Changing patterns in residential services for the mentally retarded**, Washington, D.C.: President's Committee on Mental Retardation, 1969.

OLIVEIRA, Aline P. de Oliveira; MENDONÇA, Nislaine C. S.; BENITE, Anna Maria Canavarro. O ensino de química para alunos surdos: Conceito de misturas no ensino de ciências. **Anais de evento: XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ)**. Florianópolis, SC, Brasil, 2016.

OMOTE, Sadao. Normalização, integração, inclusão. **Ponto de Vista: revista de educação e processos inclusivos**, v. 1, n. 1, p. 04-13, 1999.

PAIVA, Débora Cristina A. Chaves; OLIVEIRA, Maria Osanete Maciel de; CARVALHO, Thays Colettes de; REZENDE, Luiz Gustavo Gomes; PEREIRA, Lidiane de Lemos Soares; BENITE, Anna Maria Canavarro; BENITE, Claudio Roberto Machado. A potencialidade do uso de recursos imagéticos no ensino de química para surdos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 1, p. 243-259, 2023.

PEIXOTO, José Maria. Efeito da autoexplicação dos mecanismos fisiopatológicos das doenças, na competência diagnóstica em estudantes de medicina. **Tese**: Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

PENGELLEY, James; WHIPP, Peter R.; MALPIQUE, Anabela. A testing load: a review of cognitive load in computer and paper-based learning and assessment. **Technology, Pedagogy and Education**. v. 34, n. 1, p. 1-17, jun. 2024.

PENNEY, Catherine G. Modality effects and the structure of short-term verbal memory. **Memory & Cognition**, v. 17, n. 4, p. 398-422, 1989.

PEREIRA, Olívia. Princípios de normalização e de integração na educação dos excepcionais. **Em Aberto**, v. 2, n. 13, 1983.

PEREIRA, Lidiane de Lemos Soares; CURADO, Thalita Costa; BENITE, Anna Maria Canavarro. A Elaboração Conceitual de Química em uma Perspectiva Bilíngue: Um Estudo a Partir da Educação de Surdos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 22, p. 1-26, fev. 2022.

PEREIRA, Kevin Lopes; BRITO, Flávia R.; FREITAS-REIS, Ivoní de. Impactos e desafios do Ensino Remoto Emergencial para professores no contexto do ensino de química inclusivo à surdos. In: FERNANDES, Karine G.; PEREIRA, Kevin Lopes; FREITAS-REIS, Ivoní de. **Aportes para a Abertura Disciplinar a partir da Inclusão, História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2023.

PEREIRA, Kevin Lopes; FREITAS-REIS, Ivoní de. Diálogos entre Cultura, Educação de Surdos e Ensino de Ciências da Natureza. **Revista do Centro Oeste de Educação**, v. 49, p. 1-27, jan. 2024.

PERLIN, Gladis. Histórias de vida surda: Indentidades em questão. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (**Dissertação**). 19998,

PERLIN, Gladis; STROBEL, Karin. História cultural dos surdos: desafio contemporâneo. **Educar em Revista**, Edição Especial, n. 2, p. 17-31, 2014.

PERRIN, Burt. The original “Scandinavian” Normalization principle and its continuing relevance for the 1990s. In: FLYNN, Robert John; LEMAY, Raymond A. **A Quarter-Century of Normalization and Social Role Valorization**, University of Ottawa Press, 1999.

PERRIN, Burt; NIRJE, Bengt. Setting the record straight: a critique of some frequent misconceptions of the normalization principle. **Australia and New Zealand Journal of Developmental Disabilities**, v. 11, n. 2, p. 69-74, 1985.

POLLOCK, E.; CHANDLER, Paul; SWELLER, John. Assimilating complex information. **Learning and Instruction**. v. 12, p. 61-86, 2002.

QUADROS, Ana Luiza de; SILVA, Dayse Carvalho da; ANDRADE, Frank Pereira de; ALEME, Helga Gabriela; OLIVEIRA, Sheila Rodrigues; SILVA, Gilson de Freitas. Ensinar e aprender Química: a percepção dos professores do Ensino Médio. **Educar em Revista**, n. 40, p. 159-176, 2011.

RAZUCK, Renata Cardoso de Sá Ribeiro; RAZUCK, Fernando Barcellos. A possibilidade de inclusão de alunos surdos por meio de uma situação de ensino-aprendizagem da disciplina de química. **Cadernos de pós-graduação**, v. 22, n. 1, p. 103-117, jan/jun. 2023.

ROSA, Andrea da Silva. Tradutor ou Professor? Reflexão preliminar sobre o papel do intérprete de língua de sinais na inclusão do aluno surdo. **Revista Ponto de Vista**, n. 8, p. 75-95, abr. 2006.

RODRIGUES, Rogério Pacheco; CORDEIRO, Suammy Priscila Rodrigues Leite; SARETTO, Tiago Machado. A Importância da Aula Experimental no Processo de Ensino-Aprendizagem para Alunos Surdos: Um relato de experiência na Educação Profissional e Tecnológica (EPT). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, 2020.

SANCHES, Isabel; TEODORO, António. Da integração à inclusão escolar: cruzando perspectivas e conceitos. **Revista Lusófona de educação**, v. 8, n. 8, 2006.

SANTANA, Ronaldo Santos; SOFIATO, Cássia Geciauskas. Ensino de ciências para estudantes surdos: possibilidades e desafios. **Revista Internacional de Formação de Professores**, v. 2, n. 4, p. 37-54, dez. 2017.

SANTOS, Terezinha Trindade dos; JUNIOR, Erasmo Sergio Ferreira Pessoa; ARAÚJO, Monica Dias de; ALMEIDA, Whasgthon Aguiar de. Ensino de ciências para estudantes surdos: uma experiência com modelos moleculares e iônico. **Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências**. v. 14, n. 28, p. 98-109, ago/dez. 2020.

SANTOS, Miquéis Ambrosio dos; FILHO, João Bernardes da Rocha; VASCONCELOS, Emanuella Silveira. Educação de surdos: trajetória e perspectiva na legislação, **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, v. 13, n. 39, p. 73-89, mar. 2023.

SANTOS, Tadson Silva; CABRAL, Patrícia Fernanda de Oliveira; FERNANDES, Jomara Mendes; GARCIA, Rosani Kristine Paraíso. Uma proposta didática visual e

experimentalsobre tensão superficial para surdos com a sugestão de novos sinais em libras. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 9, n. 4, p. 57-75, 2023.

SCHUINDT, Cláudia Celeste; MATOS, Clarianna Ferreira de; SILVA, Camila Silveira da. Estudo de caso sobre as dificuldades de aprendizagem de alunos surdos na disciplina de Química. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 2, n. 1, p. 282-303, jul. 2017.

SCOTT, Phil. Teaching and Learning Science Concepts in the Classroom: Talking a path from spontaneous to scientific knowledge. **Anais do Encontro sobre Teoria e Pesquisa em Ensino de Ciências - Linguagem, Cultura e Cognição; reflexões para o ensino de ciências**. Belo Horizonte: Faculdade de Educação da UFMG. 1997.

SILVA, José Luis P. B.; MORADILLO, Edilson Fortuna de. Avaliação, ensino e aprendizagem em ciências. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 4, n. 1, p. 28-39, jul. 2002.

SILVA, Keli Simões Xavier; OLIVEIRA, Ivone Martins de. O Trabalho do Intérprete de Libras na Escola: um estudo de caso. **Educação & Realidade**, v. 41, n. 3, p. 695-712, set. 2016.

SILVA, Sani de Carvalho Rutz da; MAMCASZ-VIGINHESKI, Lúcia Virginia; SHIMAZAKI, Elsa Midori. A inclusão na formação inicial de professores de matemática. **Acta Scientiarum Education**. v. 40, n. 3, jun. 2018.

SILVEIRA, Rosa Hessel. Contando histórias sobre surdos(as) e surdez. In: COSTA, Marisa Vorraber. **Estudos culturais em educação**. Ed. 2, Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2000.

SIRHAN, Ghassan. Learning difficulties in chemistry: An overview. **Journal of Turkish Science Education**, v. 4, n. 2, set. 2007.

SOLAZ-PORTOLÉS, Joan Josep; SANJOSÉ-LÓPEZ, Vicent. Working Memory in Science problem solving: A Review of Research. **Revista Mexicana de Psicología**, v. 26, n. 1, p. 79-90, jan. 2009.

SOUSA, Sinval Fernandes de; SILVEIRA, Hélder Eterno da. Terminologias químicas em Libras: a utilização de sinais na aprendizagem de alunos surdos. **Química Nova Na Escola**, v. 33, n. 1, fev. 2011.

SOUZA, Nelson Pinheiro Coelho de. **TEORIA DA CARGA COGNITIVA: origem, desenvolvimento e diretrizes aplicáveis ao processo ensino-aprendizagem**. Dissertação: Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

STERNBERG, Robert J. **Psicologia Cognitiva**. Tradução: Anna Maria Dalle Luche e Roberto Galman. São Paulo: CENGAGE Learning. Ed. 5, 2010.

STIEFF, Mike; WERNER, Stephanie; DESUTTER, Dane; FRANCONERI, Steve; HEGARTY, Mary. Visual chunking as a strategy for spatial thinking in STEM. **Cognitive Research: Principles and Implications**. v. 5, n. 18, p. 1-15, abr. 2020.

SWELLER, John; LEVINE, Marvin. Effects of Goal Specificity on Means-Ends Analysis and Learning. **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition**, v. 8, n. 5, p. 463-474, 1982.

SWELLER, John; VAN MERRIENBOER, Jeroen J. G.; PAAS, Fred G. W. C. Cognitive Architecture and Instructional Design. **Educational Psychology Review**, v. 10, n. 3, p. 251-296, 1998.

SWELLER, John; VAN MERRIENBOER, Jeroen J. G.; PAAS, Fred G. W. C. Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. **Educational Psychology Review**, v. 31, n. 2, p. 261-292, jun. 2019.

THALMANN, Mirko; SOUZA, Alessandra S.; OBERAUER, Klaus. How does chunking help working memory? **Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition**, v. 45, p. 37-55. 2019.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

VAN BUUREN, Onne; HECK, André. Computer Modelling in Physics Education: Dealing with Complexity. In: MCLOUGHLIN, Eilish; VAN KAMPEN, Paul. **Concepts, Strategies and Models to Enhance Physics Teaching and Learning**. Switzerland: Springer, 2019.

VAN MERRIENBOER, Jeroen J. G.; KRAMMER, Hein P. M. Instructional strategies and tactics for the design of introductory computer programming courses in high school. **Instructional Science**, v. 16, p. 251-285, set. 1987.

VAN MERRIENBOER, Jeroen J. G.; SWELLER, John. Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. **Educational Psychology Review**, v. 17, n. 2, p. 251-296, jun. 2005.

VELOZO, Maria Caroline Santos; FERRAZ, Júlia Maria Soares; TAVARES, Márcio Jean Fernandes; SOUZA, Niely Silva De; FIGUEIRÊDO, Alessandra Marcone Tavares Alves de; JÚNIOR, Carlos Alberto da Silva. Ensino inclusivo de Química e Educação Ambiental: a utilização do lúdico para a inclusão de alunos surdos. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 17, 2022.

VIEIRA, Francine Medeiros; BRAVIANO, Gilson; GONÇALVES, Berenice Santos. Interface gráfica de Tabela Periódica Interativa no contexto de uma educação bilíngue (LIBRAS/Português). **Human Factors in Design**, v. 6, n. 12, p. 90-104. ago/dez. 2017.

WARTHA, Edson José; SILVA, Erivanildo Lopes da; BEJARANO, Nelson Rui Ribas. Cotidiano e Contextualização no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 84-91, mai. 2023.

WILBY, Kyle John; PARAVATTIL, Bridget. Cognitive load theory: Implications for assessment in pharmacy education. **Research in Social and Administrative Pharmacy**, v. 17, n. 9, p. 1645-1649, set. 2021.

ZAYED, Gabriel Hamed; MEDEIROS, Monaliza Martins de; RECENA, Maria Celina Piazza. Cartilha sobre conceitos básicos de química para inclusão de alunos surdos em sala de aula. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 9, n. 19, p. 123-131, jul-dez. 2016.

Apêndices

Apêndice 1 – Tabela com os artigos que foram incluídos e analisados na revisão sistemática.

Autores	Título	Ano
CAMARA, Vanessa Fernanda da Silveira; BARROS, Adriana Lopes	A leitura da química no ensino médio nas escolas para surdos da região metropolitana de Porto Alegre.	2015
OLIVEIRA, Cristiane Lopes Rocha de; FREITAS-REIS, Ivoni de; GEDIEL, Ana Luísa Borba; CATÃO, Vinícius.	Experiências vivenciadas em contextos não escolares e o uso da libras na educação dos surdos: o ensino da química tendo como foco a inclusão dos surdos.	2016
Barboza, Renata Joaquina de Oliveira; REIS, Jocimara Fabricio dos; SILVA, Keyla Maria Santana da.	Proposta de recurso visual para o ensino de química aos alunos surdos: história da química em libras	2016
OLIVEIRA, Aline P. de Oliveira; MENDONÇA, Nislaine C. S.; BENITE, Anna Maria Canavarro.	O ensino de química para alunos surdos: Conceito de misturas no ensino de ciências.	2016
ZAYED, Gabriel Hamed; MEDEIROS, Monaliza Martins de; RECENA, Maria Celina Piazza.	Cartilha sobre conceitos básicos de química para inclusão de alunos surdos em sala de aula.	2016
FERNANDES, Jomara Mendes; FREITAS-REIS, Ivoní de.	Estratégia didática inclusiva a alunos surdos para o ensino de conceitos de balanceamento e equações químicas e de estequiometria para o ensino médio.	2017
GOMES, Leandro Cid; LOPES, Maria Elisa Pereira.	Estudo de adaptações metodológicas e de recursos utilizados no ensino de química para surdos em classes regulares.	2017
TEIXEIRA, Flaviana; SALVADOR, Lucimar Daniel Simões; BOMFIM, Duanne Antunes; ÁVILA, Josilene Duarte Nunes; VIANNA, Raquel Mello.	Material de Ensino Bilingue Português/Libras para Pequenos Curiosos.	2017
VIEIRA, Francine Medeiros; BRAVIANO, Gilson; GONÇALVES, Berenice Santos.	VIEIRA, Francine Medeiros; BRAVIANO, Gilson; GONÇALVES, Berenice Santos. Interface gráfica de Tabela Periódica Interativa no contexto de uma educação bilíngue (LIBRAS/Português).	2017
DOMINGUES, Ayalla Souza; LIMA, Frankinaldo Pereira; CARDOSO, Israel Lopes; COSTA, Kennedy Teixeira M.; NETO, Luiz Fernando T.; BARBOSA, Paulo Henrique G.; TEIXEIRA, Thatyelle Santos.	Batalha naval química: um jogo lúdico inclusivo no ensino de ciências para alunos surdos.	2018
LAGES, Expedito Barbosa; FREITAS, Jhonison Lima Fernandes de; VASCONCELOS, Nazaré do Socorro Lemos Silva.	Sinais de química experimental em libras: construindo comunicação entre docentes e os alunos surdos.	2018
ARRUDA, Esilene dos Santos Reis; ALMEIDA, Maria Mozarina Beserra; LIMA, Isaías Batista de.	Práticas pedagógicas inclusivas para alunos surdos: uso de recursos midiáticos no ensino de química.	2019

DUARTE, Natalie Oliveira; SILVA, Laura Silveira Errera da; JUNIOR, Pedro Miranda; AMADO, Beatriz Crittelli.	Atividade investigativa no ensino de química com um grupo de estudantes surdos.	2019
ROCHA, Kionnys Novaes; ALMEIDA, Nayron Moraes; SOARES, Cecília Regina Galdino; SILVA, Luís Fernando Maia Santos.	Q-LIBRAS: um jogo educacional para estimular alunos surdos à aprendizagem de Química.	2019
JUNIOR, Pedro Miranda; SILVA, Laura Silveira Errera da; DUARTE, Natalie Oliveira; FLORENTINO, Carla Patrícia Araújo.	O ensino de química para alunos surdos: oficinas temáticas e debates.	2020
IKE, Priscila.	Compreendendo o funcionamento de uma pilha através da visão: considerações no ensino de química para alunos.	2020
FERREIRA, Luana Melka Vanderlei Leão; BARROSO, Maria Cleide da Silva; SAMPAIO, Caroline de Goes.	Química com sinais: o ensino visual da química para alunos surdos por meio de website.	2020
RODRIGUES, Rogério Pacheco; CORDEIRO, Suammy Priscila Rodrigues Leite; SARRETO, Tiago Machado.	A Importância da Aula Experimental no Processo de Ensino-Aprendizagem para Alunos Surdos: Um relato de experiência na Educação Profissional e Tecnológica (EPT).	2020
SANTOS, Terezinha Trindade dos; JUNIOR, Erasmo Sergio Ferreira Pessoa; ARAÚJO, Monica Dias de; ALMEIDA, Whasgthon Aguiar de.	Ensino de ciências para estudantes surdos: uma experiência com modelos moleculares e iônico.	2020
FREITAS, Rita de Cássia Ramos Queiroz de; PAZ, Mário Sérgio de Oliveira.	Aplicação didática inclusiva no ensino de Química para um aluno surdo.	2021
PEREIRA, Lidiane de Lemos Soares; CAMARGO, Marysson Jonas Rodrigues; BENITE, Anna Maria Canavarro.	Investigando a apropriação conceitual no contexto da surdez: as transformações químicas em discussão.	2021
VIEIRA, Claudia Regina; DRUMOND, Louise Victorie Brandão; SANTOS, Larissa Elen Calixto; JINKINGS, Júlia Bueno.	Estratégias Pedagógicas no Ensino de Ciências para estudantes surdos no momento de Ensino remoto.	2021
TAKAHASHI, Joyce Cezario Barbosa. CRUZ, Osilene Maria de Sá e Silva da	Jogo didático em perspectiva bilíngue para o ensino de química a alunos surdos: abordagem temática sobre educação ambiental.	2022
PEREIRA, Lidiane de Lemos Soares; SOUZA, Thalita Costa Curado; BENITE, Anna Maria Canavarro.	A elaboração conceitual de química em uma perspectiva bilíngue: um estudo a partir da educação de surdos.	2022
VELOZO, Maria Caroline Santos; FERRAZ, Júlia Maria Soares; TAVARES, Márcio Jean Fernandes; SOUZA, Niely Silva De; FIGUEIRÊDO, Alessandra Marcone Tavares Alves de; JÚNIOR, Carlos Alberto da Silva.	Ensino inclusivo de Química e Educação Ambiental: a utilização do lúdico para a inclusão de alunos surdos.	2022

RIZZATTI, Ivanise Maria; JACAÚNA, Ricardo Daniell Prestes.	Tecnologias assistivas e a aprendizagem significativa no ensino de química para alunos surdos.	2023
LUGO, Eliana Noelia Valdez; BOGONI, Rosangela Marcilio; FELLINI, Dinéia Ghizzo Neto; FRANZI, Juliana.	Jogo Jenga: uma adaptação didática para o ensino de química para surdos.	2023
PAIVA, Débora Cristina Aguiar Chaves; OLIVEIRA, Maria Osanete Maciel de; REZENDE, Luiz Gustavo Gomes; CARVALHO, Thays Colettes de; PEREIRA, Lidiane de Lemos Soares; BENITE, Anna Maria Canavarro; BENITE, Claudio Roberto Machado.	A potencialidade do uso de recursos imagéticos no ensino de química para surdos.	2023
RAZUCK, Renata Cardoso de Sá Ribeiro; RAZUCK, Fernando Barcellos.	A possibilidade de inclusão de alunos surdos por meio de uma situação de ensino aprendizagem da disciplina de química.	2023
SANTOS, Tadson Silva; CABRAL, Patrícia Fernanda de Oliveira; FERNANDES, Jomara Mendes; GARCIA, Rosani Kristine Paraíso.	Uma proposta didática visual e experimental sobre tensão superficial para surdos com a sugestão de novos sinais em libras.	2023
VELOZO, Maria Caroline S.; FERRAZ, Júlia Maria S.; CAMPOS, José Lucas de C.; JUNIOR, Carlos Alberto da; SOUZA, Niely S. de; FIGUEIRÊDO, Alessandra Marcone T. A. de.	Rota Verde: um jogo educativo e potencialmente Rota Verde: um jogo educativo e potencialmente inclusivo para o ensino de Química Verde para surdos.	2024