UNIVERSIDADE DE LISBOA

INSTITUTO DE EDUCAÇÃO

REPRESENTAÇÕES MÚLTIPLAS NO ENSINO DO EQUILÍBRIO QUÍMICO

UM TRABALHO COM ALUNOS DO 11.º ANO

Gisela Maria de Albuquerque e Alves Craveiro Duarte

Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3.º Ciclo do Ensino Básico
e no Ensino Secundário

Relatório da Prática de Ensino Supervisionada orientado pela
Professora Doutora Maria Teresa Conceição e Professora Doutora Maria Luísa Moita

2023

AGRADECIMENTOS

Ao professor José Fanica, pela simpatia, acolhimento, disponibilidade, conhecimento e experiência que procurou sempre transmitir, orientações e conselhos em momentos cruciais, por ter partilhado comigo a sua turma, o seu espaço, e por tudo que nunca conseguirei agradecer o suficiente.

Aos meus colegas de curso, pela partilha de experiências, ideias e conhecimentos, que facilitaram bastante este percurso. Agradeço, especialmente, ao Leandro Castanheira e à Ana Almeida, pela amizade, confiança, apoio, pela paciência com os meus desabafos, pelas conversas e piadas, e por quem tenho uma enorme admiração.

Agradeço às professoras Mónica Baptista, Teresa Conceição, Iva Martins e Sofia Freire todos os ensinamentos, dedicação e motivação ao longo deste mestrado. Agradeço, em particular, às professoras Mónica Baptista e Teresa Conceição a disponibilidade, acompanhamento, sugestões de melhoria e palavras de incentivo na orientação deste trabalho. À professora Luísa Moita agradeço a disponibilidade, comentários e sugestões de melhoria na revisão deste trabalho.

Agradeço aos "meus" alunos, de quem tantas saudades vou ter, pelo entusiasmo, simpatia e empenho com que me acompanharam ao longo deste último ano.

Aos meus pais, pelo seu amor e preocupação, pelos valores e exemplos de vida que me transmitiram, por compreenderem as minhas ausências nestes dois últimos anos, e estarem sempre disponíveis para ajudar-me de todas as maneiras.

Agradeço especialmente à minha família por todo o apoio, amor e cuidados, ao Carlitos por ter estado sempre presente, especialmente quando eu não estive, e aos meus filhos Sofia e Tiago por compreenderem as minhas ausências e se preocuparem comigo.

RESUMO

Em sociedades altamente desenvolvidas em termos tecnológicos e científicos a educação em Ciências assume uma importância especial, recaindo sobre a escola a responsabilidade e o desafio de assegurar a formação científica das futuras gerações.

É, no entanto, reconhecida atualmente a complexidade do estudo da Química, relacionada com os diferentes níveis de representação dos fenómenos e conceitos envolvidos. Na literatura é defendido que a aprendizagem é facilitada quando os alunos têm acesso a múltiplos modos de representação da informação, podendo alcançar uma compreensão mais profunda dos conceitos. Assim, este trabalho tem como finalidade conhecer de que modo o uso de representações múltiplas contribui para o desenvolvimento das estruturas cognitivas e aprendizagens dos alunos no estudo do equilíbrio químico, procurando-se conhecer que evolução ocorreu nas suas estruturas cognitivas, dificuldades sentidas e aprendizagens desenvolvidas na utilização de representações múltiplas.

Para alcançar os objetivos propostos desenvolveram-se cinco tarefas, sobre o equilíbrio químico, que envolvem diferentes modos de representação, apelando à interpretação, produção e integração da informação apresentada. Este trabalho de cariz investigativo utiliza uma metodologia de investigação qualitativa. A recolha de dados foi efetuada recorrendo a um *Word Association Test* (WAT), aos registos escritos dos alunos, e à observação naturalista, em concreto, às notas de campo da professora. A prática de ensino supervisionada decorreu numa escola do concelho de Almada, com uma turma do 11.º ano, composta por 16 alunos.

Os resultados obtidos sugerem uma evolução relativamente ao desenvolvimento das estruturas cognitivas dos alunos e à natureza das relações que estabelecem. Os resultados evidenciam também dificuldades no uso de diferentes modos de representação e transição entre representações, destacando-se as dificuldades envolvendo a representação verbal. Constataram-se também aprendizagens, nomeadamente na utilização da linguagem científica e simbologia química, na construção de gráficos, e representações visuais esquemáticas.

Palavras-chave: Representações múltiplas; Ensino de química; Equilíbrio químico

ABSTRACT

In highly technologically and scientifically developed societies, education in Sciences is particularly important. Schools bear the responsibility and challenge of ensuring that future generations receive a solid scientific education.

However, studying Chemistry is recognized as complex due to the different levels of representation of phenomena and concepts involved. Research suggests that learning is facilitated when students have access to multiple representations of information, allowing them to achieve a deeper understanding of concepts. Therefore, this work aims to understand how the use of multiple representations contributes to the development of cognitive structures and student learning in the study of chemical equilibrium, seeking to explore the evolution that occurred in their cognitive structures, the difficulties encountered, and the learning that occurs through the use of multiple representations.

To achieve these goals, five tasks were developed on chemical equilibrium, involving different modes of representation and requiring interpretation, production, and integration of the presented information. This research uses a qualitative research methodology. Data collection was done using a Word Association Test (WAT), written productions of the students , and naturalistic observation, specifically, the teacher's field notes. The supervised teaching took place in a school located in Almada, with a class of 16 students in the 11th grade.

The results suggest a development in students' cognitive structures and the nature of connections made by them. However, difficulties were observed in using different modes of representation and transitioning between them, particularly with verbal representation. Nonetheless, the study also found evidence of learning, such as improvements in using scientific language and chemical symbol systems, constructing graphs, and creating schematic visual representations.

Keywords: Multiple representations; Chemistry teaching; Chemical equilibrium

ÍNDICE

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO **1**

CAPÍTULO II

ENQUADRAMENTO TEÓRICO **4**

Os Três Níveis de Representação em Química **4**

As Representações Múltiplas **10**

CAPÍTULO III

UNIDADE DE ENSINO **20**

Enquadramento Curricular **20**

Dificuldades dos Alunos **24**

Organização da Proposta Didática **26**

Avaliação **44**

CAPÍTULO IV

MÉTODOS E PROCEDIMENTOS **47**

Metodologia de Investigação **47**

Participantes **49**

Instrumentos de Recolha de Dados **52**

Análise de Dados **58**

CAPÍTULO V

RESULTADOS **62**

Evolução das Estruturas Cognitivas dos Alunos **62**

Dificuldades Sentidas Pelos Alunos na Utilização das Representações Múltiplas no estudo do equilíbrio químico **78**

Aprendizagens Desenvolvidas Pelos Alunos na Utilização das Representações Múltiplas no estudo do equilíbrio químico **110**

CAPÍTULO VI

DISCUSSÃO, CONCLUSÃO E REFLEXÃO FINAL **134**

Discussão dos Resultados **135**

Conclusão **143**

Reflexão Final **145**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **148**

APÊNDICE A
PLANIFICAÇÃO DE AULAS..... 157

APÊNDICE B
TAREFAS DE AULAS..... 196

APÊNDICE C
WAT..... 225

ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 3.1
Descrição resumida dos momentos de aula referentes às tarefas (adaptado de Ponte et al., 2012) 29

QUADRO 3.2
Momentos de aula e objetivos de aprendizagem referentes à tarefa 1 34

QUADRO 3.3
Momentos de aula e objetivos de aprendizagem referentes à tarefa 2 37

QUADRO 3.4
Momentos de aula e objetivos de aprendizagem referentes à tarefa 3 39

QUADRO 3.5
Momentos de aula e objetivos de aprendizagem referentes à tarefa 4 42

QUADRO 3.6
Momentos de aula e objetivos de aprendizagem referentes à tarefa 5 44

QUADRO 4.1
Recolha de dados, categorias e subcategorias de análise, para cada questão orientadora 61

QUADRO 5.1
Frequências de palavras resposta do WAT para o pré-teste 64

QUADRO 5.2
Frequências de palavras resposta do WAT para o pós-teste 70

QUADRO 5.3
Exemplos de palavras resposta e frases associadas a palavras estímulo, no pós-teste 76

QUADRO A.1
Desenvolvimento das aulas correspondentes à tarefa 1 – Reações incompletas e equilíbrio químico 158

QUADRO A.2
Desenvolvimento das aulas correspondentes à tarefa 2 – Extensão das reações químicas 165

QUADRO A.3
Desenvolvimento das aulas correspondentes à tarefa 3 – Fatores que alteram o equilíbrio químico 172

QUADRO A.4
Desenvolvimento das aulas correspondentes à tarefa 4 – Princípio de Le Châtelier 180

QUADRO A.5
Desenvolvimento das aulas correspondentes à tarefa 5 – Síntese do Amoníaco 188

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1
Representação dos três níveis conceptuais em Química (adaptado de Johnstone, 2006) 5

FIGURA 2.2
Funções das representações múltiplas, (adaptado de Ainsworth, 1999) 15

FIGURA 3.1
Esquema organizador do subdomínio "Estado de equilíbrio e extensão da reações químicas".....23

FIGURA 3.2
Diversos tipos de tarefa, em termos do seu grau de desafio e abertura (Ponte, 2005) 28

FIGURA 3.3
Esquema da sequência das tarefas, conteúdos e modos de representação envolvidos 31

FIGURA 5.1
Mapa das estruturas cognitivas dos alunos referentes ao pré-teste 65

FIGURA 5.2
Mapa das estruturas cognitivas dos alunos referentes ao pós-teste 71

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O reconhecimento da importância de desenvolvimento nos alunos de uma cultura científica que constitua um caminho para a produção de conhecimento fiável, tendo em conta os limites de certeza da ciência, e que ofereça um valor universal para todos os indivíduos, e não unicamente para a minoria que vai constituir a próxima geração de cientistas, tem motivado mudanças no ensino das Ciências. De facto, o currículo atual, concretizado no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória e nas Aprendizagens Essenciais, coloca ênfase na promoção da literacia científica, na interação Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA), na articulação entre o conhecimento e o saber fazer, e desenvolvimento de competências inerentes ao trabalho científico, como experimentação, abstração, interpretação, previsão, resolução de problemas e espírito crítico.

Neste sentido, o ensino deve adotar estratégias, centradas no aluno, que lhe possibilitem a construção do seu próprio conhecimento, no qual assume um papel ativo e participativo, envolvendo-se na pesquisa de informação, planeamento e realização de atividades experimentais, análise e interpretação de resultados e comunicação de conclusões.

O ensino da Química visa despertar a curiosidade dos alunos acerca do mundo que nos rodeia, o interesse pela Ciência, a literacia científica, desenvolvendo uma compreensão geral e alargada das principais ideias e estruturas explicativas deste ramo da ciência.

No entanto, numerosos autores e investigadores afirmam que o ensino e a aprendizagem da química reveste-se de uma grande complexidade pelo facto de, para a sua compreensão, ser necessário integrar diferentes níveis de representação (macroscópico, submicroscópico e simbólico) associados aos fenómenos e conceitos estudados, bem como ao modo de comunicação próprio da comunidade científica (Bodner, 1992; Gabel, 1993; Gilbert, 2005; Johnstone, 1982, 2000, 2006). Gilbert (2005) considera que transitar entre os diferentes níveis de representação constitui um desafio intelectual para o aluno, especialmente quando as representações exigem um maior grau de abstração.

É também tema de grande interesse, como se pode verificar pela vasta literatura sobre o tema, as representações múltiplas no ensino e aprendizagem da química, com diversos autores a argumentarem que a sua utilização facilita e promove a compreensão dos conceitos através da combinação de diferentes tipos de representação: verbal, figuras, gráficos, simulações, materiais concretos (Ainsworth, 1999, 2006; Gilbert, 2005). As representações que podem ser utilizadas como recursos no ensino, apresentadas aos alunos, constituem as representações externas (Gilbert, 2005). É a respeito do uso das representações múltiplas externas que se pretende trabalhar neste estudo, constituindo estas a base para o desenvolvimento das tarefas a aplicar em sala de aula com os alunos. Por uso de representações múltiplas considera-se não só a apresentação de diferentes modos de representação, que requerem que os alunos analisem, integrem e interpretem, mas também o seu envolvimento na construção de representações e opção quanto à representação mais adequada a utilizar.

Assim, este trabalho tem como finalidade conhecer de que modo o uso de representações múltiplas contribui para o desenvolvimento das estruturas cognitivas e aprendizagens dos alunos no estudo do equilíbrio químico. De acordo com a problemática deste trabalho foram identificadas três questões orientadoras:

- Que evolução ocorreu nas estruturas cognitivas dos alunos após o uso das representações múltiplas?
- Que dificuldades sentem os alunos na utilização das representações múltiplas no estudo do Equilíbrio Químico?
- Que aprendizagens desenvolvem os alunos na utilização das representações múltiplas no estudo do Equilíbrio Químico?

O presente trabalho encontra-se organizado em seis capítulos. No primeiro capítulo faz-se uma breve introdução ao trabalho a realizar, contextualizando a problemática em estudo e as questões que orientam o trabalho de cariz investigativo. No segundo capítulo, procura-se fundamentar as opções tomadas para a realização deste trabalho, com base na revisão da literatura, discutindo-se o quadro conceptual das representações múltiplas, identificando as potencialidades na integração das aulas de química. No terceiro capítulo, em relação à unidade de ensino, são apresentadas algumas das escolhas efetuadas com base nos documentos curriculares

vigentes para o ensino da Física e Química no ensino secundário, apresentando-se as principais dificuldades dos alunos na aprendizagem da química, em particular, no equilíbrio químico. Neste capítulo apresenta-se ainda as estratégias de ensino adotadas, a sequência didática preparada, incluindo a descrição das tarefas e objetivos gerais de aprendizagem, bem como o método de avaliação utilizado. No quarto capítulo, procura-se fundamentar a metodologia de investigação utilizada neste trabalho, sendo ainda apresentados os participantes do estudo, descritos os instrumentos de recolha de dados e a análise de dados, identificando as categorias e subcategorias usadas. Os resultados do trabalho são apresentados no quinto capítulo. No sexto, e último capítulo, apresenta-se uma discussão dos resultados, a conclusão do trabalho, e uma reflexão sobre o trabalho desenvolvido e relevância para a prática de docência.

CAPÍTULO II

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

O sucesso no ensino da Química depende da capacidade do professor de explicar conceitos abstratos e complexos e dos alunos entenderem essas explicações (Treagust et al., 2003).

OS TRÊS NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO EM QUÍMICA

Johnstone (1982, 2000, 2006) justifica a complexidade do ensino da Química com o facto dos fenómenos químicos observáveis, por exemplo, reações com mudanças de cor, desaparecimento de reagentes e formação de produtos, serem explicados a nível submicroscópico, recorrendo a teorias, como a teoria corpuscular da matéria, e comunicados usando representações simbólicas para construir imagens mentais de entidades demasiado pequenas para serem observadas. Assim, para este autor, a aprendizagem e compreensão da Química ocorre em três níveis de representação: macroscópico, submicroscópico e representacional. No nível macroscópico os fenómenos são percecionados pela observação, no submicroscópico o processo químico é explicado pelo arranjo e movimento de moléculas, átomos, iões e partículas subatómicas, e o nível representacional é expresso por uma simbologia própria da Química recorrendo a fórmulas, equações e estruturas.

Johnstone (2006) representou graficamente estes três níveis conceptuais, no que ficou conhecido como o Triângulo de Johnstone:

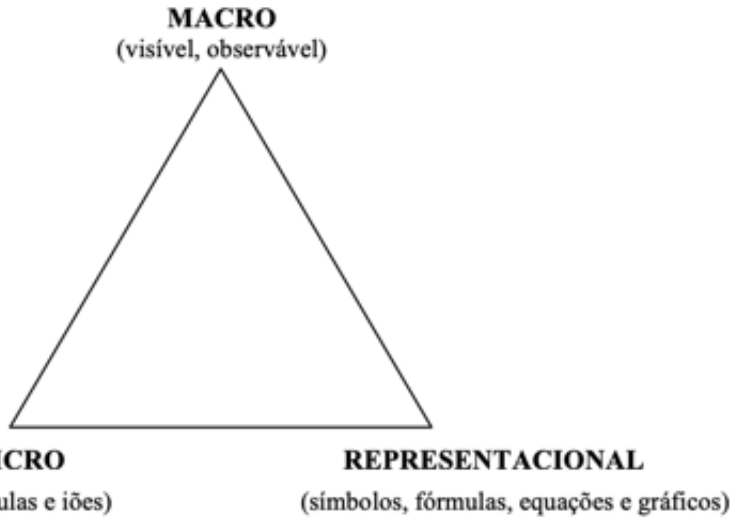


Figura 2.1 – Representação dos três níveis conceptuais em Química (adaptado de Johnstone, 2006).

Esta figura é, segundo o autor, semi-quantitativa em que cada vértice do triângulo corresponde a uma abordagem do assunto a 100% de acordo com o nível conceptual representado. Assim, uma abordagem totalmente macroscópica seria representada pelo vértice macro. Quando o professor introduz uma experiência laboratorial interpretada por uma equação química o seu tratamento estará algures do lado direito do triângulo, em direção ao vértice inferior direito, aproximando-se mais deste dependendo da ênfase dada ao nível representacional. Em muitas aulas poderá ocorrer uma mistura dos três níveis conceptuais, representada por um ponto no interior do triângulo, cuja posição é determinada pela proporção relativa dos três níveis de representação (Johnstone, 2006). Os professores e outros químicos movem-se facilmente entre os três níveis, em redor e no interior do triângulo, dada a sua experiência, formação académica e maturidade intelectual, no entanto, Johnstone (2006) questiona se os alunos conseguem acompanhar este movimento entre os níveis conceptuais dadas as exigências cognitivas que acarreta.

Para os alunos as compreensões submicroscópicas e representacionais são especialmente difíceis porque são abstratas e invisíveis e o seu pensamento é construído com base na informação sensorial que obtêm das suas experiências. Assim, a dificuldade dos alunos se movimentarem entre os três níveis conceptuais, e mudarem de um nível para o outro, reflete-se nas dificuldades de aprendizagem revelando a grande complexidade e desafio no ensino da Química. Estas ideias são reforçadas por Johnstone (2000), que afirma que não é razoável introduzir no ensino

conceitos em simultâneo nos três níveis pois um "químico profissional consegue manipular os três níveis, mas não o aluno" (p. 11), propondo que o ensino de um novo conceito ou tópico deva começar recorrendo apenas ao nível macroscópico pois é ao nível das percepções sensoriais que os alunos se situam, afirmando ainda que "nenhum nível é superior ao outro, mas cada um complementa o outro" (p. 11). Assim, o autor sugere que se comece "onde os alunos estão" (Johnstone, 2000, p.12), com situações interessantes e familiares para que o novo conhecimento encontre, na memória a longo prazo, onde se ancorar. Pode-se, depois, introduzir um segundo nível, e apenas mais tarde avançar para o terceiro nível.

O modelo de Johnstone tem sido, há décadas, tema de interesse, sendo amplamente citado e estudado por investigadores no campo da educação e ensino de química.

Sobre o triângulo de Johnstone, Gabel (1993) refere que este representa "os três níveis nos quais a química pode ser ensinada: átomos/moléculas (nível microscópico), sensorial (nível macroscópico), e o nível simbólico", afirmando que "atualmente a maioria dos cursos de química é ensinada no nível simbólico com pouca ênfase nos níveis microscópico e macroscópico" (p. 193). Referindo-se a estudos que apontam que, mesmo após a aprendizagem, diversos estudantes apresentam explicações incorretas, desalinhadas com as aceites pela comunidade científica, de fenómenos químicos observados no quotidiano, a autora aponta como possíveis explicações que:

- o ensino da química destaca bastante o nível simbólico e a resolução de problemas em detrimento da abordagem macroscópica e microscópica;
- quando o ensino da química é efetuado nos três níveis, não são estabelecidas ligações suficientes entre estes níveis, ficando a informação compartimentada nas memórias de longo prazo dos alunos;
- mesmo que a química fosse ensinada nos três níveis e as relações entre os níveis fossem realçadas, os fenómenos abordados não estão, geralmente, relacionados com a vida quotidiana dos alunos, pelo que estes compartimentam o conhecimento conforme aprendido na escola *versus* o necessário na vida quotidiana.

Bodner (1992) reconhece que os alunos, na aprendizagem da química, têm que trabalhar no campo macroscópico, molecular e simbólico, afirmando que estes não parecem ter qualquer relação com o "mundo real" em que eles vivem (p. 188).

Gilbert e Treagust (2009), referindo-se à educação em química, afirmam que "De uma forma ou de outra, a compreensão de cada um dos elementos centrais pode ser descrita usando três tipos de representação em que as ideias químicas são expressas" (p. 3). Os autores designam por macro o primeiro nível que procura representar os fenómenos experimentados pelos nossos sentidos ou suas extensões, consistindo nas propriedades empíricas dos sólidos, líquidos, coloides, gases e aerossóis que podem ser medidas (massa, densidade, concentração, pH, temperatura e pressão osmótica) e que são observáveis em laboratório ou no dia a dia. O segundo nível de representação, que designam por submicro, procura explicar qualitativamente os fenómenos analisados, envolvendo modelos com entidades tão pequenas que não podem ser observadas pelo microscópio ótico, como os átomos, iões, moléculas, e radicais livres. O terceiro nível de representação procura explicar, em termos quantitativos, os fenómenos estudados com símbolos que representam átomos e moléculas, sinais que representam cargas elétricas, ou letras que representam o estado físico da matéria, designando este nível de simbólico. Os três níveis de representação são designados por tripleto químico (Gilbert & Treagust, 2009, p. 6).

Na visão de Talanquer (2011) "a ideia que o conhecimento químico pode ser representado de três maneiras principais: macro, submicro e simbólica (tripleto químico) tornou-se paradigmática na química e no ensino de ciências" (p. 179). O autor afirma também que esta ideia "Serviu tanto como base de quadros teóricos que orientam a pesquisa em educação química quanto como ideia central em vários projetos curriculares", sugerindo que o tripleto químico "tem sido uma das ideias mais poderosas e produtivas na educação química nos últimos 25 anos" (Talanquer, 2011, p. 179).

De facto, Talanquer (2011) observou que "essa visão tripla do nosso conhecimento químico foi adotada e adaptada por muitas pessoas que, através de reinterpretações pessoais ou coletivas, geraram o que pode ser identificado como diferentes faces, personalidades ou manifestações do tripleto" (p. 180). O autor

sugeriu ainda que, embora muitas das modificações tenham sido contribuições úteis que expandiram e enriqueceram a ideia original, por vezes, "também geram confusão e mal-entendidos, pois as pessoas tendem a usar termos e conceitos diferentes ao descrever a natureza e o âmbito dos principais componentes do tripleto" (Talanquer, 2011, p. 180). A respeito do nível simbólico, Talanquer (2011) sustenta que não há consenso sobre a extensão desse nível, pois diversos autores conceitualizam e descrevem-no de formas bastante diferentes, observando que a aprendizagem da química envolve formar conceitos ajustados com os de outros membros da comunidade científica e adotar os sistemas de símbolos usados pela mesma comunidade, para com esta se poder comunicar.

Analisando o triângulo de Johnstone e o tripleto químico, Taber (2013) defende que mesmo o nível macroscópico representa um desafio para os alunos. Embora a química seja essencial para o estudo e compreensão dos materiais, ao nível introdutório, muitas vezes, a química recorre pouco aos materiais com que os alunos estão familiarizados. O autor argumenta que os alunos raramente encontram no seu dia-a-dia amostras puras de substâncias, elementos e compostos, que existem nos laboratórios de química, pelo que, para estes, as substâncias são já uma grande abstração da sua experiência da vida real (Taber, 2013, p. 159). Nas aulas de química, por uma questão de simplificação, os materiais são substituídos por substâncias puras. No entanto, para os alunos esta é uma mudança significativa pois estes devem aprender sobre os conceitos de elemento, composto e reação química, de diferentes substâncias, em substituição dos materiais que conhecem, o que exige uma grande capacidade de abstração, implicando uma exigência conceptual elevada mesmo no nível macroscópico. Taber (2013) alega ainda que os principais conceitos macroscópicos só começam a fazer sentido para a maioria dos alunos quando estudam modelos teóricos submicroscópicos, que podem, por exemplo, explicar a base de existirem elementos diferentes. Assim, em química os alunos devem coordenar a sua aprendizagem em dois níveis muito diferentes: no nível macroscópico as descrições formais dos fenómenos observados e, na escala submicroscópica os modelos teóricos da estrutura da matéria. A base explicativa de grande parte da química ensinada nas escolas envolve entidades como átomos, moléculas, iões e eletrões, e a suposição que as propriedades das substâncias que estudamos, que podemos observar e manipular diretamente, podem ser explicadas

pelas propriedades e interações muito diferentes entre as suas entidades subatómicas. Esta questão, muitas vezes, não é compreendida pelos alunos que atribuem às entidades atómicas e subatómicas as propriedades analisadas: a manteiga é macia porque é feita de moléculas moles ou, o vidro é transparente porque as suas partículas são transparentes (Ben-Zvi et al. 1986).

Na opinião de Taber (2013) a importância do nível simbólico prende-se com a representação e comunicação. Os conceitos da química, seja do domínio macroscópico ou submicroscópico, necessitam ser representados, tanto para facilitar os indivíduos a pensar e operar com estes, como para comunicar com os outros. Tal, envolve um vocabulário técnico que pode ser usado em conjunto com a linguagem nativa para representar os conceitos químicos. Do ponto de vista de Taber (2009) existem outras formas de representação que são igualmente úteis para pensar e comunicar conceitos, como gráficos e diagramas de várias formas. O autor argumenta que, embora o domínio do conhecimento simbólico seja essencial na aprendizagem da química, não é útil interpretá-lo como um nível discreto de conhecimento químico, podendo ser usado tanto para representar o nível macroscópico como o nível submicroscópico. Taber (2009) alerta ainda para a ambiguidade do uso simbólico nos níveis macroscópicos e submicroscópicos, exemplificando que o uso dos símbolos H_2 e CH_4, hidrogénio e metano, respetivamente, pode-se referir às substâncias a nível macroscópico ou às moléculas a nível submicroscópico, o que pode potencialmente constituir uma fonte de confusão para os alunos se o professor não for explícito quanto ao contexto usado (p. 100). Num determinado momento, o professor pode estar a falar sobre moléculas mas o aluno pensar que este se refere a substâncias. No entanto, esta ambiguidade pode ter o potencial de facilitar a mudança entre os níveis macroscópico ou submicroscópico, com a simbologia a estabelecer a ponte entre estes dois níveis.

Pelo exposto, constata-se que a ideia dos três níveis de representação foi usada e interpretada de diferentes maneiras por diversos autores, de modo que não há uma forma consensualmente aceite na comunidade científica. Num estudo, baseado em 75 artigos publicados entre 2009 e 2020, sobre os termos utilizados para designar os três níveis de representação em química, Luviani et al. (2021) concluíram que os termos macroscópico, submicroscópico e simbólico são usados pela grande maioria

dos investigadores, sendo diferentes dos apresentados originalmente por Johnstone (p. 2).

Assim, embora sejam muitas as discussões sobre o que se considera em cada nível, para estar em alinhamento com a maioria dos investigadores, opta-se por adotar neste trabalho a mesma denominação e significado de Gilbert e Treagust (2009), para os três níveis de representação: macro (macroscópico), submicro (submicroscópico) e simbólico.

Para desenvolver uma compreensão mais aprofundada dos conceitos e modelos químicos é essencial que os alunos consigam gradualmente transitar entre os três níveis conceptuais de representação. Para tal, na organização e planeamento do ensino é necessário recorrer a ferramentas que auxiliem os alunos e potenciem o desenvolvimento de competências associadas ao pensamento lógico e abstrato, melhorando a compreensão conceptual em Química. Vários autores têm apontado o uso de representações como um dos fatores facilitadores do ensino da química (Ainsworth, 1999; Ardac & Akaygun, 2004; Gilbert, 2008; Prain & Tytler, 2012; Waldrip & Prain, 2012). As representações são formas de expressar fenómenos, entidades, conceitos, ideias, processos e mecanismos, que transmitem informações sobre alguns aspetos relevantes, deixando desvanecer outros detalhes. O uso de representações em química reflete ainda as teorias e descobertas na química, constituindo metáforas, modelos, e construções teóricas da interpretação dos químicos da natureza e da realidade (Hoffman & Laszlo, 1991).

AS REPRESENTAÇÕES MÚLTIPLAS

De acordo com Gilbert (2005) existem cinco modos de representação distintos:

- Modo concreto (ou material) – refere-se à exploração de modelos tridimensionais utilizando materiais resistentes;
- Modo verbal – utiliza-se para descrição, oral ou escrita, de entidades e relações entre estas, ou exploração de analogias em modelos, como a ideia da ligação covalente corresponder à partilha de eletrões;

- Modo simbólico – consiste no uso de símbolos e fórmulas químicas, equações químicas e expressões matemáticas, como a Equação dos Gases Perfeitos;
- Modo visual – diz respeito à utilização de gráficos, diagramas e animações, como a representação da variação da concentração de reagentes e produtos de reação em função do tempo, as representações bidimensionais de estruturas químicas, e ainda modelos virtuais produzidos por computadores para simular a tridimensionalidade de estruturas químicas;
- Modo gestual – refere-se ao uso do movimento do corpo ou de suas partes.

No que respeita aos modos de representação, como refere Gilbert (2005) "No caso da química e, talvez, de todas as principais ciências, predominam os modos concreto, visual e simbólico" (p. 13).

Na investigação em educação, além do termo 'representação', também se utiliza frequentemente 'visualização', podendo estes termos serem empregues sob três perspetivas diferentes: representação externa, representação interna, e representação como um tipo de aptidão espacial (Gobert, 2005, p. 73). As visualizações externas referem-se a representações visuais tipicamente usadas na aprendizagem. Em ciência, estas são apresentadas aos alunos como figuras, gráficos, diagramas, modelos, simulações, vídeos, materiais, entre outros. Estas representações podem ter características distintas e graus de complexidade diferentes, requerendo, portanto, recursos cognitivos diversos para os alunos, com diferentes implicações no ensino. O termo visualização também é usado para descrever representações mentais internas, ou seja, modelos mentais, construídos pelos indivíduos e armazenados na sua memória, ao qual recorrem para efetuar inferências, resolver problemas e tomar decisões (Gobert, 2005, p. 73). Gilbert (2005) refere que os alunos vão construindo modelos mentais do que estudam, citando como exemplo o modelo do átomo (p. 12). A capacidade de manipular ou transformar imagens ou padrões espaciais em outros arranjos constitui também um tipo de representação considerado usualmente, sendo designado por aptidão espacial (Gobert, 2005, p. 74). Segundo Gilbert (2005) esta perceção espacial envolve três aptidões complementares: ser capaz de se mover fluentemente entre representações bidimensionais e tridimensionais de um dado modelo, conseguir mudar mentalmente a perspetiva a partir da qual uma determinada representação tridimensional é vista – rotação – e ser capaz de operar sobre a própria representação, criando imagens espelhadas desta – reflexão e inversão (p. 21).

Gobert (2005) refere que estas diferentes perspetivas de representação não implicam construções ou processos mutuamente exclusivos, pois aprender com uma visualização externa provavelmente requer que se construa uma representação mental interna do objeto ou fenómeno em investigação e a sua aptidão de visualização espacial pode desempenhar um papel nesse processo de construção (p. 74).

Neste ponto, há que notar que as representações adiante consideradas se referem unicamente às representações externas, que constituem o foco deste trabalho, motivo pelo qual se passa a utilizar simplesmente o termo representação.

A investigação sobre o ensino e aprendizagem recorrendo a representações tem mostrado que os alunos que interagem com representações apropriadas melhoram o seu desempenho. E a noção de que "duas representações são melhores do que uma" tem motivado diversos estudos e investigações em educação (Ainsworth, 2006, p. 183). Pode-se considerar como representações múltiplas o uso de duas ou mais representações no ensino, sendo defendido por Tsui e Treagust (2013) que a apresentação de informação aos alunos através de representações múltiplas favorece a sua aprendizagem. Tal pode justificar-se pelo facto de determinada informação poder ser melhor transmitida num tipo particular de representação, enquanto outra informação possa ser melhor compreendida quando comunicada noutro tipo de representação. Assim, o uso de múltiplas representações pode ser muito útil no processo de ensino-aprendizagem em Química, desempenhando um papel crucial na compreensão de fenómenos e conceitos, e relação entre estes. Ainsworth (2008) argumenta também que a interação com representações múltiplas deve incluir a construção de representações por parte dos alunos, pois tal conduz a uma melhor compreensão e interpretação desses modos de representação (p. 203).

Sistemas de representações múltiplas

Existem várias maneiras de conceber sistemas de representações múltiplas que influenciam os processos e resultados da aprendizagem. Os sistemas podem diferir quanto ao seu conteúdo, público-alvo e estratégias de ensino que empregam. Portanto, ao considerar o uso de uma representação, tanto a informação fornecida na representação quanto a forma como ela é apresentada devem ser ponderadas pois vão

ter impacto na eficácia do sistema como um todo. Consequentemente, ao planear um sistema de representações múltiplas, no ensino, deve-se pesar o número de representações, o modo como a informação é distribuída, a forma do sistema representacional, a sequência de representações, e o suporte para relacionar diferentes representações (Ainsworth, 2006, p. 184).

Quanto ao número, os sistemas de representações múltiplas empregam pelo menos duas representações, mas geralmente são usadas mais representações, simultaneamente, ou em algum momento durante a interação do aluno com um sistema.

No que respeita à informação, os sistemas de representações múltiplas permitem flexibilidade na forma como esta é distribuída pelas representações, com impacto tanto na complexidade de cada representação quanto na redundância de informação entre as representações. Num extremo, cada representação pode transmitir conteúdos completamente diferentes, não havendo, nesse caso, redundância nas representações. Assim, a distribuição da informação deste modo simplifica cada representação, mas obriga os alunos a integrar diferentes representações. Os sistemas também podem ser parcialmente redundantes, de forma a que parte da informação se mantenha em algumas das representações. Por fim, cada representação pode expressar a mesma informação e, portanto, a única diferença entre as representações está nas suas propriedades (Ainsworth, 2006, p. 184).

Quanto à forma, um sistema de representações pode exibir imagens, texto, animações, som, equações e gráficos mas ainda se sabe pouco sobre como a forma de um sistema representacional influencia a aprendizagem. Infelizmente, não é suficiente considerar cada tipo de representação isoladamente e as representações interagem umas com as outras num espaço potencialmente vasto para explorar (Ainsworth, 2006, pp. 184-185).

Nem todas as representações são utilizadas simultaneamente, pelo que a sequência na qual estas devem ser apresentadas ou construídas deve ser ponderada, tendo em conta as suas potencialidades, havendo a decidir em que ponto se deve adicionar uma nova representação ou alternar entre as representações (Ainsworth, 2006, p. 185).

Um sistema de representações múltiplas deve considerar se os ambientes de aprendizagem devem apoiar mais ou menos ativamente a relação entre as diferentes representações e se esse apoio deve ser fornecido num nível mais superficial ou profundo.

No entanto, os benefícios das representações múltiplas na aprendizagem só serão alcançados se os alunos entenderem cada representação individual, a relação entre as representações, e dominarem as tarefas cognitivas associadas ao seu uso. Ainsworth (2006) indica que este é um processo complexo por si só, referindo que muitos estudos mostraram que os alunos tendem a tratar as representações isoladamente apresentando dificuldades em integrar informações de mais de uma fonte (p. 187).

O contacto com uma nova representação constitui geralmente um desafio para os alunos pois necessitam entender como esta codifica as informações, o seu "formato", e como se relaciona com o domínio que representa. No caso de um gráfico, o formato seria atributos como linhas, rótulos e eixos. Os alunos têm, geralmente, dificuldade em interpretar gráficos pois não possuem estratégias de leitura adequadas, apresentando a tendência em confiar num elemento de conhecimento intuitivo, o que é sugerido pelo atributo visual de uma representação (Elby, 2000, pp. 486-487). Assim, aprender a interpretar uma representação pode envolver aprender a ignorar essa intuição.

Entender a relação entre uma representação e o domínio que ela representa pode constituir também uma tarefa particularmente difícil na aprendizagem, pois esta compreensão tem que ser forjada a partir de um conhecimento de domínio incompleto (Ainsworth, 2006, p. 186).

Funções das representações múltiplas

De acordo com Ainsworth (1999) as representações múltiplas podem desempenhar três funções principais: complementar, restringir e construir (Figura 2.2).

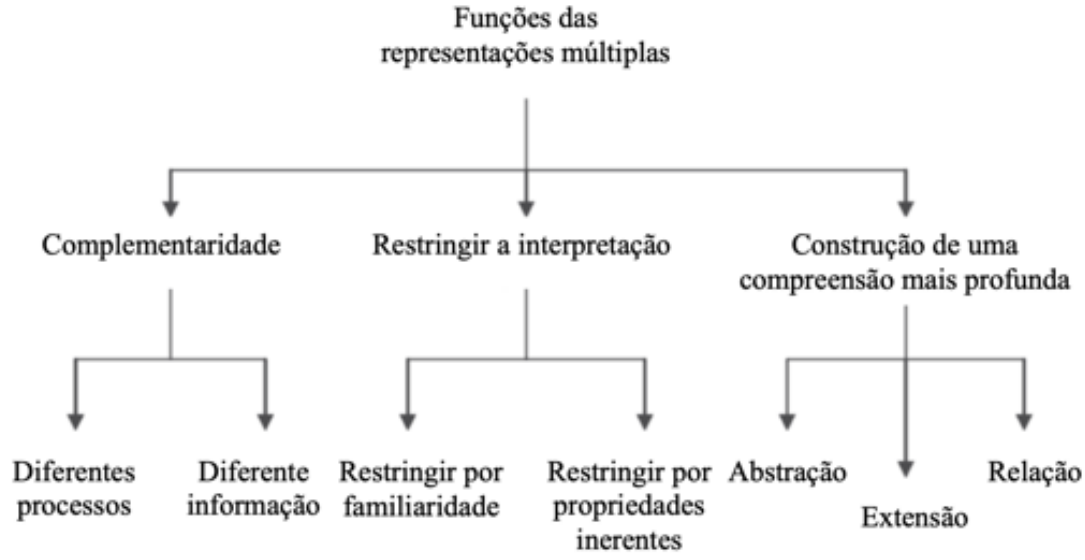


Figura 2.2 – Funções das representações múltiplas (adaptado de Ainsworth, 1999).

A função de complementaridade é obtida quando as representações utilizadas diferem nos processos que cada uma suporta ou nas informações que cada uma contém, pelo que a combinação de representações que diferem nessas formas pode proporcionar aos alunos vantagens específicas de cada uma das representações individuais. O recurso a representações que contêm a mesma informação pode apresentar benefícios relacionados com a complementaridade de processos. As diferenças individuais dos alunos podem ditar o uso de representações complementares, pois se estes tiverem uma escolha podem trabalhar com a representação que melhor se adequa às suas necessidades. Por exemplo, alunos com um elevado desempenho beneficiaram do uso de representações gráficas no estudo da lógica, mas alunos com aproveitamento académico inferior tiveram melhor desempenho quando receberam instruções textuais tradicionais (Stenning et al., 1995, pp. 345-346). As diferentes formas de representação podem também encorajar os alunos a tentar mais de uma estratégia para resolver um problema e a usar estratégias mais ou menos eficazes. Um estudo apresentado por Tabachneck et al.

(1994) concluiu que o recurso a representações múltiplas, na aprendizagem de álgebra com um grupo de alunos, foi cerca de duas vezes mais eficaz do que qualquer estratégia usada isoladamente, pois como cada estratégia tinha fraquezas inerentes, alternar entre as estratégias compensou as suas limitações, tornando a solução dos problemas mais bem-sucedida. As representações múltiplas podem ainda ser usadas para fornecer informações complementares se cada representação no sistema contiver (algumas) informações diferentes. Isso pode ocorrer se for previsível que a apresentação de toda a informação numa única representação seja muito complicada.

A função de restringir constitui um auxílio à interpretação, podendo se usar uma representação familiar ao aluno de modo a auxiliar na interpretação de uma outra mais complexa. De acordo com Ainsworth (2006) certas combinações de representações podem ajudar a aprender quando uma representação restringe a interpretação de uma segunda representação, o que pode ser alcançado de duas maneiras. Por um lado, a familiaridade dos alunos com uma representação pode restringir a interpretação de uma menos familiar. Como exemplo, a autora refere que animações concretas são frequentemente usadas em simulações ao lado de representações mais complexas, como gráficos. Por outro lado, essas restrições podem ser alcançadas tirando vantagens das propriedades inerentes das representações. Geralmente, as representações gráficas são mais específicas do que as representações textuais (Stenning & Oberlander, 1995). A frase "o gato está perto do cão" é ambígua sobre de que lado do cão o gato está sentado, mas numa fotografia é visível se o gato está do lado esquerdo ou direito. Assim, quando essas duas representações são apresentadas juntas, a interpretação da primeira (ambígua) pode ser restringida pela segunda representação (específica) (Ainsworth, 2006, p. 189).

A função de construção é obtida quando a combinação de representações apoia uma compreensão mais profunda dos conceitos em estudo, de modo a que o aluno consiga extrair e relacionar a informação obtida para obter uma visão que seria difícil de alcançar com apenas uma única representação. Esta visão mais profunda permite ainda generalizar para outro tipo de representações e transitar entre diferentes representações. Um estudante pode estender o conhecimento que tem para a representação, sem reorganizar a natureza desse conhecimento, através de um

processo que se designa por extensão. Ainsworth (2006) defende ainda que as representações desempenham funções que, muitas vezes, dependem do conhecimento e dos objetivos dos alunos. Por exemplo, um aluno pode estar familiarizado com tabelas e estender o seu conhecimento para gráficos, enquanto outro pode já estar familiarizado com ambos, mas não ter considerado sua relação.

As diferenças entre as funções das representações múltiplas são subtis, e podem estar presentes, simultaneamente, diferentes funções num mesmo sistema, incentivando um entendimento mais profundo do conhecimento (Ainsworth, 2006, p. 189).

Muitos dos benefícios propostos pelas representações múltiplas resultam da integração e coordenação de mais do que uma fonte de informação e da capacidade de integrar diferentes formatos de representação. Infelizmente, um grande número de estudos observou que os alunos acham difícil transitar entre as representações, podendo deixar de perceber regularidades e discrepâncias entre estas e, nos piores casos, até mesmo inibir quase por completo a aprendizagem. Assim, é importante referir que as características das representações e as características dos alunos constituem fatores que influenciam a dificuldade de relacionar as representações.

Assim, ao conceber um sistema de representações múltiplas o professor deve refletir sobre o uso de cada representação para apoiar a aprendizagem dos alunos. Apesar de não haver regras rígidas, há alguns princípios que devem ser ponderados.

Segundo Ainsworth (2008) "A primeira heurística é utilizar apenas o número mínimo de representações que puder usar. Portanto, se puder usar uma representação, faça-o" (p. 205). A autora esclarece ainda que, se não for possível utilizar apenas uma representação, deve-se refletir se as representações que se pensa serem necessárias são realmente necessárias.

Deve-se também avaliar a experiência dos alunos nas representações a utilizar para decidir se é necessário alguma representação de apoio para restringir outra representação desconhecida, ou se essa representação adicional não forneceria apoio sem muito trabalho por parte dos alunos (Ainsworth, 2008, p. 205).

Do ponto de vista de Ainsworth (2008) o professor deve ainda refletir como sequenciar as representações de modo a maximizar os seus benefícios, concretizando com um exemplo "Mesmo que tenha oito maneiras informativas de visualizar um conceito, não apresente as oito em simultâneo" (p. 205). De acordo com a autora deve-se permitir que os alunos adquiram conhecimento e confiança com menos representações antes de introduzir outras representações.

Estudos sobre o uso de representações múltiplas

Al-Balushi e Al-Hajri (2014) apresentaram um estudo realizado no Sultanado de Omã, com alunos do 11º ano, cujo objetivo era explorar o impacto da associação de animações com modelos materiais na compreensão dos alunos de diferentes representações visuais em química orgânica. No estudo participou um grupo de 28 alunos, considerado o grupo experimental, que usaram conjuntos materiais de modelos moleculares (bola e bastão) e animações submicroscópicas de moléculas e reações químicas, e outro grupo de 22 alunos, o grupo de controlo, que usaram apenas os conjuntos materiais de modelos moleculares. No final do estudo foi realizado um teste cujos resultados indicaram que o grupo experimental superou significativamente o grupo de controlo em termos de compreensão da quiralidade, ângulos de ligação, estereoquímica e arranjo espacial dos átomos dentro das moléculas, dado que o uso das representações múltiplas permitiram aos alunos manipular e visualizar espacialmente as moléculas de diferentes ângulos facilitando a compreensão das características das moléculas orgânicas.

Sunyono et al. (2015) apresentaram um estudo para aferir a eficácia de um modelo de aprendizagem, baseada no uso de representações múltiplas, na compreensão do conceito de estrutura atómica e construção de respetivos modelos mentais. A pesquisa foi efetuada na Indonésia, com um grupo experimental de 108 alunos, e um grupo de controlo com o mesmo número de alunos. O ensino/aprendizagem para o grupo experimental recorreu ao uso de representações múltiplas, incluindo o modo verbal e visual (como figuras, diagramas e simulações). Para grupo de controlo o modelo de ensino/aprendizagem foi mais convencional, com ênfase no modo verbal. Para a recolha de dados foram utilizados dois

instrumentos: um teste sobre modelos de estrutura atómica, e entrevista a alunos. O resultado da pesquisa demonstrou que a aprendizagem com recurso às representações múltiplas é mais eficaz na compreensão do modelo de estrutura atómica e na construção de modelos mentais dos alunos. As diferenças podem ser explicadas pelos próprios alunos que, em entrevista, afirmaram que, através da visualização, tornou-se mais fácil entender os fenómenos ao nível submicroscópico, como o movimento dos eletrões no átomo e a transição de eletrões entre órbitas. Os alunos que tiveram aulas convencionais não estabeleceram corretamente o seu modelo mental, afirmando que tiveram dificuldade em compreender os fenómenos envolvendo eletrões através da comunicação verbal.

Em Portugal, Baptista et al. (2019), realizaram um estudo sobre o uso de representações múltiplas numa sequência de aulas sobre a reação de saponificação. Neste trabalho, os investigadores procuraram entender como é que o uso de representações múltiplas podia ajudar os alunos a desenvolver as suas estruturas cognitivas. Participaram neste estudo 68 alunos de três turmas do 12.º ano. A sequência didática foi planeada para 3 aulas, num total de 360 minutos, tendo contemplado o uso de vídeo, materiais de laboratório, fotografias, *kits* de modelos moleculares e equações químicas, de modo a explorar e relacionar os três níveis de representação em química (macroscópico, submicroscópico e simbólico). Para o estudo foram usados dois instrumentos de recolha de dados: o Teste de Associação de Palavras (WAT) e entrevista de grupo. Os investigadores constataram que "Os resultados obtidos com o WAT mostram que as estruturas cognitivas dos alunos evoluíram do pré-teste para o pós-teste, com o aumento do número de palavras-resposta e ligações entre as palavras, e com a mudança na natureza dessas ligações" (Baptista et al., 2019, p. 760), tendo concluído que essa evolução foi influenciada pela forma como os alunos utilizaram as representações múltiplas, usando as três funções propostas por Ainsworth. No que respeita à entrevista de grupo, foi possível apurar que os alunos reconheceram que a combinação das três funções das representações múltiplas permitiu-lhes transitar entre os níveis de representação (macroscópico, submicroscópico e simbólico) e desenvolver uma compreensão mais profunda e estruturada dos conceitos relacionados com o tema estudado.

CAPÍTULO III

UNIDADE DE ENSINO

A proposta didática que se apresenta neste capítulo foi desenvolvida para o 11.º ano da disciplina de Físico-Química A, do Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias do ensino secundário, e explora o subdomínio "Estado de equilíbrio e extensão das reações químicas", que integra o domínio "Equilíbrio químico" das Aprendizagens Essenciais (Direção-Geral da Educação, 2018, pp.12-13). Esta proposta foi organizada considerando o objetivo de conhecer de que forma o uso das representações múltiplas contribui para o desenvolvimento das estruturas cognitivas e aprendizagens dos alunos.

Este capítulo está organizado em quatro secções. Na primeira secção, faz-se um enquadramento curricular da unidade de ensino a lecionar, apresenta-se um esquema organizador dos principais tópicos e conceitos associados, e as principais dificuldades dos alunos na mesma unidade de ensino. Na segunda secção apresenta-se a proposta didática, sequência de tarefas e identificação dos modos de representação utilizados. Na terceira secção efetua-se a descrição das tarefas, evidenciando-se os objetivos específicos de aprendizagem de cada uma, e momentos de aula. Na quarta e última secção descreve-se o modo como foi realizada a avaliação das aprendizagens dos alunos.

ENQUADRAMENTO CURRICULAR

Numa sociedade em constante mudança, fortemente influenciada pelo desenvolvimento tecnológico e científico, a educação e formação constituem um alicerce fundamental para o futuro dos jovens e do país, pelo que coloca-se às escolas o desafio de adaptação e resposta às exigências do mundo atual. Em Portugal, a recente reorganização curricular para o Ensino Básico e Secundário veio dar resposta às necessidades sentidas com a publicação do Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (Martins et al., 2017), que estabelece os princípios, valores e áreas de competências a que deve obedecer o desenvolvimento do currículo,

definindo o sentido de missão de todo o sistema educativo. Orientadas por este documento de referência, estabeleceram-se as Aprendizagens Essenciais, que constituem documentos de orientação, também parte do referencial curricular, base comum para a aprendizagem de todos os alunos. As Aprendizagens Essenciais elencam os conhecimentos, as capacidades e as atitudes a desenvolver por todos os alunos, conducentes ao desenvolvimento das competências inscritas no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória.

As Aprendizagens Essenciais do 11.º ano da disciplina de Físico-Química A (Direção-Geral da Educação, 2018) estão organizadas com base em quatro grandes domínios. A componente da Química engloba os domínios "Equilíbrio químico" e "Reações em sistemas aquosos". Os domínios "Mecânica" e "Ondas e eletromagnetismo" integram a componente da Física.

O domínio "Equilíbrio Químico" divide-se em dois subdomínios: "Aspetos quantitativos das reações químicas" e "Estado de equilíbrio e extensão das reações químicas". No primeiro subdomínio é essencial entender que nas reações químicas a massa total das substâncias conserva-se.

No segundo subdomínio, "Estado de equilíbrio e extensão das reações químicas", no qual se insere o presente estudo, os objetivos centrais são a compreensão que, num sistema fechado, os reagentes e produtos tendem para o equilíbrio e como se caracteriza o equilíbrio químico, a avaliação da extensão das reações químicas, bem como conhecer os fatores que alteram o equilíbrio químico e prever a evolução de um sistema, inicialmente em equilíbrio, quando ocorre a variação de um dos fatores que pode afetar esse estado de equilíbrio.

Atualmente, o ensino das ciências físico-químicas coloca ênfase na articulação entre o conhecimento e o saber fazer, e o desenvolvimento de competências inerentes ao trabalho científico como "(...) observação, pesquisa de informação (selecionar, analisar, interpretar e avaliar criticamente informação relativa a situações concretas), experimentação, abstração, generalização, previsão, espírito crítico, resolução de problemas e comunicação de ideias e resultados, utilizando formas variadas" (Direção-Geral da Educação, 2018, p.2).

A proposta didática referente a este trabalho tem em conta as orientações curriculares vigentes, procurando proporcionar condições para os alunos desenvolverem os conhecimentos inerentes aos objetivos já enunciados, e as capacidades e atitudes enunciadas nas Aprendizagens Essenciais, em articulação com o Perfil de Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória, de modo a fomentar aprendizagens efetivas e significativas. As tarefas implicadas neste trabalho integram o uso de representações múltiplas.

Na Figura 3.1 é apresentado um esquema organizador dos conteúdos e tópicos referentes ao subdomínio "Estado de equilíbrio e extensão das reações químicas" a lecionar, que tem por finalidade ter uma visão geral do subdomínio em questão bem como facilitar a planificação das aulas.

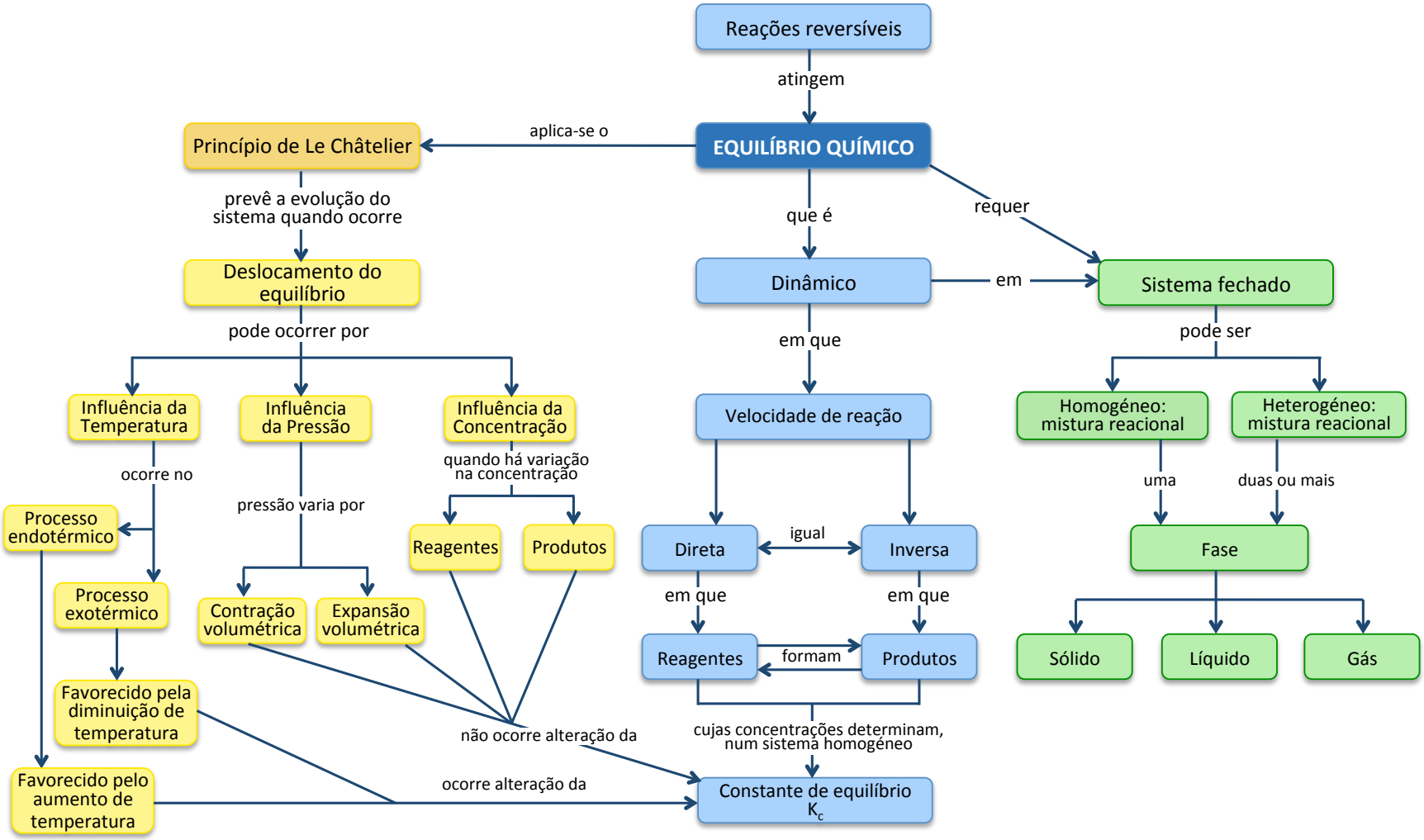


Figura 3.1 – Esquema organizador do subdomínio "Estado de equilíbrio e extensão das reações químicas".

DIFICULDADES DOS ALUNOS

Na preparação de uma nova unidade didática é fundamental que o professor consiga antecipar algumas dificuldades e conceções prévias dos alunos, de modo a melhor organizar o processo de ensino, avaliar e selecionar os recursos, estratégias e atividades que contribuem mais eficazmente para a sua aprendizagem (Schnetzler & Aragão, 1995). Assim, a revisão da literatura reveste-se de especial importância pois permite obter informação essencial ao planeamento e organização do ensino.

Uma das maiores dificuldades na aprendizagem da química relaciona-se com o facto desta ocorrer em três níveis diferentes de representação: o macroscópico, submicroscópico e simbólico (Gilbert & Treagust, 2009). Gabel (1993) refere que, entre os três níveis de representação, apenas o macroscópico é observável, sendo os níveis submicroscópico e simbólico bastante abstratos para os alunos. A mesma autora esclarece que o ensino da química ocorre essencialmente no nível simbólico, o mais abstrato, e que mesmo quando os três níveis de representação são abordados, não há uma integração efetiva pelo que a informação fica isolada nas estruturas cognitivas dos alunos.

Segundo Özmen (2008) os principais motivos pelos quais os alunos apresentam dificuldades na aprendizagem da química são o facto dos conceitos serem muito abstratos e os alunos terem uma fraca capacidade de visualização e de construção de modelos mentais, o facto da química usar palavras do dia a dia mas com um sentido diferente, e a química ser descrita em três níveis, dos quais apenas um é observável.

Genericamente, os alunos apresentam igualmente dificuldades em aplicar a matemática em contextos diferentes, pelo que conseguem resolver problemas memorizando algoritmos matemáticos sem, no entanto, entenderem os conceitos químicos subjacentes (Erdemir et al., 2000, p. 83).

Embora existam muitos conceitos em química com os quais os alunos têm dificuldades, o equilíbrio químico é considerado um dos mais difíceis e importantes tópicos no currículo de química (Özmen, 2008; Quílez-Pardo & Solaz-Portoles, 1995; Solomonidou & Stavridou, 2001), pelo seu caráter abstracto e pela exigência do domínio de um grande número de conceitos relacionados (Quílez-Pardo & Solaz-

Portoles, 1995, p. 940), e pelo seu papel essencial no desenvolvimento da compreensão de outras áreas da química, como reações ácido-base, reações de oxidação-redução, e solubilidade (Voska & Heikkinen, 2000, p. 160).

Segundo Bilgin (2006) o equilíbrio químico apresenta oportunidades particulares para o desenvolvimento de concepções alternativas (p. 468). De acordo com Azizoğlu et al. (2006) os equívocos dos alunos interferem na aprendizagem subsequente, pelo que quando os alunos tentam ligar informações novas na sua estrutura cognitiva, esses equívocos dificultam a integração do conhecimento científico, o que resulta numa compreensão fraca ou mesmo incompreensão dos conceitos (p. 947).

As dificuldades e conceções alternativas prevalentes na aprendizagem do equilíbrio químico relacionam-se com as seguintes ideias (Erdemir et al., 2000; Hackling & Garnett, 1985; Maskill & Cachapuz, 1989; Özmen, 2008):

- A reversibilidade da reação química ser entendida como a ocorrência das reações direta e inversa ser alternada, e não em simultâneo;
- No equilíbrio químico não ocorre qualquer reação (equilíbrio estático em vez de dinâmico);
- Existe uma relação aritmética simples entre os reagentes e os produtos de reação;
- A constante de equilíbrio é constante, sob todas as condições;
- Velocidade de reação tem o mesmo significado que extensão da reação;
- Dificuldade de relacionar a velocidade de reação com a colisão entre partículas em movimento;
- O catalisador afeta diferentemente as velocidades da reação direta e da reação inversa;
- Tentativa de aplicação do princípio de Le Châtelier a um sistema em equilíbrio;
- Tentativa de aplicação do princípio de Le Châtelier a um sistema heterogéneo.

Assim, a proposta didática foi preparada de acordo com os objetivos estabelecidos e organizada no sentido de colmatar as dificuldades dos alunos e evitar o desenvolvimento das conceções alternativas descritas na literatura.

ORGANIZAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

A proposta didática preparada contempla cinco tarefas de investigação e exploração que incorporam representações múltiplas na sua estrutura, cuja análise e interpretação é necessária para a compreensão dos tópicos em estudo, requerendo ainda a participação dos alunos na construção, utilização e integração de diferentes representações.

As tarefas, apresentadas no Apêndice B, foram preparadas de acordo com os objetivos, sequência de conteúdos e orientações curriculares estabelecidos nas Aprendizagens Essenciais (Direção-Geral da Educação, 2018, pp.12-13), considerando que esta opção facilita uma aprendizagem articulada entre os conhecimentos previamente estudados e os conceitos a explorar, bem como o desenvolvimento das competências previstas no Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória.

As planificações das aulas, apresentadas no Apêndice A, foram elaboradas por tarefa, sendo fundamentais na preparação e condução das aulas referentes à intervenção. As planificações basearam-se na estrutura proposta por Roback et al. (2006) contendo os seguintes elementos: momentos de aula, incluindo as atividades e questões das tarefas; duração prevista para cada momento de aula; atividades dos alunos e possíveis dificuldades; atividades e respostas do professor, incluindo estratégias para lidar com as dificuldades; objetivos e avaliação dos alunos; e recursos associados.

A opção de recorrer a tarefas de investigação e exploração surge como uma estratégia de colocar o aluno no centro da sua própria aprendizagem, uma vez que não sendo de resolução imediata, requerem do aluno um esforço de compreensão aprofundado, a formulação de estratégias de resolução, a concretização dessas estratégias e uma reflexão sobre os resultados obtidos (Ponte et al., 2012). Este tipo de ensino requer dos alunos um envolvimento cognitivo significativo, apresentando a potencialidade de promover a compreensão dos fenómenos e o desenvolvimento de outras competências, implicando os alunos de uma forma ativa na construção do conhecimento (Baptista et al., 2013, p. 139).

As tarefas concebidas apresentam uma natureza de investigação e exploração, requerendo um trabalho atento de interpretação da situação a analisar, formulação de hipóteses, estratégias de resolução e sua concretização, pesquisa de informação, usando representações apropriadas na resolução das mesmas. As tarefas de investigação e exploração, que têm as suas raízes na resolução de problemas clássicos, distinguem-se destes pois, mais do que fornecerem um contexto para aplicar conhecimentos já aprendidos, promovem o desenvolvimento de novos conceitos, de novas representações e procedimentos (Ponte et al., 2012).

Segundo Ponte (2005) no ensino tradicional surge em primeiro lugar a "teoria", a exposição dos conteúdos, informações, explicações ou exemplos proporcionados pelo professor, havendo depois momentos para a realização de exercícios, ou seja, para a "prática". No ensino-aprendizagem exploratório parte-se de problemas ou questões em que os alunos são chamados a um forte envolvimento, para se fazer, num outro momento, uma discussão e clarificação relativamente ao que se aprendeu. Neste caso faz-se o caminho inverso, em que se começa com uma forte ênfase no trabalho autónomo dos alunos, que serve de base à elaboração e fundamentação teórica. Nos momentos de discussão em que os alunos apresentam o seu trabalho, relatam as suas conjecturas e conclusões, apresentam as suas justificações e questionam-se uns aos outros, o professor aproveita para procurar que se clarifiquem os conceitos e se estabeleçam ligações dentro e fora do tema em estudo.

Ainda de acordo com Ponte (2005) as tarefas podem ser classificadas quanto ao seu grau de desafio e grau de estrutura, e cruzando-se estas duas dimensões pode-se identificar, nos seus extremos, diferentes tipos de tarefa:

- Exercício – tarefa fechada e de desafio reduzido;
- Problema – tarefa fechada mas com elevado desafio;
- Exploração – tarefa aberta e de desafio reduzido;
- Investigação - tarefa aberta e com elevado desafio.

Numa tarefa fechada é claramente indicado o que é dado e o que é pedido, enquanto numa tarefa aberta existe um grau de indeterminação significativo no que é dado, no que é pedido, ou em ambas as coisas (Ponte, 2005). As tarefas de exploração e investigação são tarefas abertas mas a linha de demarcação entre ambas nem sempre é muito nítida, pois no que respeita ao grau de desafio, tratando-se de comparações, e dado que o que é fácil para uma pessoa poderá não ser para outra, a sua classificação possui um caráter relativo e subjetivo (Pires, 2011). Quanto mais planeamento necessitar uma tarefa mais tenderá para uma investigação (Ponte, 2005). As tarefas de exploração e investigação desafiam à exploração ou descoberta, a um raciocínio mais criador, possuindo um caráter mais dinâmico e de construção, proporcionando experiências com mais significado (Pires, 2011, p. 32).

A figura seguinte representa visualmente os diferentes tipos de tarefa referidos, num referencial apresentado por Ponte (2005), cuja caracterização tem recolhido bastante consenso (Pires, 2011, p. 32).



Figura 3.2 – Diversos tipos de tarefa, em termos do seu grau de desafio e abertura (Ponte, 2005).

Todas as tarefas foram concebidas procurando utilizar contextos diversificados, desafiantes, alguns relacionados com o quotidiano dos alunos, de modo a promover a sua curiosidade e interesse, bem como promover competências variadas, essenciais ao desenvolvimento de uma cultura científica que contribua para a literacia científica dos alunos.

Cada uma das tarefas foi organizada contemplando três momentos de aula com dinâmicas distintas – apresentação e negociação da tarefa, trabalho autónomo dos alunos e discussão coletiva – em ciclos que se podem repetir várias vezes. A realização de cada tarefa encerra com um momento de síntese final (Ponte et al., 2012, p. 13), após o qual os alunos são encorajados a refletir sobre as dificuldades que tiveram na realização da mesma e forma de as ultrapassar, e representações que mais contribuíram para a suas aprendizagens.

Apresenta-se no Quadro 3.1 a descrição dos referidos momentos de aula.

Quadro 3.1 – Descrição resumida dos momentos de aula referentes às tarefas (adaptado de Ponte et al., 2012).

Momento	Descrição
Apresentação e negociação da tarefa	Apresentação geral da tarefa, com explicitação dos seus objetivos, do modo de trabalho e forma de avaliação. Discussão inicial com a turma sobre o significado de termos desconhecidos para os alunos, que possam introduzir alguma dificuldade na interpretação do enunciado da tarefa.
Trabalho autónomo dos alunos	Desenvolvimento do trabalho dos alunos, de forma o mais autónoma possível. Identificação da questão-problema, formulação de hipóteses, planificação e realização de atividades experimentais, realização de pesquisas, interpretação de dados e informações, análise de resultados obtidos, explicação de conclusões, desenvolvimento mais alargado dos conceitos, conhecimentos ou competências trabalhados aplicando-os em situações novas.
Discussão coletiva	Discussão em turma, conduzida pelo professor, das ideias e conclusões dos alunos, confrontando os vários pontos de vista, através da partilha, fundamentação e argumentação das suas respostas. O professor coloca aos alunos questões abertas, como "porquê?", "como explicam...?", "concordam com...?", "o que não está bem...?", incentivando a discussão, e afere a compreensão dos alunos relativamente ao tema em estudo.
Síntese final	O professor revê o significado dos conceitos abordados na aula e sistematiza os resultados e conclusões, colocando questões que possam retomar os aspectos onde os alunos mostram mais dificuldade.

A introdução das tarefas é efetuada através de um texto ou diferentes combinações entre texto, tabelas, gráficos ou vídeo, em que se contextualiza o tópico em estudo, e procura desafiar o aluno a identificar a questão-problema de investigação ou explorar os conceitos a estudar. A apresentação de textos implica sempre uma leitura oral do mesmo, por parte de um aluno, sendo discutidos os aspetos relacionados com o significado de palavras ou expressões que suscitem dúvidas, e com o contexto.

O momento de trabalho autónomo dos alunos é realizado em grupos de três a quatro elementos, com exceção da terceira tarefa que, por incluir uma atividade laboratorial, é efetuada por grupos de quatro elementos. A opção pelo trabalho em grupo constitui, neste conjunto de tarefas, uma estratégia facilitadora da aprendizagem, na medida em que a troca de ideias é potenciada pela interação com os outros, ajudando a superar as dificuldades. (Freitas & Freitas, 2003).

Os momentos de discussão coletiva assumem um papel fundamental nestas tarefas, uma vez que a aprendizagem dos alunos decorre tanto do processo exploratório e de investigação como dos momentos de discussão em que estes apresentam o seu trabalho, relatam e fundamentam as suas conclusões, e questionam-se uns aos outros a propósito do trabalho desenvolvido. Os momentos de discussão coletiva constituem, assim, oportunidades fundamentais para uma negociação de significados e construção de novo conhecimento. Ao contrário do questionamento, em que a professora assume um papel central, a discussão pressupõe um muito maior equilíbrio de participação entre esta e os alunos (Ponte, 2005).

Na síntese final a professora resume e sistematiza os resultados e conclusões, revendo os principais tópicos e conceitos, recorrendo a uma apresentação em *PowerPoint* ou utilizando o quadro branco da sala de aula.

Todas as tarefas foram desenvolvidas simultaneamente com todos os alunos da turma, uma vez que não há divisão em turnos, tendo cada aluno recebido um enunciado da tarefa, na qual regista as suas respostas nos espaços indicados.

Na figura 3.3 apresenta-se a sequência das tarefas e correspondente duração, os conteúdos explorados em cada tarefa, bem como os diferentes modos de representação utilizados, objeto específico deste trabalho.

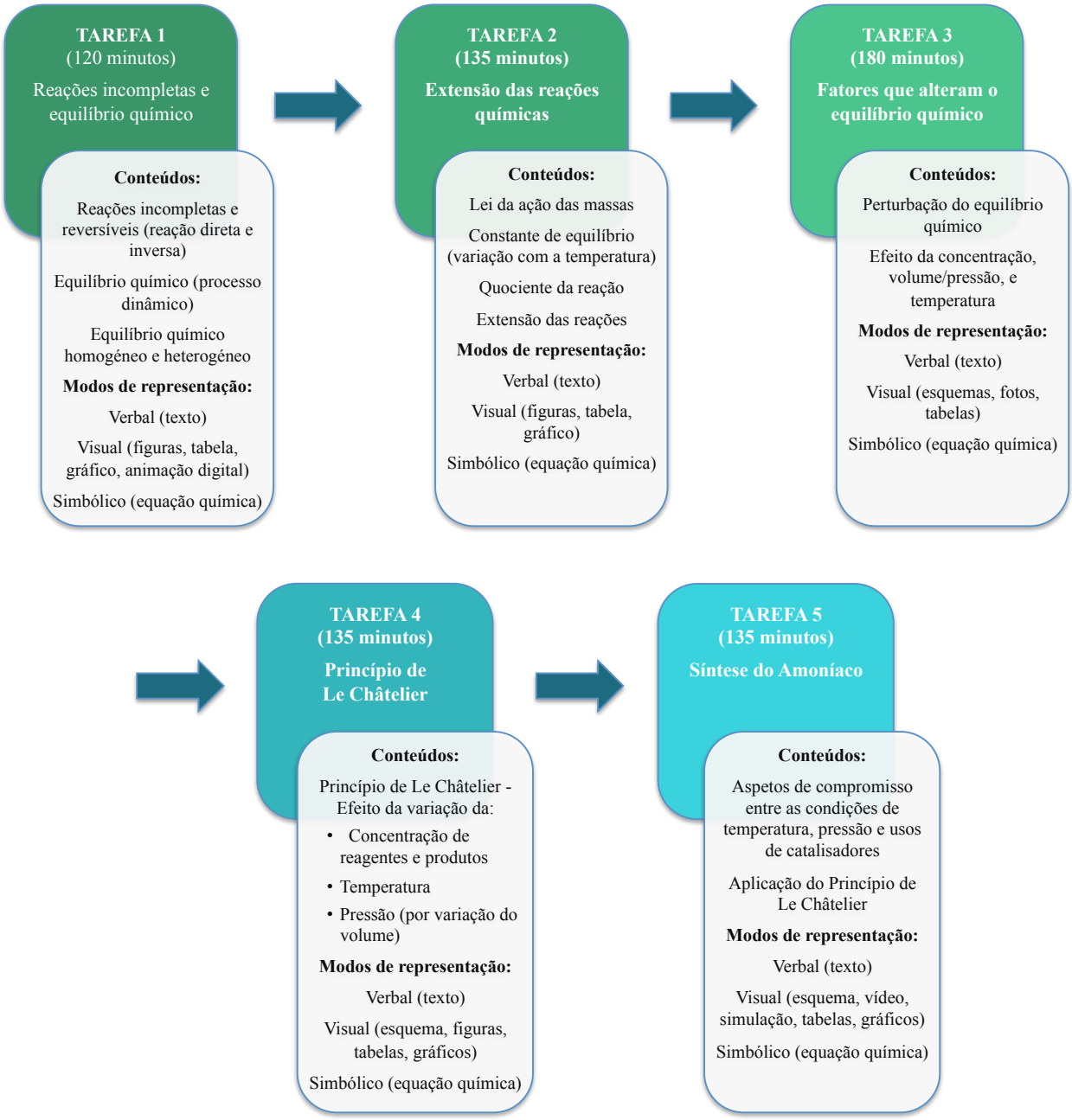


Figura 3.3 – Esquema da sequência das tarefas, conteúdos e modos de representação envolvidos.

Através da realização das tarefas, pretende-se que os alunos desenvolvam os conhecimentos e competências previstos nos referenciais curriculares vigentes do programa da disciplina.

DESCRIÇÃO DAS TAREFAS

Seguidamente, apresenta-se a descrição de cada tarefa, indicando-se os objetivos específicos de aprendizagem relacionados com os conteúdos científicos e com os modos de representação, identificando-se também os diversos momentos de aula.

Tarefa 1 – Reações incompletas e equilíbrio químico

A primeira tarefa está estruturada em duas partes, tendo como objetivo principal introduzir os conceitos de reações incompletas, reações reversíveis e equilíbrio químico, partindo de um contexto que desafia os alunos a interpretar dados e informações apresentadas em diferentes representações.

Na primeira parte da tarefa parte-se de uma representação visual a nível macroscópico, uma figura com imagens de erlenmeyers que representam a evolução de um sistema reacional homogéneo ao longo do tempo. Esta figura é complementada com dados tabelados das concentrações das diversas substâncias que participam da reação. Por outro lado, a tabela tem também a função de restringir constituindo um auxílio à interpretação, pois a informação contida na tabela é mais específica do que a representação da figura. Assim, quando essas representações são apresentadas juntas, a interpretação da figura, que pode ser mais ambígua, pode ser restringida pela representação da tabela que é mais específica.

Uma das questões requer que os alunos construam um gráfico concentração-tempo, a partir dos dados tabelados. A importância do gráfico deve-se ao traçado característico de reações incompletas e de equilíbrio, em que se constata melhor que a variação das concentrações por intervalo de tempo é cada vez menor até se anular, momento em que as concentrações se tornam constantes. Pretende-se que a representação gráfica tenha, neste caso, uma função de construção, pois apoia uma compreensão mais profunda da informação, que seria difícil de alcançar com apenas a figura que representa o fenómeno químico observado macroscopicamente e os dados apresentados na tabela.

Os alunos são ainda desafiados a explicar a evolução do sistema reacional e a variação dos valores de concentração a partir dos 50 minutos, momento em que a reação atinge o equilíbrio químico. Esta questão permite a formulação de hipóteses por parte dos alunos mas é especialmente desafiante dado que é um tema novo, pelo que adota-se a estratégia de introduzir uma nova representação visual, uma animação gráfica de uma reação química incompleta de equilíbrio. Esta representação apresenta também a função de construção, pois apoia uma compreensão mais profunda da informação que seria difícil de alcançar com apenas uma única representação, auxiliando-os a "visualizar" a reação a uma escala molecular. O objetivo desta questão é, através da análise e integração da informação em diferentes representações, e em diferentes níveis de representação, macroscópico e submicroscópico, os alunos concluírem que a reação em estudo é incompleta e reversível, atingindo o equilíbrio químico a partir de determinado instante no tempo. Para reforçar a "visualização" da reação no nível submicroscópico é, seguidamente, solicitado aos alunos uma representação pictórica da reação à escala molecular. Deste modo, procura-se promover ainda a transição entre um modo de representação visual mais dinâmico, como a animação gráfica, para um desenho, de natureza mais estática, mas onde o movimento deve ser representado.

O momento de discussão coletiva é fundamental, nesta etapa, para os alunos apresentarem e confrontarem as suas respostas e conclusões, bem como explicarem o seu raciocínio, permitindo situarem-se quanto aos novos conceitos explorados e suas aprendizagens. É igualmente importante para o professor avaliar o progresso dos alunos, e identificar possíveis conceções erróneas ou aspetos a clarificar.

A segunda parte da tarefa constitui um "ir mais além" em que o objetivo é explorar o equilíbrio químico num sistema heterogéneo, indo mais além das aprendizagens essenciais (que consideram apenas o equilíbrio químico em sistemas homogéneos). Parte-se de um contexto familiar aos alunos, a mistura de dióxido de carbono nos refrigerantes, procurando integrar a sua experiência pessoal e mobilizar os conhecimentos adquiridos na primeira parte da tarefa, aprofundando-os com base na análise da informação apresentada em diferentes representações e níveis (macroscópico e submicroscópico).

Nesta tarefa procurou-se partir do nível macroscópico para o submicroscópico, usando diferentes representações, evitando basear a exploração do tema na representação simbólica.

No Quadro 3.2 apresentam-se os diversos momentos de aula e principais objetivos de aprendizagem da primeira tarefa, no que diz respeito aos conteúdos do tema em estudo, bem como os diferentes modos de representação, objeto específico deste trabalho.

Quadro 3.2 – Momentos de aula e objetivos de aprendizagem referentes à tarefa 1.

Momentos de Aula	**Objetivos de Aprendizagem**	
	Química	**Modos de Representação**
<u>Parte 1</u> • Introdução da tarefa • Desenvolvimento da tarefa: trabalho autónomo dos alunos para resposta às questões 1 a 4 • Discussão coletiva <u>Parte 2</u> • Introdução da 2.ª parte da tarefa • Desenvolvimento da tarefa: trabalho autónomo dos alunos para resposta à questão 5 • Síntese final	Reconhecer a existência de reações incompletas e reversíveis que ocorrem em simultâneo: reação direta e inversa. Compreender o equilíbrio químico como o estado de um sistema reacional, associado a uma reação incompleta, em que as velocidades das reações direta e inversa são iguais. Compreender que o equilíbrio químico é um processo dinâmico mas que as propriedades macroscópicas do sistema se mantêm constantes. Identificar o equilíbrio químico homogéneo (reagentes e produtos na mesma fase) e heterogéneo (reagentes e produtos em mais do que uma fase).	Integrar e interpretar informação apresentada em diferentes representações: verbal (texto) e visual (tabela e figura). Análise e compreensão da representação gráfica, com a construção de gráficos a partir de dados apresentados em tabela. Integrar a informação obtida da representação gráfica com os dados do enunciado. Analisar e interpretar uma animação sobre uma reação incompleta e reversível. Apresentar uma representação visual pictórica de uma reação incompleta e reversível à escala molecular, partindo da informação disponível noutras representações. Transitar entre diferentes níveis (macroscópico, submicroscópico e simbólico) e modos de representação.

Tarefa 2 – Extensão das reações químicas

Esta tarefa está também estruturada em duas partes, em que os principais objetivos da primeira parte consistem em caracterizar o equilíbrio químico em termos quantitativos, através da Lei da ação das massas, introduzindo os conceitos de constante de equilíbrio e extensão da reação, relacionando-os entre si.

O contexto de introdução da tarefa procura "destacar o modo como o conhecimento científico é construído, validado e transmitido pela comunidade científica e analisar situações da história da ciência" indo ao encontro das orientações estabelecidas nas Aprendizagens Essenciais (Direção-Geral da Educação, 2018, p. 2).

Procura-se que os alunos, a partir da leitura do texto de introdução da tarefa, formulem hipóteses acerca da caracterização quantitativa do equilíbrio químico e que, através de uma pesquisa, expliquem a Lei da ação das massas. Uma vez que as questões estão intimamente relacionadas, sendo essencial a sua compreensão para a continuidade da tarefa, segue-se um momento de discussão coletiva.

Na questão seguinte procura-se que os alunos analisem três figuras que representam uma reação química nos níveis macroscópico e submicroscópico, e que, através da Lei da ação das massas e da representação pictórica do nível submicroscópico, estimem a constante de equilíbrio da reação e concluam que para uma dada reação pode haver estados de equilíbrio diferentes mas que o valor da constante de equilíbrio é sempre o mesmo para todos os estados de equilíbrio e não depende das concentrações iniciais de reagentes e produtos. A representação simbólica é integrada nesta questão pois os alunos necessitam de identificar a reação que ocorre e escrever a correspondente equação química, bem como utilizar a expressão matemática que determina a constante de equilíbrio. Tendo em conta o elevado grau de desafio desta questão a mesma é seguida de um momento de discussão coletiva para partilha dos processos de resolução, raciocínios e conclusões.

As questões seguintes requerem que os alunos construam, para cada uma das situações da questão anterior, gráficos concentração-tempo que exemplifiquem a evolução do sistema reacional, recorrendo apenas às concentrações iniciais e finais dos reagentes e produtos, e expliquem o raciocínio utilizado. Os alunos podem apresentar diferentes gráficos pois as únicas premissas para a resolução das questões consistem em utilizar o valor da constante de equilíbrio estimada na questão anterior

e a proporção entre reagentes e produtos na situação de equilíbrio. Como para a construção dos gráficos os alunos apenas dispõem dos valores de concentração de reagentes e produtos iniciais e em equilíbrio, o traçado das linhas deve seguir o perfil observado na primeira tarefa. Uma vez que se prevê que estas questões constituam também um desafio para os alunos, segue-se novo momento de discussão coletiva.

A segunda parte da tarefa tem como principal objetivo compreender a variação da constante de equilíbrio com a temperatura, e relacionar as constantes de equilíbrio das reações direta e inversa. Para tal, apresenta-se uma tabela com as concentrações em equilíbrio dos reagentes e produtos da reação estudada (exotérmica no sentido direto), a diversas temperaturas, questionando-se sobre a extensão da reação direta e inversa. Os alunos podem responder à questão seguindo diferentes raciocínios, e organizar os resultados que suportam as suas conclusões, recorrendo à representação que considerem mais adequada. Nesta questão, além da representação visual (tabela) os alunos podem necessitar de integrar a representação simbólica interpretando a equação química da reação, bem como utilizar a expressão matemática que determina a constante de equilíbrio.

No Quadro 3.3 apresentam-se os diversos momentos de aula e principais objetivos de aprendizagem da segunda tarefa, no que diz respeito aos conteúdos do tema em estudo, bem como os diferentes modos de representação.

Quadro 3.3 – Momentos de aula e objetivos de aprendizagem referentes à tarefa 2.

Momentos de Aula	**Objetivos de Aprendizagem**	
	Química	**Modos de Representação**
Parte 1 • Introdução da tarefa: leitura de um texto • Desenvolvimento da tarefa: trabalho autónomo dos alunos para resposta às questões 2 e 3 • Discussão coletiva • Desenvolvimento da tarefa: trabalho autónomo dos alunos para resposta à questão 4 • Discussão coletiva • Desenvolvimento da tarefa: trabalho autónomo dos alunos para resposta às questões 5 e 6 • Discussão coletiva Parte 2 • Desenvolvimento da tarefa: trabalho autónomo dos alunos para resposta à questão 7 • Síntese final	Relacionar a caracterização quantitativa do equilíbrio químico com a composição final da mistura reacional. Compreender a Lei das ação das Massas e o conceito da constante de equilíbrio. Entender o significado do quociente de reação, distinguindo-o da constante de equilíbrio (situações de não equilíbrio). Relacionar a constante de equilíbrio com a extensão de uma reação. Relacionar as constantes de equilíbrio das reações direta e inversa. Compreender a variação da constante de equilíbrio com a temperatura em reações exotérmicas e endotérmicas.	Interpretar informação em modo verbal (leitura do texto da tarefa e pesquisa de informação). Integrar a representação verbal com a simbólica (expressão algébrica da constante de equilíbrio associada a uma equação química genérica). Relacionar e interpretar representações visuais pictóricas que representam uma reação a nível macroscópico e submicroscópico. Integrar essa informação visual com a representação simbólica da reação (equação química). Explicar o raciocínio utilizado recorrendo às representações que considerem mais adequadas. Análise e compreensão da representação gráfica, com a construção de gráficos a partir de dados numéricos gerados pelos alunos, com base numa estimativa da constante de equilíbrio. Organizar resultados recorrendo a um modo de representação à escolha dos alunos. Transitar entre diferentes níveis (macroscópico, submicroscópico e simbólico) e modos de representação.

Tarefa 3 – Fatores que alteram o equilíbrio químico

A terceira tarefa inicia-se com um texto, cujo contexto está associado à industria química, que introduz a ideia da variação das condições experimentais num processo industrial, de forma a perturbar o equilíbrio químico levando o sistema a evoluir no sentido de atingir um novo estado de equilíbrio. Após uma leitura e

análise conjunta do texto, solicita-se aos alunos que formulem hipóteses sobre os fatores que podem perturbar o estado de equilíbrio químico de uma mistura reacional. Segue-se um momento de discussão coletiva para partilha e discussão das hipóteses propostas, uma vez que nem todos os grupos podem identificar todos os fatores relevantes.

De seguida, propõe-se aos alunos a planificação de uma atividade experimental onde possam testar as hipóteses formuladas, solicitando-se o planeamento da atividade e apresentação do procedimento proposto de forma esquemática (representação visual). O procedimento deve ser partilhado por todos os grupos no *padlet* para um novo momento de discussão coletiva onde a professora e os alunos possam questionar e trabalhar alguns aspetos importantes no planeamento da atividade. A informação de apoio que os alunos dispõem, como ponto de partida, é apresentada no modo verbal, requerendo uma leitura atenta e interpretação baseada nos conhecimentos já adquiridos, bem como, eventualmente, alguma pesquisa adicional. É ainda disponibilizado aos alunos material de laboratório diverso que poderá fornecer pistas sobre possíveis caminhos a seguir.

As diversas etapas da realização da atividade experimental devem ser fotografadas, para sustentar a explicação das observações ao nível macroscópico, dando aos alunos a oportunidade de recordar visualmente os resultados obtidos. Estes resultados devem ser registados e organizados numa tabela (representação visual) para facilitar a sua análise, sendo esta representação em tabela apoiada pelo registo fotográfico anterior. Procura-se, assim, encorajar a construção de um tipo de representação (tabela) recorrendo a uma representação visual mais familiar (fotografias).

Após a realização da atividade e registo de resultados solicita-se aos alunos a interpretação e explicação dos mesmos, acompanhados das equações químicas correspondentes, de modo a apoiar as suas explicações recorrendo ao modo simbólico. O momento de discussão coletiva seguinte é importante para os alunos partilharem conclusões, verificando as hipóteses formuladas, dado que se prevê que não realizem todos a mesma experiência. Para reforço das aprendizagens solicita-se aos alunos a realização do relatório da atividade experimental, a realizar pós-aula.

No Quadro 3.4 apresentam-se os diversos momentos de aula e principais objetivos de aprendizagem da terceira tarefa, no que diz respeito aos conteúdos do tema em estudo, bem como os diferentes modos de representação.

Quadro 3.4 – Momentos de aula e objetivos de aprendizagem referentes à tarefa 3.

Momentos de Aula	**Objetivos de Aprendizagem**	
	Química	**Modos de Representação**
• Introdução da tarefa e questão 1: leitura de um texto • Desenvolvimento da tarefa: trabalho autónomo dos alunos para resposta à questão 2 • Discussão coletiva • Desenvolvimento da tarefa: trabalho autónomo dos alunos para resposta à questões 3 • Discussão coletiva • Desenvolvimento da tarefa: trabalho autónomo dos alunos para resposta às questões 4 e 5 • Discussão coletiva • Síntese final	Compreender que a variação de alguns fatores pode perturbar o equilíbrio químico. Prever os fatores que podem perturbar o equilíbrio químico por alterarem a constante de equilíbrio (temperatura), ou a concentração de reagentes e produtos (concentração e volume/pressão) divergindo o quociente de reação da constante de equilíbrio. Compreender que a perturbação do equilíbrio químico desloca o sistema no sentido de um novo estado de equilíbrio. Prever o sentido de evolução de um sistema químico homogéneo por comparação entre o quociente da reação e constante de equilíbrio. Investigar, experimentalmente, alterações de equilíbrios químicos em sistemas homogéneos, formulando hipóteses, propondo e avaliando procedimentos, comunicando resultados e conclusões. Compreender que sistemas que envolvem apenas líquidos ou sólidos não são apreciavelmente afetados por alterações de pressão.	Interpretar informação fornecida na representações verbal (texto) de modo a inferir sobre reações químicas incompletas de equilíbrio que possam ser testadas na atividade experimental. Transitar para o nível simbólico através da escrita das equações químicas correspondentes às reações. Propor e elaborar um procedimento experimental recorrendo à representação visual esquemática. Fotografar (representação visual) as várias etapas da atividade e resultados, de modo a facilitar posteriormente a sua análise. Organização dos resultados em tabela (representação visual), ou noutra representação à escolha dos alunos, que facilite a sua leitura. Explicar os resultados obtidos tirando conclusões. Transitar entre diferentes níveis (macroscópico, submicroscópico e simbólico) e modos de representação.

Tarefa 4 – Princípio de Le Châtelier

Esta tarefa está também estruturada em duas partes, em que os principais objetivos da primeira parte consistem em compreender o Princípio de Le Châtelier e, com base nesta lei de natureza qualitativa, prever o sentido de evolução de um sistema químico, quando o equilíbrio químico é perturbado.

A introdução da quarta tarefa é efetuada através da leitura de um texto que estabelece uma ponte entre a tarefa anterior, em concreto o estudo dos fatores que podem perturbar o equilíbrio químico, e o Princípio de Le Châtelier, solicitando-se aos alunos, na primeira questão, que efetuem uma pesquisa que permita explicar este princípio e o apresentem de forma esquemática, apelando à construção de uma representação visual que facilite a compreensão dos conceitos e ideias a comunicar. Segue-se um momento de discussão coletiva com base nos esquemas que os alunos devem partilhar no *padlet* para troca de informação e conclusões, e assegurar que todos compreendem o Princípio de Le Châtelier, essencial para prosseguir a tarefa.

A etapa seguinte é introduzida também pela leitura de um texto, complementado por uma figura e uma tabela. Para responderem à questão colocada, os alunos necessitam primeiramente de integrar e compreender a informação apresentada nas diferentes representações. Para destacar os parâmetros mais relevantes na compreender da situação, solicita-se também aos alunos a construção de um gráfico que os relacione. A utilização de toda a informação através da representação verbal prevê-se difícil de ser comunicada e entendida pelo que o uso de diferentes representações tem, neste caso, a função de complementaridade. Assim, por um lado, apresenta-se uma parte da informação recorrendo a diferentes representações (mesma informação, mas diferentes processos) e, por outro lado, apresenta-se alguma informação adicional na tabela que não está contida no texto, nem na figura (informação diferente). Acresce ainda o facto da figura remeter a relação entre a altitude e a pressão barométrica para o nível submicroscópico, apresentando também, por isso, esta representação a função de construção, pois apoia uma compreensão mais profunda da informação. Os alunos necessitam, além de interpretar a informação apresentada, de a relacionar com o Princípio de Le Châtelier para responderem à questão. O contexto escolhido diz respeito a uma situação real de

equilíbrio químico que ocorre no organismo humano, procurando-se, através deste, despertar o interesse e curiosidade dos alunos, motivando-os para a compreensão da situação apresentada. Segue-se um momento de discussão coletiva para os alunos apresentarem as suas respostas, confrontando pontos de vista, e identificarem dificuldades e aprendizagens, mediados pela professora.

A segunda parte da tarefa tem como principal objetivo compreender que os catalisadores não perturbam o estado de equilíbrio químico de um sistema reacional mas diminuem o tempo necessário para este atingir o equilíbrio químico. O contexto, de natureza interdisciplinar (química-biologia), está relacionado com a situação de equilíbrio químico apresentado na primeira parte da tarefa. Na introdução faz-se a leitura conjunta de um texto para esclarecer, se necessário, o significado de termos desconhecidos para os alunos, que possam introduzir alguma dificuldade na interpretação do mesmo. Segue-se um momento de trabalho autónomo dos alunos que, para responderem à questão colocada, necessitam de interpretar a informação fornecida no texto, na figura e gráficos. A figura tem uma função de complementaridade do texto, ajudando a "visualizar" a situação explorada, integrando a mesma uma representação simbólica (a equação da reação que ocorre). Os gráficos apresentados têm, neste caso, a função de restringir a interpretação do texto, pelo facto das representações gráficas serem mais específicas dos que as textuais, conforme discutido no capítulo do enquadramento teórico. Ao trabalho autónomo dos alunos segue-se o momento de discussão coletiva, em que os alunos apresentam e discutem as suas respostas, que se prevê que possam ser discordantes entre si.

No Quadro 3.5 apresentam-se os diversos momentos de aula e principais objetivos de aprendizagem da quarta tarefa, no que diz respeito aos conteúdos do tema em estudo, bem como os diferentes modos de representação.

Quadro 3.5 – Momentos de aula e objetivos de aprendizagem referentes à tarefa 4.

Momentos de Aula	Objetivos de Aprendizagem	
	Química	**Modos de Representação**
Parte 1 • Introdução da tarefa: leitura de um texto • Desenvolvimento da tarefa: trabalho autónomo dos alunos para resposta à questão 1 • Discussão coletiva Parte 2 • Introdução à questão 2: leitura de um texto • Desenvolvimento da tarefa: trabalho autónomo dos alunos para resposta às questões 3 e 4 • Discussão coletiva • Introdução à questão 5: leitura de um texto e análise de figuras e gráficos • Desenvolvimento da tarefa: trabalho autónomo dos alunos para resposta à questão 6 • Discussão coletiva • Síntese final	Compreender o Princípio de Le Châtelier como uma regra que permite prever, em termos qualitativos, a evolução de um sistema químico quando ocorre variação de um dos fatores que pode afetar o estado de equilíbrio. Prever o sentido de evolução de um sistema químico, quando o equilíbrio químico é perturbado, com base no Princípio de Le Châtelier. Compreender que os catalisadores não perturbam um sistema reacional em equilíbrio químico, mas que aumentam igualmente a velocidade das reações (direta e inversa) pelo que o seu uso diminui o tempo necessário para o sistema atingir o equilíbrio químico.	Pesquisar e interpretar informação sobre o Princípio de Le Châtelier, e explicar o mesmo através de uma representação visual esquemática que facilite a sua leitura e compreensão. Compreender a informação fornecida, interpretando os textos apresentados na tarefa (representação verbal), integrando e relacionando ainda com a informação expressa no modo visual (figuras, tabela, gráficos). Análise e compreensão da representação gráfica, com a construção de gráficos, relacionando 3 variáveis, a partir de dados apresentados numa tabela. Integrar a informação obtida da representação gráfica com os dados do enunciado. Transitar entre diferentes níveis (macroscópico, submicroscópico e simbólico) e modos de representação.

Tarefa 5 – Síntese do amoníaco

A quinta tarefa está organizada em duas partes, em que os principais objetivos da primeira parte consistem em compreender, em termos gerais, a síntese do amoníaco pelo processo Haber-Bosch, e a sua importância para a população mundial.

Inicia-se a tarefa com a leitura de um texto sobre a síntese do amoníaco pelo processo Haber-Bosch, recorrendo a um contexto que aborda situações da história da ciência destacando o modo como o conhecimento científico é construído, indo ao encontro das orientações estabelecidas nas Aprendizagens Essenciais (Direção-Geral da Educação, 2018, p. 2). O texto é acompanhado de uma figura sobre o referido processo industrial. Segue-se a visualização de um vídeo que pretende suscitar o interesse dos alunos acerca da importância histórica e atual do processo Haber-Bosch. As questões seguintes envolvem a exploração de uma simulação através da qual os alunos obtêm dados e informações sobre o modo como os diferentes fatores afetam o rendimento da reação, o tempo necessário para a mesma atingir o equilíbrio e a rentabilidade do processo, requerendo por parte destes a produção de representações que facilitem a análise dos dados obtidos da simulação. A produção de dados pela simulação é acompanhada de uma animação gráfica que representa simplificadamente o processo industrial, o que pode ajudar os alunos a analisarem a situação do ponto de vista de análise de dados numéricos, não esquecendo o processo químico. A primeira parte da tarefa é encerrada com uma discussão coletiva sobre os resultados obtidos, que poderão diferir um pouco entre os grupos de trabalho, dependendo das condições experimentais que considerarem.

A segunda parte da tarefa tem por objetivo os alunos aplicarem o Princípio de Le Châtelier à síntese do amoníaco, tendo em conta as conclusões obtidas na primeira parte da tarefa. Requere-se ainda aos alunos que, a partir da equação química da reação, representem a mesma em termos pictóricos à escala molecular, convocando o nível submicroscópico, com o intuito de facilitar a aplicação do Princípio de Le Châtelier à reação.

A tarefa termina com o momento de discussão coletiva, referente à segunda parte, e uma síntese final onde a professora sistematiza os resultados e conclusões, e procura identificar dúvidas ou fragilidades dos alunos relativas ao tema.

No Quadro 3.6 apresentam-se os diversos momentos de aula e principais objetivos de aprendizagem da quinta tarefa, no que diz respeito aos conteúdos do tema em estudo, bem como os diferentes modos de representação.

Quadro 3.6 – Momentos de aula e objetivos de aprendizagem referentes à tarefa 5.

Momentos de Aula	Objetivos de Aprendizagem	
	Química	**Modos de Representação**
• Introdução da tarefa: leitura de um texto e visualização de um vídeo • Desenvolvimento da tarefa: trabalho autónomo dos alunos para resposta às questões 1 a 4 • Discussão coletiva • Desenvolvimento da tarefa: trabalho autónomo dos alunos para resposta às questões 5.1, 5.2 e 5.3 • Discussão coletiva • Síntese final	Compreender em termos gerais a síntese do amoníaco pelo processo Haber-Bosch. Aplicar o Princípio de Le Châtelier à síntese do amoníaco. Compreender e justificar aspetos de compromisso relacionados com a variação da temperatura, pressão e uso de catalisadores.	Integrar e interpretar informação apresentada em diferentes representações, verbal (texto) e visual (figura e vídeo), para compreensão do contexto da tarefa. Compreender o uso e manipulação da simulação apresentada (representação visual), recolhendo e relacionando os dados obtidos. Análise e compreensão sobre a representação gráfica com a construção de gráficos, relacionando 2 ou 3 variáveis, com base em valores obtidos pelo uso da simulação. Explicar os resultados obtidos tirando conclusões. Apresentar uma representação visual pictórica da reação de síntese do amoníaco, com base na representação simbólica da reação (equação química) e informação obtida da simulação. Transitar entre diferentes níveis (macroscópico, submicroscópico e simbólico) e modos de representação.

AVALIAÇÃO

Numa sociedade orientada para o sucesso e cumprimento de objetivos a avaliação emerge, naturalmente, como técnica de medida que revela resultados e permite organizar níveis de desempenho, não considerando pessoas, nem contextos. Nas escolas, os rankings, os exames nacionais, as avaliações internas, os quadros de honra, fazem parte do contexto educativo. Esta forma de avaliar, designada por avaliação sumativa, tem impacto na educação dos estudantes pois coloca-os muitas

vezes em situação de exclusão por não terem a qualidade ou o mérito necessário (Pinto, 2019, p. 20). Durante décadas, a aprendizagem e a avaliação permaneceram sem grande relação entre si. A expansão das teorias de aprendizagem construtivista, com ênfase no aluno enquanto construtor da própria aprendizagem, veio alterar esta visão da avaliação enquanto um instrumento de gestão administrativa relativamente ao processo de ensino e aprendizagem. A avaliação começa a ser considerada como uma parte integrante do processo de ensino-aprendizagem, com funções de natureza pedagógica, sendo a informação recolhida ao longo de todo o processo partilhada e trabalhada com os alunos, permitindo-lhes situar-se relativamente à suas aprendizagens, auxiliando no desenvolvimento da sua autorregulação e autonomia (Pinto, 2019). Esta modalidade, designada por avaliação formativa, tem um efeito significativo na aprendizagem dos alunos (Galvão et al., 2006).

Segundo Fernandes (2006) a avaliação formativa "Trata-se de uma avaliação para as aprendizagens, porque tem um papel muito significativo nas formas como os alunos se preparam e organizam ativamente para aprender melhor e com mais profundidade" (p. 32). O autor indica algumas das características mais relevantes e condições para a sua concretização, entre as quais se destaca:

- a natureza da interação e da comunicação entre professores e alunos;
- a responsabilização progressiva dos alunos pelas suas aprendizagens, e oportunidades para partilhar *o que* e *como* aprenderam;
- a importância das tarefas propostas aos alunos representarem domínios estruturantes do currículo e ativarem processos complexos do pensamento (por exemplo, analisar, sintetizar, avaliar, relacionar, integrar, selecionar);
- um ambiente de avaliação em sala de aula capaz de induzir uma cultura positiva de sucesso baseada no princípio de que todos os alunos podem aprender.

Relativamente ainda à avaliação formativa, Pinto (2019) sugere que "... o aspeto talvez mais interessante é trazer a avaliação para o quotidiano da sala de aula, e assumir que ela pode acontecer no dia a dia, isto é, assumi-la também como um processo informal onde o professor e os alunos são atores" (pp. 29-30).

Torrance (2007) alerta, no entanto, para pesquisas que evidenciam que em processos de avaliação, supostamente formativos, dominados por critérios de classificação fortemente especificados, os procedimentos e práticas de avaliação podem dominar completamente a experiência de aprendizagem e incentivar o instrumentalismo, enfraquecendo, em vez de fortalecer, o desenvolvimento da autonomia dos alunos (p. 282). De acordo com o autor, corre-se, assim, o risco de reduzir o desafio da aprendizagem e a qualidade e validade dos resultados obtidos, promovendo-se uma cultura de cumprimento de critérios, e não de aprendizagem.

Assim, optou-se, nesta intervenção, por uma avaliação essencialmente formativa, tendo por objetivo a orientação e regulação do processo de aprendizagem dos alunos (Correia & Freire, 2010, p. 2). Considera-se que as discussões coletivas durante as tarefas, ao longo das aulas, constituem momentos privilegiados em que os alunos têm oportunidade de identificar as suas dificuldades, bem como as suas aprendizagens, recebendo um *feedback* regular e sistemático, mediado pela professora. Também o desenvolvimento do trabalho autónomo, observado pela professora, as respostas às questões das tarefas, e participação oral nos momentos de discussão em pequeno grupo fornecem informação passível de uma avaliação interativa entre professor-aluno. Neste contexto, valoriza-se o *feedback* oral, intencional e frequente, que observe pontos de melhoria mas também registe progressos que promovam a motivação dos alunos e desenvolvam a sua autoestima (Fernandes, 2006).

Relativamente à atividade experimental, realizada por cada grupo de trabalho, a avaliação formativa foi complementada com *feedback* do relatório por escrito, salientando os aspetos positivos e pontos de melhoria, com comentários referentes à clareza do texto, estrutura do procedimento experimental, linguagem e conceitos científicos, apresentação e organização de dados, interpretação de resultados e conclusões.

CAPÍTULO IV

MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

Este capítulo encontra-se organizado em quatro secções. Na primeira secção indica-se e fundamenta-se a metodologia de investigação utilizada neste estudo. Na segunda secção faz-se uma breve caracterização dos participantes. Na terceira secção indicam-se e descrevem-se os instrumentos utlizados na recolha dos dados. Na quarta secção descreve-se o método de análise dos dados recolhidos, incluindo as categorias e subcategorias de análise relativas a cada uma das questões orientadoras.

METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Face ao objetivo do estudo que se pretende efetuar, determina-se a metodologia de investigação a seguir. A metodologia, enquanto forma concreta de organizar e sistematizar o rumo a seguir pela investigação, facilita a sua clareza e compreensão (Tuckman, 2012). Em educação as pesquisas podem ter abordagens qualitativas ou quantitativas conforme a realidade que se pretende investigar e os objetivos do estudo.

Numa abordagem quantitativa as questões do estudo são estabelecidas e testadas, procurando-se efetuar medições que possam ser tratadas e transformadas em números, possibilitando comparações (Punch, 1998). Na investigação quantitativa não é necessário haver relação entre o investigador e o objeto de estudo, nem proximidade do investigador com o local de estudo (Rahman, 2017).

As metodologias qualitativas de investigação constituem um conjunto de estratégias e métodos de investigação que apresentam características similares entre si, envolvendo a recolha e análise dos dados e o recurso a variadas fontes, através de uma combinação de métodos que procuram captar a dimensão subjetiva dos fenómenos sociais, não se privilegiando umas metodologias em detrimento de outras (Silva, 2013). Contudo, a realidade objetiva é muito difícil de ser completamente entendida, pelo que o uso de diferentes métodos constitui um modo de compreender mais profundamente o que se pretende estudar.

Segundo Bogdan e Biklen (1994), a investigação qualitativa possui cinco características comuns, que seguidamente se apresentam. A primeira característica é de que a fonte direta dos dados é o ambiente natural, sendo o investigador o principal instrumento de recolha dos dados, que ocorre pelo contacto direto entre o investigador e o ambiente de estudo, designando-se este tipo de investigação de naturalista. A segunda característica é de que a investigação qualitativa é descritiva, sendo os dados recolhidos na forma de texto e imagens, e não números. Em terceiro lugar, os investigadores qualitativos interessam-se mais pelos processos do que pelo resultado final, na medida em que na investigação focam a sua atenção nas atividades, expectativas, atitudes e interações que ocorrem no quotidiano mais do que no produto que destas resulta. A quarta característica é de que os investigadores analisam os dados recolhidos de forma indutiva, ou seja, interpretam a informação à medida que vão recolhendo e agrupando os dados, não havendo lugar à formulação prévia de uma hipótese que se pretenda confirmar. A quinta característica é de os investigadores interessam-se pelo significado e sentido que os participantes atribuem às suas experiências, preocupando-se com as suas perspetivas.

Um dos aspectos marcantes destas metodologias de investigação qualitativa reside no facto de não serem formuladas hipóteses que se pretendem testar, mas antes questões a serem investigadas, definidas a partir de objectivos de exploração, descrição e compreensão dos fenómenos em toda a sua complexidade, privilegiando o contacto direto entre o investigador e os intervenientes no seu meio natural.

Em educação, a investigação qualitativa tem vindo a afirmar-se devido ao reconhecimento de que os elementos e fenómenos em estudo se relacionam com o contexto social, pelo que o investigador assume um interesse em relacionar os seus resultados com o comportamento e experiências humanas. Há, no entanto, a referir algumas limitações da investigação qualitativa, como a impossibilidade de fazer generalizações (Patton, 2002), a subjetividade associada às interpretações e convicções do investigador na análise dos dados, bem como o tempo necessário para a realização dos estudos (Fernandes, 1991).

De acordo com Silverman e Marvasti (2008), a metodologia a adotar deve ser adequada aos objetivos e problemática do estudo, não havendo uma abordagem melhor do que outra em absoluto. Apesar dos métodos quantitativos e qualitativos

constituírem estratégias alternativas numa investigação, podem também ser utilizados em conjunto uma vez que que diferentes métodos de investigação revelam diferentes aspetos da realidade (Patton, 2002). Assim, as duas abordagens não são mutuamente exclusivas, havendo investigadores que recorrem aos dois tipos de abordagem.

Em investigação qualitativa a recolha de dados pode ser efetuada através da observação, realização de entrevistas e análise de documentos escritos (Patton, 2002).

Atendendo aos objetivos deste estudo, é muito importante que o investigador se relacione com os participantes da investigação, no seu ambiente natural, de modo a melhor interpretar o significado e sentido que estes atribuem às suas experiências. Neste estudo, os participantes são alunos de uma turma do 11.º ano, o investigador é simultaneamente a professora, e a investigação decorre na sala de aula, que constitui um ambiente natural dos alunos. Assim, opta-se por uma investigação qualitativa, de natureza interpretativa, recorrendo a métodos de descrição, indução e interpretação dos dados recolhidos.

PARTICIPANTES

Caracterização da escola

Este trabalho de investigação foi efetuado numa escola secundária, situada no concelho de Almada. Esta escola insere-se numa zona com algum contraste entre edifícios mais antigos e baixos e outros mais altos e recentes. Não existem bairros sociais nas imediações pelo que toda a região próxima da escola é tranquila, o que se reflete no contexto escolar uma vez que toda a sua população, com a exceção de poucos alunos, pertence à freguesia. A área circundante à escola está provida de diversos espaços comerciais, sendo servida por uma rede de transportes públicos com ligações a todo o concelho de Almada através de autocarros da Carris e rede de metro, cuja estação mais próxima se localiza a cerca de 15 minutos a pé.

A escola foi totalmente reedificada em 2007, não tendo ocorrido desde essa data obras de intervenção ou manutenção significativas, apresentando-se com um aspeto bem cuidado. A escola é constituída por três edifícios, todos eles ligados por um corredor central no rés-do-chão e 1º andar, por um pavilhão desportivo e, no exterior, um campo de jogos e alguns espaços de lazer. As instalações interiores contam com 20 salas de aula equipadas com quadro branco, computador, acesso à Internet e projetor, 7 salas especializadas, um auditório, uma sala de professores, uma sala de Diretores de Turma, uma biblioteca, uma reprografia, uma papelaria, uma sala de informática, um refeitório e o bar dos alunos. As salas especializadas englobam os laboratórios de física, de química, biologia, ciências naturais, a sala de educação visual, sala para educação tecnológica, e uma sala de informática. Os laboratórios de física e de química têm espaço, equipamentos, materiais, reagentes e equipamento de segurança genericamente adequados às necessidades da escola, com aspeto limpo, arrumado e cuidado. Todo o interior da escola é limpo, luminoso, arejado, sendo bem mantido e acolhedor.

Existe também um gabinete do serviço de Psicologia e Orientação, que serve todo o agrupamento, coordenado por uma psicóloga que, além de proceder à orientação vocacional dos alunos do 9º ano, recebe ainda outros alunos que necessitem do seu apoio.

A nível de recursos humanos a escola conta com 67 professores do quadro e 11 professores contratados. De modo geral, o corpo docente é estável. O corpo não docente é constituído por 28 assistentes operacionais, 9 técnicos administrativos e 4 técnicos especializados.

Apesar de ser uma escola secundária também leciona o 8.º ano e 9.º ano tendo presentemente 244 alunos do 3.º ciclo. No ensino secundário a escola possui, atualmente, 389 alunos e no ensino profissional 173 alunos.

Esta constitui uma Escola de Referência para a Educação de Alunos Cegos e de Baixa Visão dispondo de condições, meios humanos e materiais, para dar resposta educativa a estes alunos, assegurando um acompanhamento psicológico e facilitando a sua orientação vocacional. Para alunos com mobilidade reduzida, temporária ou permanente, a escola dispõe de condições de acesso com rampas aos edifícios e elevador para acesso ao piso superior.

A escola tem parcerias e projetos que beneficiam os alunos de diferentes modos, como a parceria com a Faculdade de Ciências e Tecnologia, da Universidade Nova de Lisboa, no âmbito de atividades laboratoriais de química de 10.º e 12.º ano de escolaridade, e parcerias com empregadores, por exemplo, o Hospital Garcia da Orta que emprega alunos que concluíram o curso profissional de técnico auxiliar de saúde. Possui ainda projetos diferentes, entre os quais destaca-se o projeto "Arte & Ciência", concebido para alunos do 10º ao 12º ano dos Cursos Científico-Humanísticos de Ciências e Tecnologias e de Artes Visuais, sendo coordenado por um professor de Física e Química e por uma professora da área das artes, e procura explorar e aprofundar a relação entre estas 2 áreas através de um conjunto articulado de atividades em diversas temáticas, por exemplo a Luz e o Movimento.

A escola integra o projeto "Novos Tempos para Aprender", partilhado por todas as escolas do município de Almada, com uma organização do calendário escolar assente na divisão do ano letivo em 2 semestres.

Caracterização da turma

Neste estudo participam dezasseis alunos de uma turma do 11.º ano, do curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias. Destes alunos, sete são do sexo masculino e nove do sexo feminino. A sua média de idades é de 16 anos, como é de esperar neste ano de escolaridade, contudo há dois alunos de 15 anos, dois alunos de 17 anos, e um aluno de 18 anos. Nenhum aluno se encontra a repetir o 11.º ano, no entanto há alunos que já reprovaram em anos anteriores. Alguns alunos desta turma são bastante participativos em sala de aula, não havendo problemas de indisciplina. Em relação ao desempenho académico, este é considerado suficiente, havendo alguns alunos que revelam maior potencial. A turma não possui alunos com necessidades educativas especiais.

INSTRUMENTOS DE RECOLHA DE DADOS

Neste estudo, para a recolha de dados, os instrumentos que se considera mais adequados utilizar são o WAT antes e depois da intervenção, os documentos escritos dos alunos e a observação naturalista. Descrevem-se, de seguida, os instrumentos de recolha de dados utilizados.

WAT

O WAT, ou Teste de Associação de Palavras, constitui um método de recolha de dados que é, frequentemente, utilizado em investigação no campo da educação científica com o objetivo de determinar e mapear conceitos na compreensão dos alunos, incluindo as relações entre o conhecimento e as suas estruturas cognitivas (Bahar et al., 1999; Nakiboglu, 2008). O WAT é uma ferramenta que permite explorar aspetos do conteúdo e estrutura do conhecimento de um indivíduo numa área de conhecimento específica (Derman & Eilks, 2016, p. 904).

Para implementar um WAT, o investigador seleciona palavras-chave relevantes para o tema em estudo, designadas por palavras estímulo, e solicita aos alunos que escrevam todas as palavras que lhes ocorram associadas a esses conceitos, denominadas palavras resposta, num determinado período de tempo (Nakiboglu, 2008). Para tal, fornece a cada aluno um livreto em que cada palavra estímulo é apresentada isoladamente numa página, com espaço em branco suficiente para escrever as suas ideias, de modo a evitar uma reação em cadeia originada por distrações com outras palavras (Derman & Eilks, 2016, p. 904). Uma vez que os alunos não têm tempo para se preparar e consolidar aprendizagens para este tipo de teste, eles respondem o que pensam no momento, o que possibilita a obtenção de uma imagem ‘instantânea’ da sua estrutura cognitiva em ‘estado bruto’ (Bahar et al., 1999, p. 135).

De acordo com Bahar et al. (1999) o WAT é uma técnica poderosa que pode revelar o tipo e a quantidade de conceitos na mente dos alunos, bem como a ligação entre eles (p. 140). No entanto, outros autores apontam limitações relacionadas com o facto de não revelar a natureza das ligações que o aluno estabelece entre os conceitos associados às palavras estímulo e as palavras resposta, sugerindo que a análise das estruturas cognitivas dos alunos deva ser complementada com outras técnicas (Derman & Eilks, 2016; Nakiboglu, 2008). Num estudo realizado por Derman e Eilks (2016) esta limitação foi, em parte, eliminada pois foi solicitado aos alunos que, em cada página do livreto, escrevessem frases que incluíssem a palavra estímulo e a palavra resposta, o que permitiu entender a relação que os alunos estabeleceram entre os conceitos. Esta metodologia permite também identificar, através das frases, conceções alternativas, falta de conhecimento ou conhecimento vago dos alunos (Derman & Eilks, 2016, p. 905).

Para compreender a evolução que ocorre nas estruturas cognitivas dos alunos deve-se efetuar o WAT antes e após a sequência didática sobre o tópico a estudar, de modo a facilitar essa comparação (Baptista et al., 2019, p. 762).

Assim, neste estudo decidiu-se utilizar o WAT com o objetivo de avaliar a evolução ocorrida nas estruturas cognitivas dos alunos após a utilização das representações múltiplas no estudo do Equilíbrio Químico.

O WAT foi aplicado em dois momentos distintos: o momento do pré-teste que ocorreu no início da primeira aula referente à intervenção, antes da realização da primeira tarefa; e o momento do pós-teste, que ocorreu na aula seguinte à conclusão da última tarefa.

Para este WAT foram selecionadas seis palavras estímulo, apresentadas no Apêndice C, associadas ao tema em estudo: Reação reversível, Extensão da reação, Equilíbrio químico, Concentração, Pressão e Temperatura. Estas palavras foram previamente discutidas com professoras experientes, que deram as suas opiniões e as aprovaram, de forma a garantir a sua adequação e validação do conteúdo do WAT, conforme sugestão de Derman e Eilks (2016), e Nakiboglu (2008).

Para a realização do teste cada aluno recebeu um livreto com seis páginas, em que cada palavra estímulo foi apresentada isoladamente numa página, com espaço em branco suficiente para escrever as palavras resposta e as frases associadas. Antes da realização dos testes solicitou-se aos alunos que escrevessem o maior número possível de termos associados às palavras estímulo e frases incluindo cada uma das palavras estímulo e correspondentes palavras resposta. Os alunos foram ainda informados que as suas palavras resposta deviam estar relacionadas com o tema em estudo ou, neste caso, como ainda não haviam estudado o equilíbrio químico, com a Química. Neste estudo, em ambos os momentos, pré-teste e pós-teste, os alunos tiveram aproximadamente 10 minutos para cumprir a tarefa (Baptista et al., 2019, p. 763).

Documentos Escritos

Em investigação qualitativa a análise de documentos escritos constitui também, como anteriormente referido, um meio de recolha de dados. De acordo com Bogdan e Biklen (1994), existem diferentes tipos de documentos escritos, como documentos pessoais e documentos oficiais. Os documentos pessoais registam os pensamentos, ideias, emoções e ações do sujeito, sendo escritos por si próprio, como os diários, cartas, autobiografias, entre outros. Os documentos oficiais são escritos por entidades externas fornecendo informação sobre os sujeitos do estudo, como as atas de reunião, registos biográficos dos alunos, documentos de organismos públicos, entre outros.

Os documentos escritos podem ainda ser classificados, quanto à sua natureza, em fontes primárias ou fontes secundárias. Nas fontes primárias os documentos constituem material obtido sem qualquer tipo de análise ou interpretação, enquanto que as fontes secundárias resultam da análise ou interpretação das fontes primárias (Bell, 2010).

Os documentos escritos podem ser utilizados para complementar ou confirmar informação obtida por outros métodos, podem ser a fonte principal de dados, ou mesmo o único método de recolha de dados (Bell, 2010).

A utilização de documentos escritos oferece a vantagem de fornecer informação que não é facilmente obtida por outros meios, constituindo uma fonte de informação rica que pode ser consultada em qualquer altura. No entanto, os documentos escritos têm a desvantagem de poder originar uma grande quantidade de dados, cuja análise se torna difícil e morosa.

Neste trabalho optou-se por utilizar documentos escritos pelos alunos, resultantes da realização das tarefas em sala de aula e relatório da atividade laboratorial, constituindo estes documentos pessoais de fonte primária. Deste modo, pretendeu-se obter informação cuja análise e interpretação possa responder às questões referentes às dificuldades e aprendizagens dos alunos na utilização das representações múltiplas no estudo do Equilíbrio Químico.

Observação Naturalista

Em estudos interpretativos, a observação assume uma natureza fundamentalmente naturalista, que tem como primeiro objetivo informar sobre o contexto natural onde o estudo se desenvolve. Uma característica única da observação, enquanto processo de pesquisa, é a de oferecer ao investigador a oportunidade de recolher dados ao vivo de ambientes físicos e sociais, podendo analisar diretamente factos e acontecimentos de acordo com a sua perceção pessoal, com o potencial de produzir dados mais válidos ou autênticos do que seria o caso com métodos mediados ou inferenciais (Cohen et al., 2007).

As observações podem ser classificadas quanto ao seu grau de estruturação, como observações estruturadas, semiestruturadas e não estruturadas (Cohen et al., 2007). Uma observação estruturada é muito sistemática com o observador a focar-se num objetivo pré-definido e em categorias previamente determinadas. O observador adota um comportamento passivo e não interventivo, registando apenas os dados observados. Este tipo de observação negligencia a importância dos contextos temporais e espaciais, assim como o facto dos comportamentos poderem ser específicos do contexto, ignorando resultados não intencionais que podem ter significado. Nas observações não estruturadas o observador procede livremente e observa as situações, decidindo o que pode ser significativo para a sua investigação,

pelo que não define previamente o foco da sua observação. Numa observação semiestruturada, o observador tem algumas categorias de observação previamente elaboradas e questões a observar, mas está recetivo à emergência de novas categorias, sendo os dados recolhidos de forma menos sistemática. Assim, uma observação estruturada já terá hipóteses formuladas e utilizará os dados observacionais para confirmar ou refutar essas hipóteses, enquanto que uma observação semiestruturada e, mais particularmente, uma não estruturada, será mais geradora de hipóteses do que teste de hipóteses (Cohen et al., 2007).

As observações efetuadas podem ser recolhidas como registos fotográficos, registos áudio, registos vídeo ou podem ser registadas por escrito como notas de campo, com anotações descritivas sobre as situações experienciadas e dados observados. Estas notas de campo devem ser registos precisos e ter o maior detalhe possível, para permitir ao investigador reproduzir, posteriormente, as suas observações, pensamentos, emoções e efetuar uma análise de dados completa. As notas de campo podem ter uma componente mais descritiva com foco nas características do local, nos intervenientes, seus comportamentos e interações, ou podem ter uma dimensão reflexiva em que o observador regista notas de índole mais pessoal, com impressões e ideias, o que resulta em notas mais subjetivas (Bogdan e Biklen, 1994). As notas de campo que englobam ambas as dimensões, descritiva e reflexiva, proporcionam uma visão mais rica do contexto e situações, integrada com a estrutura mental do investigador.

Neste trabalho considerou-se apropriado efetuar uma observação naturalista não estruturada das aulas lecionadas, com a produção de notas de campo, uma vez que o investigador tem uma presença privilegiada, como professor, na sala de aula e contacto com os alunos. Sempre que possível, no decorrer da aula a professora efetuou registos, resumidos e concisos. No entanto, a maior parte das notas de campo foram registadas logo a seguir à aula, durante o processo de reflexão sobre a perceção da professora relativamente às ideias, conversas e respostas dos alunos, e dificuldades e aprendizagens que estes revelaram durante a realização das tarefas em aula.

Triangulação de Dados

Em investigação qualitativa a subjetividade da perspetiva pessoal do sujeito da investigação bem como da interpretação dos dados recolhidos e dos próprios significados atribuídos pelo investigador aos comportamentos observados e anotados, atribui à investigação um caráter marcadamente interpretativo. A condição social e psicológica do investigador condiciona a interpretação que este faz dos dados recolhidos. Assim, é importante reforçar a credibilidade dos estudos de natureza interpretativa através de estratégias e processos que aumentem a confiança nos resultados sendo, para esse efeito, a triangulação um processo muito utilizado em investigação qualitativa.

O conceito de triangulação, apesar de muito difundido, permanece pouco preciso e consolidado conceptualmente (Duarte, 2009). Este termo não nasceu nas ciências sociais mas foi importado e apropriado, sobretudo, pelo autor Denzin que o utiliza originalmente enraizado na noção de validade (Duarte, 2009). Assim, em 1970, Denzin (citado por Duarte, 2009) afirma que uma hipótese testada com o recurso a diferentes métodos podia ser considerada mais válida do que uma hipótese estudada unicamente por um único método, considerando a triangulação como um processo de validação dos dados recolhidos. O mesmo autor identificou quatro tipos de triangulação: (1) triangulação de dados, em que o investigador procede à recolha de dados recorrendo a diferentes fontes; (2) triangulação de investigadores, podendo a recolha de dados e codificação ser efetuada por vários investigadores, de forma independente, de modo a reduzir um potencial enviesamento por parte de um único investigador; (3) triangulação teórica, que se refere ao uso de diferentes teorias para interpretar um conjunto de dados; e (4) triangulação metodológica (intra ou intermétodos), em que se utilizam múltiplos métodos para estudar um problema de investigação (Denzin, 1978, citado por Patton, 2002; Denzin, 2017, p. 301).

No entanto, não havendo consenso entre vários autores quanto a esta questão, Denzin e Lincoln (1998) admitem que a triangulação não é uma estratégia de validação, mas uma alternativa à validação, permitindo compreender em maior profundidade a questão ou fenómeno em estudo através da utilização de vários métodos.

Neste trabalho recorre-se à triangulação de dados tendo sido utilizados os registos escritos dos alunos e notas de campo da professora para dar resposta ao problema de investigação.

ANÁLISE DE DADOS

Atendendo ao facto de se ter considerado, para responder à primeira questão orientadora do trabalho, um instrumento de recolha de dados diferente dos instrumentos utilizados na recolha de dados da segunda e terceira questões orientadoras, a análise dos dados baseia-se também em diferentes metodologias.

Neste trabalho, para a análise do WAT segue-se uma metodologia baseada no método do mapa de frequências de resposta, semelhante ao descrito por Derman e Eilks (2016) e Nakiboglu (2008). Para cada palavra estímulo as palavras que os alunos associaram que tenham significado e sejam válidas no contexto do estudo são validadas e contabilizadas como palavras resposta, sendo construído um quadro de frequências com as palavras estímulo dispostas em colunas e as palavras resposta dispostas em linhas. Algumas palavras resposta, por serem sinónimas ou relacionadas, são contabilizadas em conjunto.

Com base nos dados obtidos nas tabelas de frequência, constroem-se os mapas da estrutura cognitiva dos alunos, nos momentos pré-teste e pós-teste. Para tal, estabelecem-se intervalos de frequência de aparecimento de palavras resposta. Cada intervalo de frequências corresponde a um nível. O intervalo de frequências mais baixas é definido como aquele em que todas as palavras estímulo surgem com palavras resposta nesse nível. A construção dos mapas é então realizada colocando as palavras estímulo numa moldura, e as palavras resposta sem moldura, traçando linhas com setas das palavras estímulo para as palavras resposta (a direção da seta indica a direção da relação) considerando os intervalos de frequência estabelecidos, que definem as células do mapa. A largura das molduras e setas é determinada pelo valor da frequência da palavra resposta à palavra estímulo e representa a força das associações: quanto mais grossa a seta, maior a frequência e, consequentemente,

mais forte a associação, levando essas palavras a serem colocadas na primeira célula. Desta forma, é possível ter uma ideia da força e direção das associações e inferir sobre a relação entre os conceitos e as estruturas cognitivas dos alunos (Nakiboglu, 2008). As relações inversas entre os conceitos também são mostradas por setas de dupla face no intervalo de frequências em que ocorrem (Derman & Eilks, 2016).

Para complementar o estudo, e eliminar a limitação referida por Nakiboglu (2008) referente ao facto do mapa das estruturas cognitivas não revelar a natureza das associações estabelecidas entre as palavras estímulo e as palavras resposta, realizou-se uma análise qualitativa das frases escritas pelos alunos de modo a compreender a natureza das associações efetuadas, procurando identificar conceções erróneas, vagas ou de conhecimento adquirido (Derman & Eilks, 2016).

À recolha de dados obtidos dos registos escritos dos alunos e notas de campo da professora segue-se a sua análise que, de acordo com Bogdan e Biklen (1994), consiste no estudo dos dados, de forma a descobrir regularidades, padrões e temas associados aos objetivos do estudo, pelo que analisar significa interpretar e dar sentido à informação disponível a partir da recolha de dados. Segundo Stringer (2007) a análise de dados pode ser considerada como um processo de reflexão e interpretação, uma vez que requer a identificação dos aspetos fundamentais da informação recolhida que permitam esclarecer e compreender a natureza das atividades e eventos em investigação, implicando o estudo de grandes quantidades de informação para descobrir características e elementos significativos que estão embutidos nos dados (p. 95).

Para facilitar a compreensão dos dados recolhidos é útil recorrer à sua categorização para os agrupar, formando categorias de codificação quando se encontrarem regularidades e padrões que se repetem. As categorias formadas reúnem informação de um determinado tópico, separando-o de outros, podendo ainda dividir-se em subcategorias com informação mais específica e menos abrangente, pois a análise dos dados constitui para o investigador um desafio e tarefa complexa e exigente. Quanto maior for a capacidade de organizar os dados mais fácil será a sua análise (Bogdan & Biklen, 1994).

Em concordância com os referidos autores, Stringer (2007) defende que a análise de dados pode recorrer à sua categorização e codificação segundo um processo que envolve:

- revisão dos dados recolhidos, de modo a que o investigador tome contacto com o conteúdo e ideias expressas (p. 100);
- separação dos dados, para identificar e isolar ideias, conceitos, ou experiências que possam formar unidades com um significado relevante, como palavras ou frases (p. 100);
- categorização (distribuição das unidades com significado relevante por grupos) e codificação (identificação das categorias) dos dados (p. 101);
- identificação dos temas em comum, comparando categorias e subcategorias (p. 101);
- organização de um sistema de categorias que forneça uma visão clara da informação associada ao tema investigado (p. 102);
- desenvolvimento de um esquema de relatório com uma estrutura que facilite a comunicação dos resultados desta fase do estudo, podendo os temas, categorias e subcategorias identificados constar como tópicos do relatório (p. 103).

Para dar resposta às questões referentes às dificuldades e aprendizagens dos alunos na utilização das representações múltiplas no estudo do equilíbrio químico, estabeleceram-se duas categorias de análise: modos de representação e transição entre representações. No que respeita à categoria modos de representação foram ainda definidas as subcategorias: representação verbal, representação visual e representação simbólica. Estas categorias e subcategorias foram identificadas na literatura (Gilbert, 2005, p. 13) e adotadas neste trabalho tendo em conta as representações utilizadas e finalidades do estudo.

Apresenta-se no Quadro 4.1, para cada questão orientadora, os correspondentes instrumentos de recolha de dados utilizados, e as categorias e subcategorias de análise.

Quadro 4.1 – Recolha de dados, categorias e subcategorias de análise, para cada questão orientadora.

Questão orientadora	**Recolha de dados**	**Categoria de análise**	**Subcategoria de análise**
Evolução nas estruturas cognitivas dos alunos após o uso das representações múltiplas	WAT	—	—
Dificuldades sentidas pelos alunos na utilização das representações múltiplas	Registos escritos dos alunos Notas de campo da professora	Modos de representação	Verbal
			Visual
			Simbólica
		Transição entre representações	—
Aprendizagens desenvolvidas pelos alunos na utilização das representações múltiplas	Registos escritos dos alunos Notas de campo da professora	Modos de representação	Verbal
			Visual
			Simbólica
		Transição entre representações	—

CAPÍTULO V

RESULTADOS

Neste capítulo apresentam-se e analisam-se os resultados obtidos, referentes ao trabalho de cariz investigativo desenvolvido com a finalidade de conhecer o modo como o uso de representações múltiplas contribui para o desenvolvimento das estruturas cognitivas e aprendizagens dos alunos no estudo do equilíbrio químico. Os resultados estão organizados em três secções, correspondendo cada uma aos resultados de uma das questões orientadoras do trabalho. Assim, na primeira secção apresentam-se os resultados referentes ao desenvolvimento das estruturas cognitivas dos alunos e à natureza das relações. Na segunda secção analisam-se as dificuldades dos alunos no uso das representações múltiplas. E, na terceira secção analisam-se as aprendizagens desenvolvidas pelos alunos na utilização das representações múltiplas.

Os dados analisados foram recolhidos a partir dos testes de associação de palavras, dos documentos escritos dos alunos e das notas de campo da professora.

EVOLUÇÃO DAS ESTRUTURAS COGNITIVAS DOS ALUNOS

Para dar resposta à primeira questão orientadora, referente à evolução das estruturas cognitivas dos alunos após a lecionação do subdomínio "Estado de equilíbrio e extensão da reações químicas", recorrendo à utilização de representações múltiplas, foram aplicados aos alunos dois testes de associação de palavras, WAT, um pré-teste antes da lecionação do subdomínio, e um pós-teste no final da intervenção. A estes testes responderam os 16 alunos que constituem a turma lecionada.

Nesta secção são analisadas as associações que os alunos fizeram relativamente às palavras estímulo fornecidas, e o tipo de relações que estabelecem entre as palavras estímulo e palavras resposta, e ainda entre as diferentes palavras estímulo.

Para este estudo, foram apresentadas aos alunos seis palavras estímulo: Reação reversível, Extensão da reação, Equilíbrio químico, Concentração, Pressão, e Temperatura, tendo-lhes sido solicitado que associassem todas as palavras que, no seu entender, se relacionassem com as palavras estímulo, e que escrevessem frases que incluíssem a palavra estímulo e cada uma das palavras resposta.

Com base nos dados recolhidos foram construídos quadros de frequências indicando as palavras resposta por cada palavra estímulo nos dois momentos diferentes, no pré-teste (Quadro 5.1) e no pós-teste (Quadro 5.2).

Os dados apresentados nos quadros foram utilizados para construir os mapas das estruturas cognitivas dos alunos referentes a cada momento: pré-teste (Figura 5.1) e pós-teste (Figura 5.2). Os mapas traduzem a intensidade e a direção das associações que os alunos efetuam entre as palavras estímulo e as palavras resposta, possibilitando a análise e comparação das relações entre os conceitos que os alunos possuem antes e após o estudo do subdomínio lecionado.

Para identificar a natureza das associações que os alunos estabeleceram entre as palavras, e minimizar a limitação do WAT apresentada por Nakiboglu (2008), realizou-se ainda uma análise qualitativa das frases escritas pelos alunos, permitindo compreender melhor a sua estrutura do conhecimento, apresentando-se exemplos de respostas para cada um dos intervalos de frequência.

PRÉ-TESTE

O pré-teste foi aplicado no início da intervenção, antes da lecionação do subdomínio "Estado de equilíbrio e extensão da reações químicas", sem que os alunos tivessem abordado anteriormente estes conteúdos.

Apresenta-se no Quadro 5.1 as palavras resposta e respetiva frequência, associadas a cada palavra estímulo. Algumas palavras resposta, por serem sinónimas ou relacionadas, são contabilizadas em conjunto. As palavras resposta que surgem com uma frequência muito baixa ($f<3$), não aparecendo no mapa das estruturas cognitivas dos alunos, são apresentadas conjuntamente na última linha do quadro.

Quadro 5.1 – Frequências de palavras resposta do WAT para o pré-teste.

Palavras resposta	**Palavras estímulo**					
	Reação reversível	**Extensão da reação**	**Equilíbrio químico**	**Concentração**	**Pressão**	**Temperatura**
Reagentes	6	1	4	—	—	—
Produtos	7	—	4	—	—	—
Reverter/retroceder/inverter	6	—	—	—	—	—
Regeneração	4	—	—	—	—	—
Duradoura/prolongar tempo	—	5	—	—	—	—
Comprimento/tamanho	—	4	—	—	—	—
Contínua	—	3	—	—	—	—
Quantidade	—	2	—	4	—	—
Reação	—	—	4	—	—	—
Igualdade	—	—	3	—	—	—
Estabilidade	—	—	3	—	—	—
Solução	—	—	—	5	—	—
Soluto	—	—	—	4	—	—
Dissolvido	—	—	—	4	—	—
Saturado	—	—	—	3	—	—
Massa/mássica	—	—	—	3	—	—
Força	—	—	—	—	7	—
Ar/atmosférico/água	—	—	—	—	4	—
Área	—	—	—	—	2	—
Calor	—	—	—	—	—	7
Quente/frio	—	—	—	—	—	6
Graus	—	—	—	—	—	5
Alta/baixa	—	—	—	—	—	3
Outras palavras resposta apresentadas pelos alunos (f<3)						
contrário, construir/destruir, voltar ao inicial, química verde, rentável, desperdício, elementos químicos, aumenta, expandir, diminuir, medir, grandeza, velocidades iguais, substâncias, componentes, precisão, contas certas, positivo/negativo, balanço final, proporções iguais, lei da conservação da massa, volume, mistura, solvente, moles, composição, gás, máximo/mínimo, espaço, comprimido, peso, aproximação, distribuição, instabilidade, compactação, ebulição/evaporação, fusão/solidificação, termómetro, ambiente, clima, meteorologia, energia, condensação, Kelvin						

Apresenta-se na Figura 5.1 o mapa das estruturas cognitivas dos alunos, referente ao pré-teste.

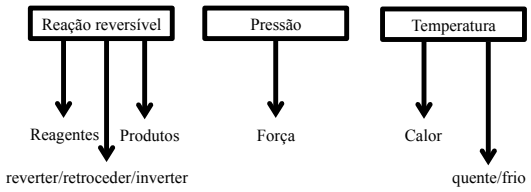
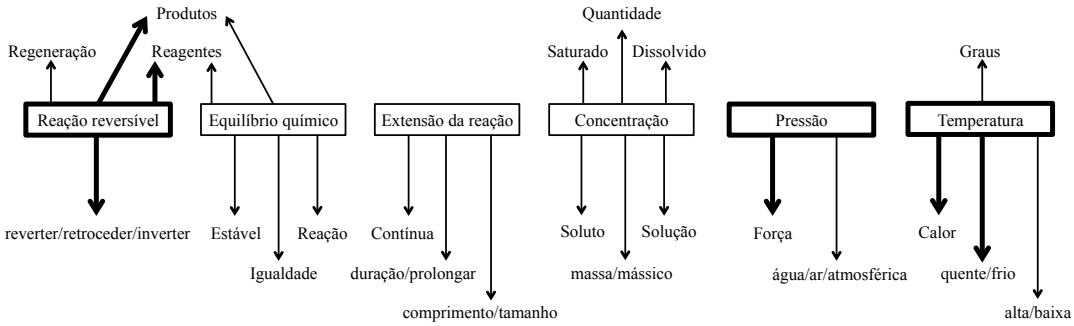
Intervalo de frequência	Mapa
6≤f≤8	
3≤f≤5	

Figura 5.1 – Mapa das estruturas cognitivas dos alunos referentes ao pré-teste.

No que respeita às estruturas cognitivas dos alunos antes do início do estudo, observa-se na Figura 5.1 dois níveis de associação, nas faixas de frequência de $6 \leq f \leq 8$ e $3 \leq f \leq 5$, sendo ambos caracterizados pela existência de ilhas isoladas.

No nível de associação mais forte das estruturas cognitivas dos alunos, na faixa de frequência de $6 \leq f \leq 8$, surgem apenas três palavras estímulo: "reação reversível", "pressão" e "temperatura". Neste nível, as setas são mais largas, o que indica que as associações são fortes.

A "reação reversível" os alunos associaram as palavras resposta: "reagentes", "produtos", e "reverter/retroceder/inverter". As palavras "reagentes" e "produtos" são naturalmente utilizadas no contexto da reação química e das transformações de reagentes em produtos e produtos em reagentes conforme se constata por algumas frases dos alunos: "Uma reação reversível é uma reação que com determinado processo consegue converter os produtos novamente em reagentes" e "Iremos retroceder aos elementos químicos (aos reagentes) que deram origem a estes produtos, porque esta é uma reação reversível". Quanto às palavras resposta "reverter/retroceder/inverter", dificilmente se pode concluir que os alunos compreendem o significado de "reação reversível" uma vez que, ou não escrevem

nenhuma frase para as palavras resposta, ou apresentam frases que indiciam uma tentativa de adivinhar o significado da palavra estímulo como: "Uma reação reversível é uma reação que se pode reverter" e "Uma reação reversível é onde se pode inverter o sentido da reação".

Quanto à palavra estímulo "pressão" a maioria dos alunos associa ao conceito de força, devido às aprendizagens realizadas em anos anteriores, ainda que alguns alunos revelem um conhecimento mais consistente referindo que "A pressão é uma força exercida sobre uma determinada área definida" e "A pressão é uma força distribuída numa determinada área", e outros alunos revelem um conhecimento vago indicando apenas que a pressão "é uma força exercida sobre algo" e "Pressão é uma força".

À palavra estímulo "temperatura" os alunos associaram as palavras "quente/frio" e "calor", algumas vezes relacionadas com a sua vivência e experiências do quotidiano como revelado nas frases "Sinto que a temperatura está alta, quantos graus será que está a fazer?" e "Se a temperatura for elevada/pequena, pode-se sentir quente ou frio", outras vezes associado a aprendizagens prévias, nomeadamente relacionado com reações químicas, como se depreende pelas frases "Alguns elementos químicos reagem melhor em temperaturas baixas como em temperaturas altas" e "A temperatura pode ser uma fator essencial para que seja possível várias reações químicas ocorrerem". Quanto à palavra resposta "calor", que surge também associada à palavra estímulo "temperatura" neste nível de frequência, depreende-se que os alunos não compreendem bem o conceito de calor e a sua relação com a temperatura pois expressam-se de uma forma ambígua transmitindo a ideia de usarem a palavra "calor" como sinónimo de "quente" como na frase "A temperatura é os graus de temperatura que existe num determinado espaço, determinando o calor ou o frio" ou, noutro caso, um aluno afirma que "Temperatura é energia na forma de calor".

No intervalo de frequências abaixo, $3 \leq f \leq 5$, surgem todas as palavras estímulo, constituindo este um nível de associação entre palavras mais fraco, nas estruturas cognitivas dos alunos, sendo por isso as ligações representadas por setas mais finas.

A "reação reversível" surge, neste intervalo de frequências, uma nova palavra resposta "regeneração", associada à ideia de haver reação no sentido de formação de produtos e reação no sentido de formação de reagentes (regeneração), a partir dos produtos. Algumas frases apresentadas pelos alunos sugerem que estes (poucos alunos) concebem a possibilidade de ocorrer em simultâneo a reação direta e inversa, ainda que o expressem por outras palavras, como nas frases: "*Ao mesmo tempo* que se formam os produtos, os reagentes sofrem regeneração, dando-se o nome de reação reversível" e "Uma reação reversível é uma reação na qual os reagentes se transformam em produtos e *enquanto os mesmos se formam*, são regenerados os reagentes iniciais". Por outro lado, há alunos cujas frases sugerem que as reações de formação de produtos e "regeneração" dos reagentes não ocorrem em simultâneo mas em momentos distintos e sequenciais: "Numa reação reversível ocorre uma regeneração dos reagentes da reação, ou seja, *depois* de já se terem formado os produtos eles voltam a transformar-se nos reagentes".

Neste intervalo de frequências surgem, pela primeira vez, as palavras estímulo "equilíbrio químico", "extensão da reação" e "concentração". No que respeita ao "equilíbrio químico" os alunos associam o conceito às palavras "igualdade" e "estabilidade" revelando, no entanto, ideias pouco concretas como se verifica nas frases: "Obter um equilíbrio químico é necessário que esteja estável", "Quando algo entra em equilíbrio químico quer dizer que ficou igual a algo, que inicialmente era diferente" e "Quando os químicos se encontram em situações semelhantes diz-se que estão em equilíbrio". Na verdade, fica-se com a ideia que os alunos procuram deduzir o significado da expressão, associando ainda as palavras "reação", "produtos" e "reagentes", falhando, contudo, na assunção que fazem e que revelam nas frases: "Equilíbrio químico atinge-se quando a matéria dos reagentes é igual à matéria dos produtos", "Equilíbrio químico é a situação em que as reações ocorrem de forma a existirem proporções iguais entre reagentes e produtos no fim da reação" e "O equilíbrio químico ocorre quando cada reagente encontra-se na mesma quantidade do produto". Ressalva-se ainda o facto de alguns alunos incluírem nas frases a palavra "reação" não apresentando-a, no entanto, como palavra resposta à palavra estímulo "equilíbrio químico", o que não traduz uma ideia correta da frequência de associação entre estes conceitos. Na verdade, analisando as frases dos alunos é perceptível que muitos deles associam o "equilíbrio químico" a "reação".

Verifica-se também que as palavras estímulo "equilíbrio químico" e "reação reversível" encontram-se associadas entre si através das palavras resposta "reagentes" e "produtos", sendo este o único exemplo de ligação entre palavras estímulo, ainda que indiretamente através de palavras associadas.

A palavra estímulo "concentração" surge também neste intervalo de frequências associada à palavra resposta "solução" e outras palavras relacionadas como "soluto", "dissolvido", "saturado", "quantidade" e "massa/mássico". Pelas frases apresentadas pelos alunos constata-se que estes pretenderam definir o conceito de concentração, ainda que nem sempre utilizem linguagem científica correta: "É a composição quantitativa de um soluto numa solução", "Concentração é a razão entre a massa de um soluto presente num volume de solvente" e "A concentração é a quantidade de matéria num determinado espaço, o soluto". Relativamente à "concentração" constata-se que o conhecimento dos alunos se situa no nível declarativo e não se relaciona de forma alguma com o equilíbrio químico nem com reações químicas.

Relativamente à "extensão da reação" verifica-se uma associação com as palavras "contínua", "duração/prolongar" e "comprimento/tamanho" concluindo-se que os alunos desconhecem e não compreendem o conceito em causa procurando apenas deduzir o seu significado. De facto, dos dezasseis alunos que efetuaram o WAT, seis alunos não escreveram nenhuma frase que relacionasse a palavra estímulo "extensão da reação" às suas palavras resposta, e outros alunos estabeleceram, erradamente, uma relação com o tempo ou com o "tamanho" da reação, não revelando, no entanto, o que entendem por "tamanho" da reação, conforme se verifica pelas frases: "Extensão da reação pode ser o tamanho da reação", "A extensão da reação é uma grandeza que mede a extensão, ou seja, duração da reação", "Uma extensão da reação permite uma reação com tempo alongado" e "As reações podem ser maiores ou menores".

Para a palavra estímulo "pressão" emergem ainda, neste intervalo de frequência, as palavras "ar/água/atmosférico", cuja associação com a "pressão" se deve, provavelmente, a aprendizagens anteriores, nomeadamente na área das ciências naturais, conforme se deduz pelas frases dos alunos: "Existe uma grande pressão atmosférica" e "Há pressão oceânica".

Quanto à palavra estímulo "temperatura" surgem também as palavras resposta "alta/baixa" e "graus" que não se relacionam com a temática do equilíbrio químico, mas antes com conhecimentos do senso comum, como demonstram as frases: "A temperatura é medida em graus", "A temperatura encontra-se elevada" e "Quente – temperatura elevada; Frio – temperatura baixa".

Os resultados do pré-teste revelam a falta de associação direta entre as palavras estímulo, ocorrendo apenas uma ligação entre duas palavras estímulo através de palavras associadas, pelo que se conclui que nas estruturas de conhecimento dos alunos os conceitos não se encontram relacionados entre si. Na verdade, constata-se que algumas palavras estímulo não lhes são familiares e que desconhecem o seu significado, e que a maioria das palavras resposta não têm relação com o estudo do Equilíbrio Químico. Acresce ainda o facto de muitos alunos não apresentarem palavras resposta para algumas palavras estímulo, e não elaborarem frases relacionando as palavras estímulo com as suas palavras resposta. Conclui-se, assim, que a rede da estrutura cognitiva dos alunos e o seu conhecimento nesta área são bastante fracos, o que era expectável dado que se trata de um tema que os alunos, nesta fase, ainda não estudaram.

PÓS-TESTE

O pós-teste foi aplicado na aula seguinte ao término da lecionação do subdomínio indicado.

Apresenta-se no Quadro 5.2 as palavras resposta e respetivas frequências, associadas a cada palavra estímulo. Algumas palavras resposta, por serem sinónimas ou relacionadas, são contabilizadas em conjunto. As palavras resposta que surgem com uma frequência muito baixa ($f<3$), não aparecendo no mapa das estruturas cognitivas dos alunos, são apresentadas conjuntamente na última linha do quadro.

Quadro 5.2 – Frequências de palavras resposta do WAT para o pós-teste.

Palavras resposta	**Palavras estímulo**					
	Reação reversível	**Extensão da reação**	**Equilíbrio químico**	**Concentração**	**Pressão**	**Temperatura**
Produtos	2	5	3	5	1	—
Reagentes	3	4	3	5	1	—
Sentido/reação direta e inversa	11	1	3	1	1	2
Constante de equilíbrio	1	3	2	—	—	7
Velocidade	1	—	10	—	—	—
Conversão	—	4	—	—	—	—
Equilíbrio químico	—	3	—	3	2	1
Concentração	—	1	2	—	5	1
Temperatura	—	—	2	1	—	—
Pressão	—	—	1	2	—	—
Quantidade	—	—	—	6	1	—
Moles	—	—	—	5	—	—
Volume	—	—	—	4	8	—
Força	—	—	—	—	7	—
Espaço	—	—	—	—	6	—
Partículas	—	—	—	—	3	—
Reação endotérmica/exotérmica	—	—	—	—	—	4
Ambiente	—	—	—	—	—	3
Alta/baixa	—	—	—	—	—	3
Outras palavras resposta apresentadas pelos alunos (f<3)						
incompleta, reverter, dois sentidos, direções, inverso, regeneração, contrário, extensão da reação, alteração, troca, medir, comprimento, progressão, aumentar a reação, grandeza, formação, adição/subtração, equilíbrio, estabilidade, sem variação, igualdade, substâncias, soluto, massa, mistura, solvente, razão, moléculas, solução, elementos, ar/atmosférico/água, gases inertes, variação, aumento/diminuição, termómetro, calor/frio, fator, agitação térmica, energia, Le Châtelier						

Apresenta-se na Figura 5.2 o mapa das estruturas cognitivas dos alunos, referente ao pós-teste.

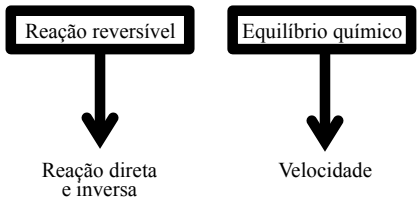
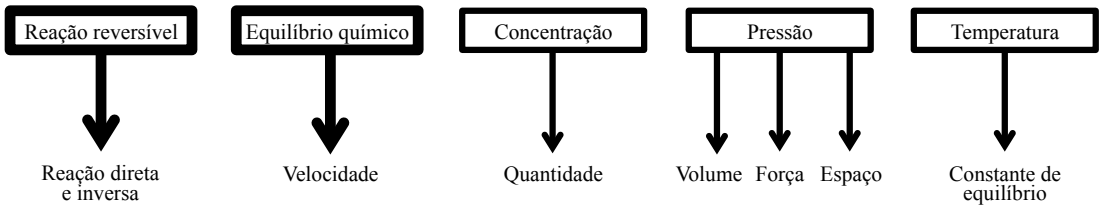
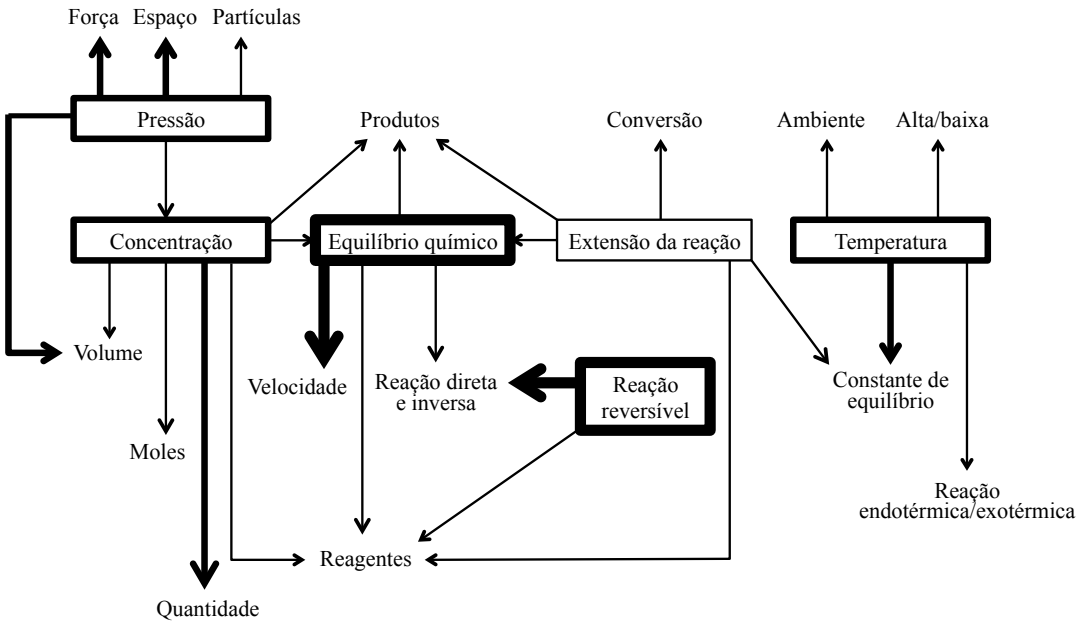
Intervalo de frequência	Mapa
9≤f≤11	
6≤f≤8	
3≤f≤5	

Figura 5.2 – Mapa das estruturas cognitivas dos alunos referentes ao pós-teste.

Na Figura 5.2, referente às estruturas cognitivas dos alunos após a lecionação do equilíbrio químico, há três níveis de associação de palavras, nas faixas de frequência de $9 \leq f \leq 11$, $6 \leq f \leq 8$ e $3 \leq f \leq 5$, sendo os dois níveis referentes às faixas de frequência mais elevadas caracterizados pela existência de ilhas isoladas, em que não se verifica ligação entre as palavras estímulo.

Neste pós-teste surge um nível, numa faixa de frequência mais elevada ($9 \leq f \leq 11$), que não se verificou no pré-teste, aparecendo duas palavras estímulo: "reação reversível" e "equilíbrio químico". Neste nível, as associações entre palavras são mais fortes pelo que as setas são mais largas.

À palavra estímulo "reação reversível" a maioria dos alunos associou "reação direta e inversa". Algumas frases dos alunos revelam a natureza das associações que efetuaram: "Numa reação reversível a reação está a ocorrer no sentido direto mas também no sentido inverso onde os reagentes se vão regenerando", "Uma reação reversível é uma reação incompleta em que dependendo das velocidades, pode dar-se mais no sentido direto ou no sentido inverso (mas sempre com as duas reações a ocorrer)", "Uma reação reversível é uma reação na qual os reagentes formam os produtos e os produtos formam os reagentes" e "Uma reação deste tipo é incompleta, ou seja, os reagentes não reagem na sua totalidade. Estas reações ocorrem em dois sentidos, direto e inverso, formando produtos e regenerando reagentes, respetivamente". Estes exemplos mostram que os alunos compreendem o conceito de reação reversível pois entendem o significado de reação direta e reação inversa bem como o facto da reação ocorrer simultaneamente nos dois sentidos. No entanto, outras frases são ambíguas como "Uma reação reversível é uma reação que pode ocorrer no sentido direto como no sentido inverso" e "Uma reação reversível é uma reação que se pode dirigir em sentido direto e sentido indireto", podendo sugerir que os alunos pensam que, ou a reação ocorre no sentido direto, ou no sentido inverso, mas não em simultâneo nos dois sentidos.

Neste nível surge ainda a palavra estímulo "equilíbrio químico", à qual a maioria dos alunos associou à palavra resposta "velocidade", podendo-se concluir, pelas frases que escreveram, que estes alunos compreendem o conceito em causa: "O equilíbrio químico ocorre quando as velocidades das reações de sentido direto (reagentes formam produtos) e de sentido inverso (produtos formam reagentes) são iguais", "O equilíbrio químico da reação é quando a velocidade das reações inversa e direta se igualam, não sendo observadas alterações macroscópicas" e "O equilíbrio químico dá-se quando a reação direta e inversa têm velocidades iguais".

Na faixa de frequência de $6 \leq f \leq 8$, nas estruturas cognitivas dos alunos a intensidade de associação de palavras é intermédia, pelo que as setas que ligam as

palavras estímulo às palavras resposta que os alunos associam possuem uma espessura intermédia, mais fina que o nível de frequências superior, mas mais larga que o nível de frequências mais baixas. Neste nível surgem, pela primeira vez, as palavras estímulo: "concentração", "pressão" e "temperatura".

A "concentração" alguns alunos associam a palavra "quantidade", procurando estes definir o conceito de uma forma genérica, como revelam as frases que elaboram: "Uma concentração é a quantidade de matéria em um determinado espaço (mol/dm^3)", "É a quantidade de uma determinada substância por unidade de volume da solução" e "A concentração é um indicativo de composição de uma mistura, expressa como sendo a razão entre a quantidade de uma substância, o soluto, dissolvido num solvente".

No que respeita à palavra estímulo "pressão" surgem as palavras resposta "volume", "força" e "espaço", sendo que os alunos não só procuram definir o conceito de "pressão" como tentam, sobretudo, explicar o modo como pode ocorrer a sua variação, conforme se pode constatar pelas seguintes frases: "A pressão é uma força que à medida que esta aumenta os espaços de ar vão desaparecendo e as partículas vão ficando com um espaço para se moverem menor", "A pressão está relacionada com a força que as partículas exercem num determinado espaço e depende do volume", "A diminuição do espaço ou volume afeta a pressão, no caso aumentando. O que também pode aumentar a pressão é a adição de mais elementos" e "A pressão depende do espaço, se existe mais pressão é porque tem menos volume, se existe menos pressão é porque tem mais volume".

Nesta gama de frequências, à palavra estímulo "temperatura" os alunos associam "constante de equilíbrio", sendo evidente pelas suas frases que compreendem a relação entre os dois conceitos, conforme se pode exemplificar: "A temperatura é o único fator que pode mudar o K_c" e "Dos três efeitos, apenas a variação da temperatura irá afetar e alterar a constante de equilíbrio". Neste nível de frequências à palavra estímulo "reação reversível" não surge outra resposta além de "reação direta e inversa", que já aparecia no nível de frequência mais elevado, e à palavra de estímulo "equilíbrio químico", continua a estar associada apenas a resposta "velocidade", conforme se havia também verificado na faixa de frequências mais elevadas.

No nível de associação mais fraco das estruturas cognitivas dos alunos, na faixa de frequência de $3 \leq f \leq 5$, as setas que ligam as palavras estímulo às palavras resposta possuem uma espessura mais fina que nos níveis de frequência acima. Nesta gama de frequência surgem todas as palavras estímulo, aparecendo pela primeira vez "extensão da reação", à qual os alunos associam "equilíbrio químico", "constante de equilíbrio", "conversão", "reagentes" e "produtos". A natureza das associações que os alunos efetuam é revelada pelas frases que elaboram, concluindo-se que a maioria associa a palavra estímulo ao tema estudado, conforme se exemplifica: "A extensão da reação é a conversão dos reagentes nos produtos até atingir o equilíbrio químico", "A extensão da reação está interligada com o equilíbrio químico e a constante de equilíbrio" e "A extensão da reação é o grau de conversão de reagentes em produtos, geralmente dada pela constante de equilíbrio (K_c)".

À palavra estímulo "temperatura" surgem, nesta gama de frequência, associadas novas palavras resposta: "reação endotérmica/exotérmica", "ambiente" e "alta/baixa". De acordo com as frases que os alunos apresentam pode-se inferir que a associação que fazem entre "temperatura" e "reação endotérmica/exotérmica" está perfeitamente enquadrada e adequada ao tema em estudo do equilíbrio químico, conforme se exemplifica: "A temperatura pode ser aumentada ou diminuída, podendo favorecer uma reação no sentido inverso ou direto, consoante esta é exotérmica ou endotérmica", "Dependendo, se a reação é endotérmica ou exotérmica, ao aumentar a temperatura, a constante de equilíbrio aumenta ou diminui, fazendo a reação dirigir-se no sentido direto ou inverso" e "...dependendo se a reação é endotérmica o aumento da temperatura favorece o sentido direto da reação, se for exotérmica o seu aumento favorece o sentido inverso". Quanto às palavras resposta "ambiente" e "alta/baixa", por analogia com as associações que efetuaram no pré-teste, poderia pensar-se que estas palavras resposta estariam relacionadas com experiências do quotidiano, no entanto, as frases dos alunos evidenciam que também essas palavras de resposta estão associadas com o estudo do equilíbrio químico ainda que transmitam ideias e informações pouco rigorosas: "A temperatura é um dos fatores que perturbam o estado de equilíbrio; a variação da temperatura, quer seja ela elevada, baixa ou constante condicionará o sentido da reação" e "A temperatura é a única que altera a constante de equilíbrio, dependendo se a temperatura é elevada, baixa ou se é mesmo à temperatura ambiente".

Neste nível, os alunos associam também a "reação reversível" a palavra resposta "reagentes", sendo perfeitamente perceptível que relacionam a ocorrência da reação direta com a formação de produtos e a reação inversa com a regeneração dos reagentes, conforme se verifica nas frases que escreveram: "Estas reações ocorrem em dois sentidos, direto e inverso, formando produtos e regenerando reagentes, respetivamente" e "Uma reação reversível é uma reação que se dá no sentido direto e inverso, que ao formarem-se produtos regeneram-se os reagentes".

Nesta gama de frequência a "equilíbrio químico" surgem ainda associadas as palavras de resposta "reagentes", "produtos" e "reação direta e inversa" podendo se inferir que os alunos relacionam corretamente os diferentes conceitos pelas frases que escreveram: "Equilíbrio químico é a situação numa reação reversível onde a velocidade de reação dos produtos iguala a velocidade de reação dos reagentes", "No equilíbrio químico não são visíveis variações macroscopicamente e as velocidades de formação de reagentes e de produtos é a mesma" e "É o momento em que a velocidade da reação direta e inversa se igualam".

À palavra estímulo "concentração", além da palavra "quantidade", alguns alunos associam as palavras "volume", "moles", "reagentes", "produtos" e "equilíbrio químico". Analisando as frases apresentadas entende-se que alguns alunos já integram nas suas estruturas cognitivas a ideia da "concentração" ser um conceito importante associado não só a soluções de uma forma genérica, mas a misturas e soluções que reagem, ou seja, à composição quantitativa de um sistema reacional e relação com o equilíbrio químico: "A concentração, tanto de produtos como de reagentes, pode alterar o equilíbrio químico", "A concentração é nos dada pelo número de moles de uma substância em função do volume total (volume de solução). O aumento ou diminuição da concentração de reagentes ou produtos vai ter efeito e vai afetar o equilíbrio químico, afetando o sentido da reação" e "A concentração de uma substância pode ser alterada através da pressão e da temperatura, alterando assim o equilíbrio químico".

Para a palavra estímulo "pressão" surgem duas novas palavras resposta: "concentração" e "partículas". Algumas das frases escritas pelo alunos revelam a relação que estes estabelecem entre as palavras: "A pressão pode variar com o volume ou concentração das substâncias, podendo ainda favorecer uma reação

reversível incompleta no sentido direto e inverso", "A pressão depende sempre do espaço, se o volume muda, a pressão também, se a concentração muda, fica com mais ou menos espaço" e "Com a diminuição do volume, as partículas ficam mais juntas aumentando a pressão. Outra forma de diminuir os espaço entre as partículas é aumentar a quantidade destas". Dos exemplos apresentados pode-se concluir que os alunos estabelecem uma relação entre a pressão e o equilíbrio químico através da palavra estímulo "concentração".

Da análise dos dados do pós-teste é inevitável observar-se que, com frequência, os alunos, indicam palavras resposta que não incluem nas frases que escrevem, ficando por esclarecer a natureza das relações que estabelecem, e que, muitas vezes, as frases mostram que os alunos estabelecem mais relações entre conceitos do que transparece pelas palavras resposta que indicam, não sendo estas associações depois reveladas no mapa das estruturas cognitivas. Apresenta-se no Quadro 5.3 exemplos de algumas destas situações referentes a diferentes palavras estímulo.

Quadro 5.3 – Exemplos de palavras resposta e frases associadas a palavras estímulo, no pós-teste.

Palavras estímulo	**Palavras resposta**	**Frases**
Equilíbrio químico	velocidades iguais	O equilíbrio químico dá-se quando a **reação direta** e **inversa** têm velocidades iguais**.**
Equilíbrio químico	equilíbrio	Equilíbrio químico é a situação numa **reação reversível**, onde a **velocidade** de reação dos **produtos** iguala a velocidade de reação dos **reagentes**.
Equilíbrio químico	constante; velocidade das reações	O equilíbrio químico da reação é quando a velocidade das reações **inversa** e **direta** se igualam, não sendo observadas alterações macroscópicas.
Equilíbrio químico	constante de equilíbrio; velocidade; sentido direto; sentido inverso; reagentes; produtos	O equilíbrio químico ocorre quando as velocidades das reações de sentido direto (reagentes formam produtos) e de sentido inverso (produtos formam reagentes) são iguais. Neste momento, temos uma constante de equilíbrio, K_c.
Concentração	quantidade	A concentração é igual quando se atinge o **equilíbrio químico**.
Temperatura	–	A temperatura altera a **constante de equilíbrio**.

Nas frases apresentadas, sublinham-se as palavras (resposta) que os alunos associaram às palavras estímulo e destaca-se a negrito as palavras relacionadas com o tema do equilíbrio químico que os alunos não indicaram como palavras resposta. Da análise do Quadro 5.3 pode-se constatar, pelas frases dos alunos, que estes associam a palavra estímulo a outros conceitos relacionados com o equilíbrio químico sem, no entanto, indicá-los como palavras resposta, mas também indicam palavras resposta que não incluem nas frases que escrevem. Apresenta-se, em contraste, o exemplo de um aluno que indicou para a palavra estímulo diversas palavras resposta, relacionadas com o tema estudado, tendo a frase que escreveu relacionado todas estas palavras com a palavra estímulo sem associar outras palavras relevantes ou conceitos.

Comparando os resultados do pré-teste e pós-teste do WAT observa-se que o primeiro apresenta dois níveis de frequência de respostas, enquanto o segundo apresenta três níveis. O nível na faixa de frequência de $9 \leq f \leq 11$ surge apenas no pós-teste, com duas palavras estímulo, cada uma associada apenas a uma palavra resposta. Na faixa de frequência de $6 \leq f \leq 8$, no pré-teste surgem três palavras estímulo em ilhas isoladas, enquanto no pós-teste surgem já cinco palavras estímulo, embora também em ilhas isoladas. Em ambos os testes, as seis palavras estímulo surgem na faixa de frequência de $3 \leq f \leq 5$, que constitui o nível de frequência mais baixo. No entanto, no caso do pré-teste verifica-se uma organização estática dos conceitos, na qual as palavras resposta são associadas, de um modo geral, a apenas uma palavra estímulo, não havendo também qualquer associação direta entre as palavras estímulo. Observa-se, assim, a existência de cinco ilhas isoladas, sendo que apenas duas palavras estímulo encontra-se relacionadas através de palavras associadas. A análise das frases escritas e relação entre as associações que efetuaram entre as palavras sugere um baixo desenvolvimento cognitivo dos alunos, em que as palavras resposta possuem muito pouca, ou nenhuma relação com o tema do equilíbrio químico. No pós-teste observa-se, nesta mesma faixa de frequência, a existência de uma rede única, sem ilhas isoladas, onde todas as palavras estímulo se encontram ligadas diretamente ou através de palavras associadas. Verifica-se ainda novas associações entre palavras estímulo e palavras resposta, observando que as palavras resposta, na sua grande maioria, se relacionam com o equilíbrio químico, conforme se confirma pelas frases que os alunos apresentam.

Neste nível, as estruturas cognitivas dos alunos revelam-se mais desenvolvidas, complexas, e ricas, sugerindo a ocorrência de organização conceitual como resultado do processo de aprendizagem.

DIFICULDADES SENTIDAS PELOS ALUNOS NA UTILIZAÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES MÚLTIPLAS NO ESTUDO DO EQUILÍBRIO QUÍMICO

Para dar resposta à segunda questão orientadora, referente às dificuldades que os alunos sentem na utilização das representações múltiplas, no estudo do equilíbrio químico, nesta secção analisam-se os dados resultantes da realização das tarefas em sala de aula, obtidos através dos registos escritos dos alunos e notas de campo da professora. Assim, foram identificadas duas categorias de análise: modos de representação e transição entre representações.

MODOS DE REPRESENTAÇÃO

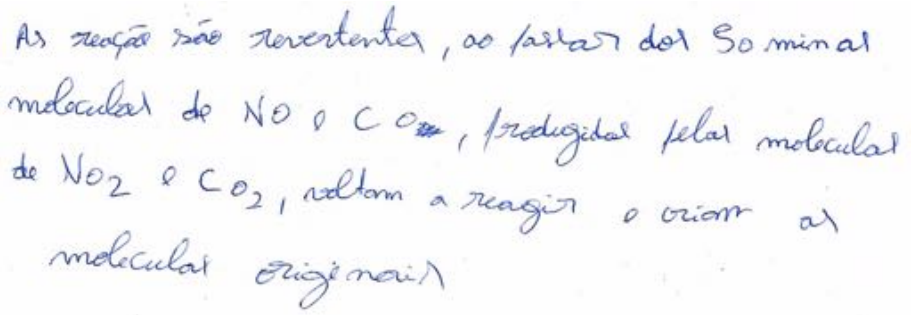
Nesta categoria, da análise e codificação dos dados recolhidos, optou-se por formar subcategorias correspondentes aos diferentes modos de representação envolvidos nas tarefas. Assim, apresentam-se evidências das dificuldades que os alunos sentiram nos seguintes modos de representação: verbal, visual e simbólico.

Representação Verbal

As dificuldades que os alunos revelam no uso da representação verbal, manifestam-se na utilização da linguagem científica, e na compreensão e expressão escrita.

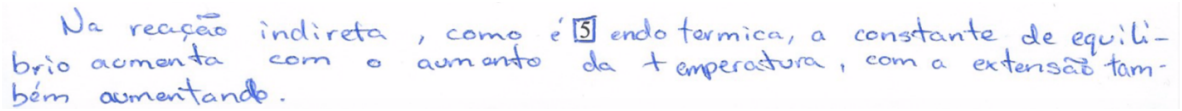
No que respeita à utilização da linguagem científica, as dificuldades detetadas relacionam-se com a terminologia científica e novos vocábulos que são introduzidos, com os quais os alunos demoram algum tempo até estarem familiarizados e com a falta de consolidação das aprendizagens de conceitos e termos científicos em anos anteriores.

As dificuldades na utilização de novos vocábulos são constatadas nas respostas de alguns alunos às tarefas. Na tarefa 1 é introduzido o conceito de "reação reversível" tendo-se detetado na resposta à tarefa a utilização, por parte dos alunos de um grupo, de reações "revertentes". Além de não utilizarem o termo apropriado, "reversível", referem-se ainda à reação em causa no plural, muito provavelmente devido ao facto de se ter dado ênfase à ocorrência simultânea da reação direta (formação de produtos) e inversa (regeneração de reagentes). No entanto, em Química utiliza-se, para uma dada reação incompleta e reversível, a expressão "reação reversível", tendo sido este o termo usado nas aulas e utilizado nos manuais da disciplina.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 3, grupo V)

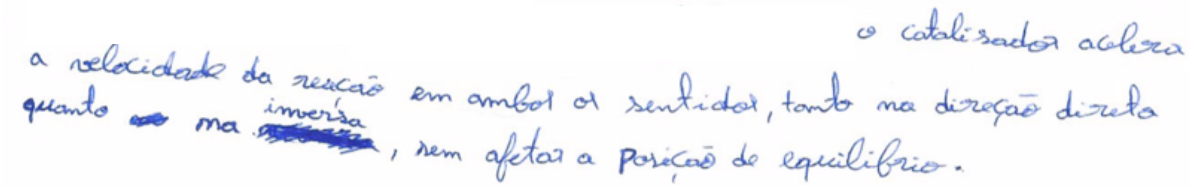
Também a utilização da terminologia "reação direta", "reação inversa", "sentido direto" e "sentido inverso" resultou em dificuldades diversas, constatadas em sala de aula e observadas em respostas de alunos. De facto, nas notas de campo da professora há registo de "alguns alunos referem-se, por vezes, à reação inversa como reação *indireta*. Saliento sempre que se designa por reação inversa, mas um aluno justificou que se não era reação direta então era indireta". Apesar da utilização frequente dos termos em aula, um grupo de alunos ainda utilizou a expressão "reação indireta" na resposta a uma questão.



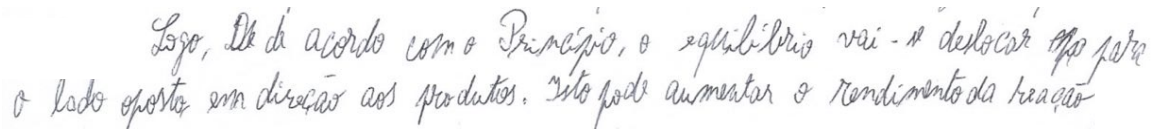
(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 7, grupo V)

É patente também, em algumas respostas de alunos, a utilização indiferenciada de "sentido" e "direção", utilizando as duas palavras como se fossem sinónimos. Esta é uma dificuldade que já se observava em Física, no estudo do movimento, e deve-se, muito provavelmente, ao facto de se utilizarem os dois termos no quotidiano atribuindo-lhes o mesmo significado.

Apresentam-se, abaixo, dois exemplos em que os alunos referem "tanto na *direção* direta quanto na inversa", referindo-se ao sentido da reação, e "o equilíbrio vai-se deslocar para o lado oposto em *direção* aos produtos", quando se referem ao sentido direto da reação, formação de produtos.

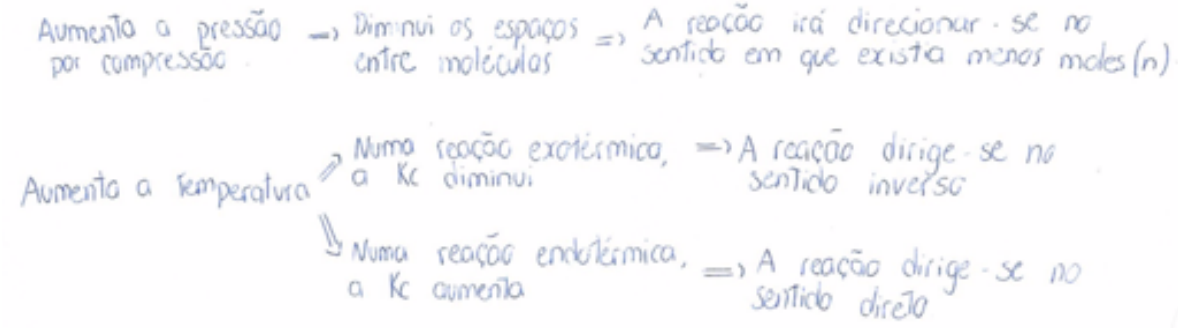


(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 6, grupo V)



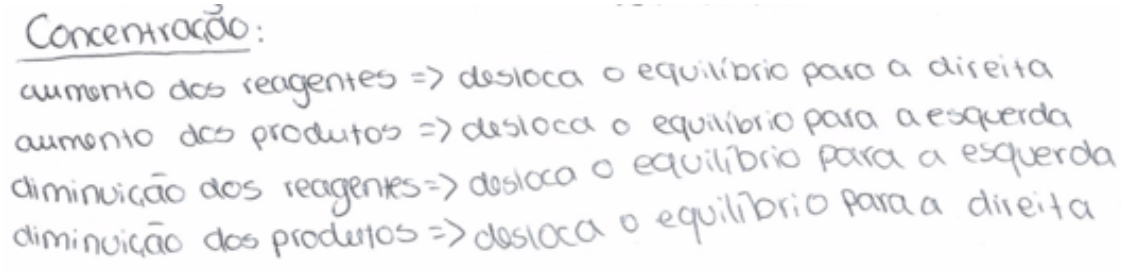
(Registo escrito dos alunos, Tarefa 5, Questão 5.3, grupo V)

Ainda em relação à palavra "direção", neste contexto do estudo das reações reversíveis e equilíbrio químico, também surgiu a sua utilização indevida, conforme evidenciado no registo abaixo apresentado. Um grupo de alunos indicou que "A reação irá *direcionar-se*..." e "A reação *dirige-se*...", deduzindo-se o significado de "seguir uma direção", em vez das expressões mais adequadas "evoluir" ou "progredir", que foram as utilizadas em aula.



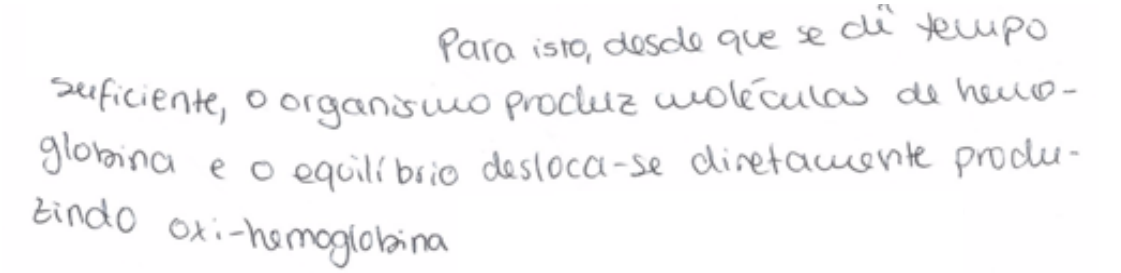
(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 1, grupo II)

Surgiram ainda outras formas para designar "sentido direto" e "sentido inverso" da reação como, respetivamente, o "lado direito" e o "lado esquerdo". Esta terminologia que os alunos utilizaram pode estar associada à relação que estabelecem com o nível simbólico de representação de uma reação química através da sua equação, em que do lado esquerdo da equação constam os reagentes, e do lado direito os produtos de reação.


Concentração:
aumento dos reagentes => desloca o equilíbrio para a direita
aumento dos produtos => desloca o equilíbrio para a esquerda
diminuição dos reagentes => desloca o equilíbrio para a esquerda
diminuição dos produtos => desloca o equilíbrio para a direita

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 1, grupo III)

No excerto abaixo apresentado, verificou-se ainda a utilização inadequada da expressão "o equilíbrio desloca-se diretamente" em vez de "desloca-se no sentido direto".


Para isto, desde que se dê tempo suficiente, o organismo produz moléculas de hemoglobina e o equilíbrio desloca-se diretamente produzindo oxi-hemoglobina

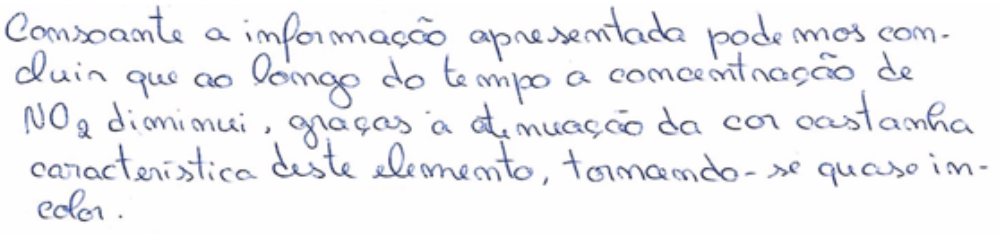
(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 4, grupo III)

Em relação ao estudo dos fatores que alteram o equilíbrio químico, referente à tarefa 3, a professora constatou em sala de aula e registou nas suas notas de campo "...na análise do texto introdutório, discussão coletiva das ideias centrais do texto e clarificação de alguns termos utilizados, houve alunos a mencionarem a perturbação do equilíbrio químico como a ocorrência de um *desequilíbrio*...". Apesar da professora realçar a importância do uso correto da linguagem científica, reforçando o uso dos novos vocábulos, verificou-se na resposta a uma questão o uso indevido da expressão "*desequilíbrio*" para referir a perturbação do equilíbrio químico.

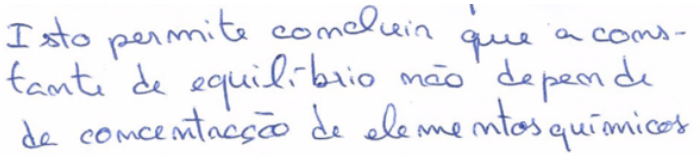


(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 2, grupo V)

As dificuldades na utilização de terminologia científica, relativamente a termos estudados em anos anteriores, foram também observadas com o uso indevido de "elementos químicos" em contextos em que os alunos pretendiam referir "substâncias", conforme os excertos abaixo apresentados. No primeiro exemplo os alunos referem-se ao NO_2 como elemento (químico), e no segundo exemplo referem-se aos reagentes e produtos, no caso concreto da tarefa eram compostos moleculares, como elementos químicos.

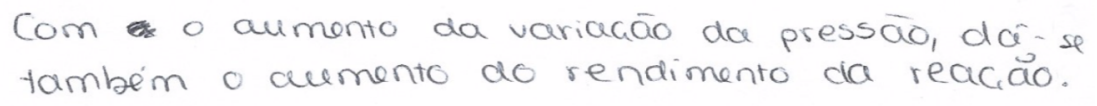


(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 1, grupo I)



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 4, grupo I)

As dificuldades na utilização da linguagem científica são mescladas, por vezes, com dificuldades linguísticas num sentido mais amplo, o que se repercute na compreensão e comunicação de ideias. No exemplo seguinte os alunos pretendem explicar como é que a variação da pressão afeta o rendimento de uma reação e, em vez de indicarem que o aumento da pressão origina o aumento do rendimento da reação, referem que "Com o *aumento da variação* da pressão, dá-se também o aumento do rendimento da reação" quando não seria exatamente isso que os alunos pretendiam transmitir, conforme se confirma pela representação gráfica que elaboraram e que se irá analisar adiante nas representações visuais.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 5, Questão 2, grupo III)

No que respeita ainda à representação verbal foram detetadas dificuldades na compreensão e expressão escrita, que se revelaram essencialmente na interpretação de textos e processamento da informação, e produção de textos na resposta às tarefas.

Nas notas de campo, a professora faz a seguinte reflexão acerca das dificuldades dos alunos:

> Após a leitura conjunta do texto de introdução da tarefa, quando solicitados a identificar as ideias principais do mesmo, os alunos tentaram resumir o texto mas não conseguiram reconhecer as ideias mais relevantes. Solicitei, por isso, que relessem o texto individualmente, em silêncio, e coloquei a mesma questão. Recebi respostas semelhantes às iniciais e apenas quando questionei qual a conclusão do texto, alguns alunos identificaram como ideia central a caracterização quantitativa do equilíbrio químico.
>
> *(Notas de campo da professora, Tarefa 2)*

A interpretação de textos constituiu, de facto, uma dificuldade que se revelou noutras tarefas. Relativamente à leitura e análise do texto introdutório de outra tarefa a professora anotou as seguintes ideias:

> Quando questionados acerca da ideia principal do texto a maioria dos alunos entendeu que este se focava no rendimento ou extensão da reação. Apenas após alguns minutos de discussão coletiva, que se prolongaram mais do que o previsto, e em resposta a questões orientadas, alguns alunos relacionaram o título da tarefa "Fatores que alteram o equilíbrio químico" com o texto e apontaram como ideia principal do texto a utilidade de conhecer os fatores que podem alterar o estado de equilíbrio de uma reação química. A compreensão de que a variação das condições experimentais *possa* alterar o equilíbrio químico, não sendo garantido que ocorra *sempre* perturbação do mesmo, também não foi imediata, apesar do texto ser explícito nesse aspeto.
>
> *(Notas de campo da professora, Tarefa 3)*

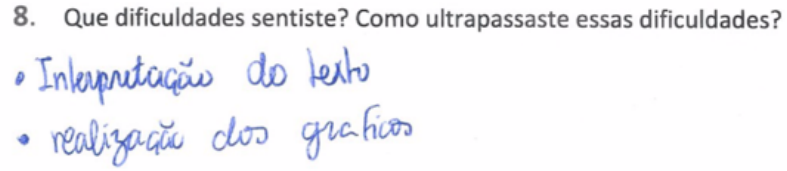
Na mesma tarefa 3, apresentava-se em anexo um conjunto de informações e dados que os alunos deveriam analisar e, a partir destes, planear uma atividade laboratorial que permitisse testar os fatores que podem perturbar o equilíbrio químico. A professora constatou uma dificuldade generalizada, entre os alunos, em compreender e integrar a informação, atribuindo-lhe um sentido:

> Os alunos tiveram dificuldade em compreender a relevância das informações fornecidas em anexo para identificar as reações químicas que podiam usar para testar as suas hipóteses, nomeadamente: a relevância da informação das cores das substâncias (em solução aquosa ou gasosas), informação sobre a reação ser reversível, e a relevância de ser endotérmica ou exotérmica.
>
> *(Notas de campo da professora, Tarefa 3)*

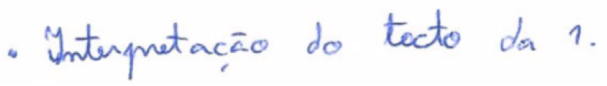
Alguns alunos, nas reflexões que fazem no fim das tarefas, demonstram estar conscientes das suas dificuldades na interpretação de textos e de enunciados, como se demonstra nos seguintes excertos:



(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 1)



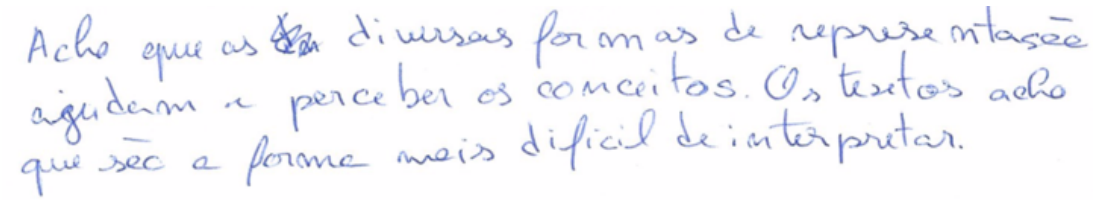
(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 2)



(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 2)



(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 2)



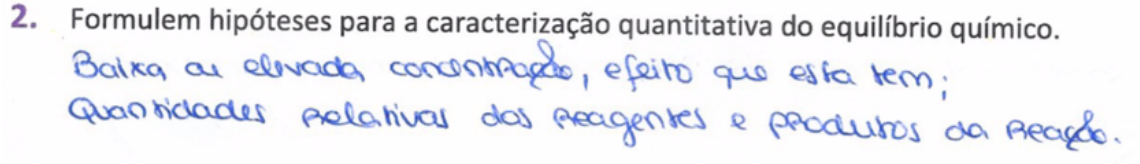
(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 4)

A expressão escrita constitui também, para os alunos, um desafio na utilização da representação verbal, revelando-se as suas dificuldades na produção de textos em resposta às tarefas. As notas de campo da professora referem precisamente essa dificuldade:

> Os alunos, mesmo após compreenderem uma questão, têm dificuldade em responder, mostrando-se indecisos e inseguros quanto à organização das ideias e forma de as transmitir. Muitas vezes, redigem primeiro a resposta a lápis para depois "passar a limpo" demorando consideravelmente mais tempo na redação da resposta do que na análise, compreensão da questão e elementos da resposta.

(Notas de campo da professora, Tarefa 4)

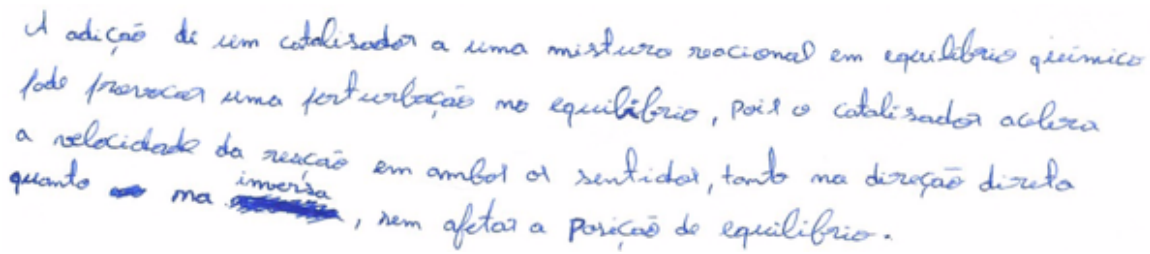
As dificuldades de expressão escrita dos alunos, em alguns casos, dificultaram a compreensão das suas respostas, mas noutros casos não foi mesmo possível entender o que pretendiam transmitir. No exemplo que abaixo se apresenta os alunos não escreveram frases, não sendo a sua resposta minimamente clara:



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 4, grupo III)

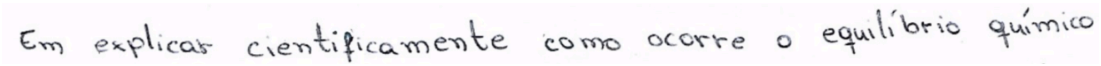
No exemplo seguinte constata-se também dificuldade na expressão escrita em que a explicação que os alunos apresentaram contraria a sua conclusão. Tal pode dever-se a uma compreensão deficiente de conceitos e os alunos não entenderem que entraram em contradição. No entanto, é notório também que a explicação

apresentada, e que sustenta a conclusão, é incompleta e pouco esclarecedora pois indicam que "o catalisador acelera a velocidade da reação em ambos os sentidos, tanto na direção direta quanto na inversa...", mas não referem que esse aumento da velocidade ocorre na mesma proporção na reação direta e inversa, informação que é fundamental para entender que o equilíbrio químico não é perturbado e responder à questão.

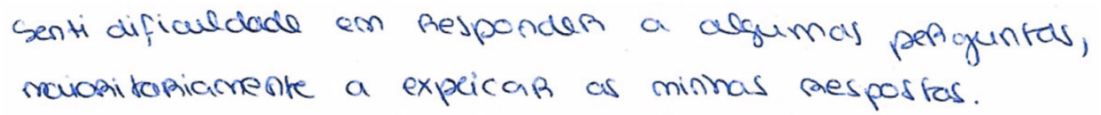


(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 6, grupo V)

Estas dificuldades são também reconhecidas pelos alunos nas reflexões que fazem no fim das tarefas, como se constata nos exemplos seguintes:



(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 1)



(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 1)



(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 1)



(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 1)



(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 2)

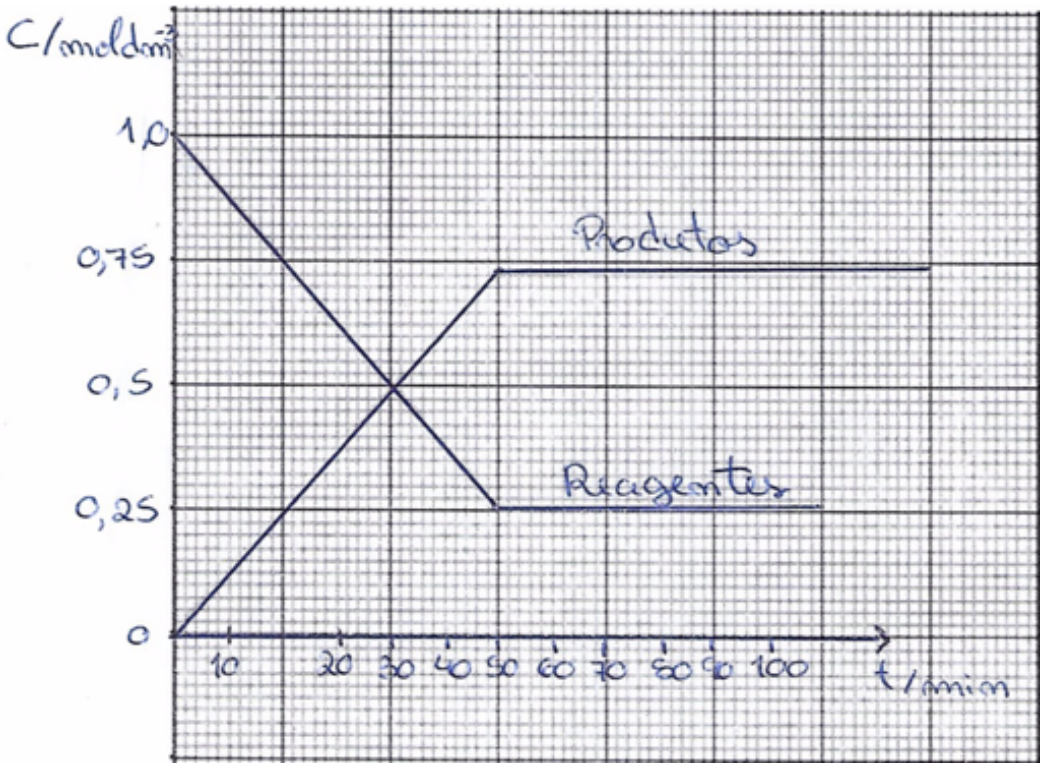
Os registos escritos dos alunos e notas de campo da professora apresentados evidenciam as dificuldades dos alunos na utilização da representação verbal, não se esgotando nos exemplos apresentados. Conclui-se que o maior desafio neste campo constitui a utilização da linguagem científica, e a compreensão e expressão escrita.

Representação Visual

Na representação visual destacam-se as dificuldades relacionadas com a interpretação e construção de gráficos, organização de dados, elaboração de esquemas ou fluxogramas, interpretação/compreensão de animações gráficas e representação pictórica de reações (à escala molecular).

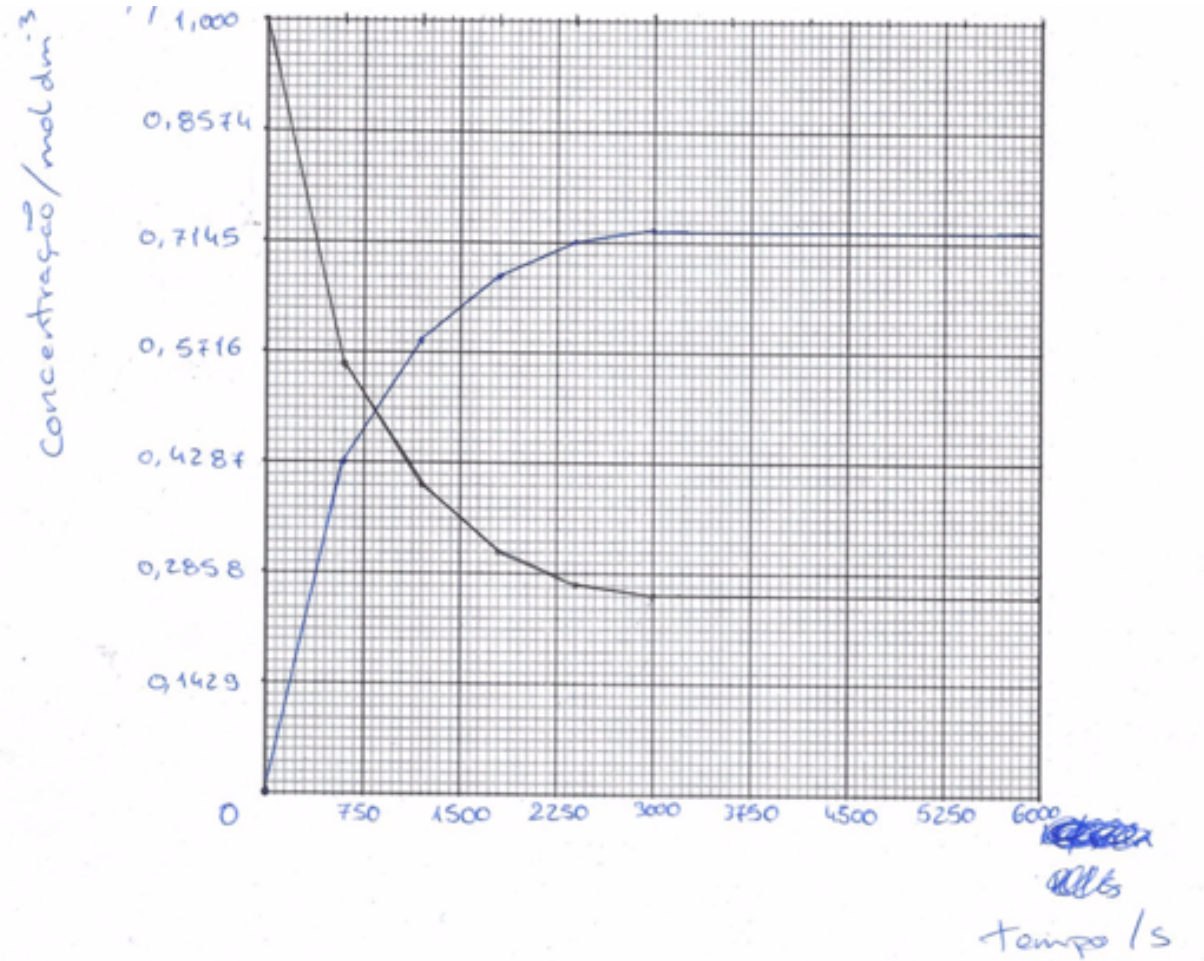
Em quatro das cinco tarefas apresentadas aos alunos era lhes solicitado a construção de gráficos, tendo-se detetado diversas dificuldades relacionadas com a identificação das variáveis associadas a cada eixo, escala, legenda, e apresentação dos dados.

As dificuldades na definição da escala são constatadas em alguns gráficos. No exemplo abaixo esta dificuldade é bastante evidente na medida em que os alunos, no eixo das abcissas, utilizam uma escala de 0 a 20 minutos, e de 20 a 100 minutos utilizam outra escala diferente. Assim, ao traçar o gráfico, os alunos assinalam apenas os pontos nos 0 minutos e a partir dos 50 minutos, traçando retas entre estes pontos, pelo que o gráfico transmite uma ideia errada da variação da concentração dos reagentes e produtos da reação desde o início até alcançar o equilíbrio químico.



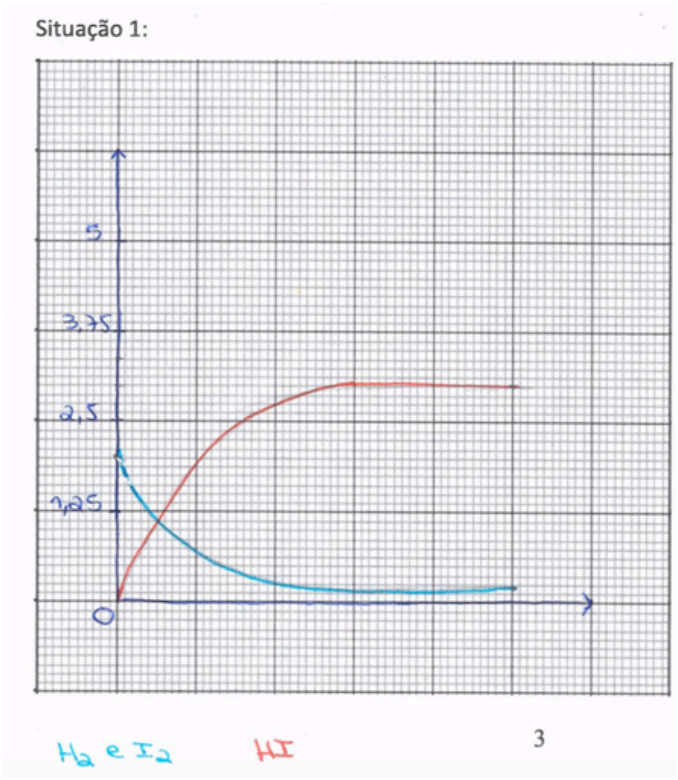
(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 2, grupo I)

No exemplo seguinte constata-se outra dificuldade com um dos grupos de trabalho, em que os alunos não identificaram os reagentes e produtos nas linhas traçadas, através de legendas ou outro meio. Neste caso, observa-se também alguma dificuldade com a definição da escala, pois os alunos optaram por ocupar a totalidade do papel milimétrico disponibilizado. Assim, usaram uma escala no eixo das ordenadas (concentração) em que os valores ao longo do eixo dificultam bastante a marcação e leitura dos pontos no gráfico. Ressalva-se, no entanto, que tal não resultou em erros na marcação dos pontos e traçado do gráfico.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 2, grupo V)

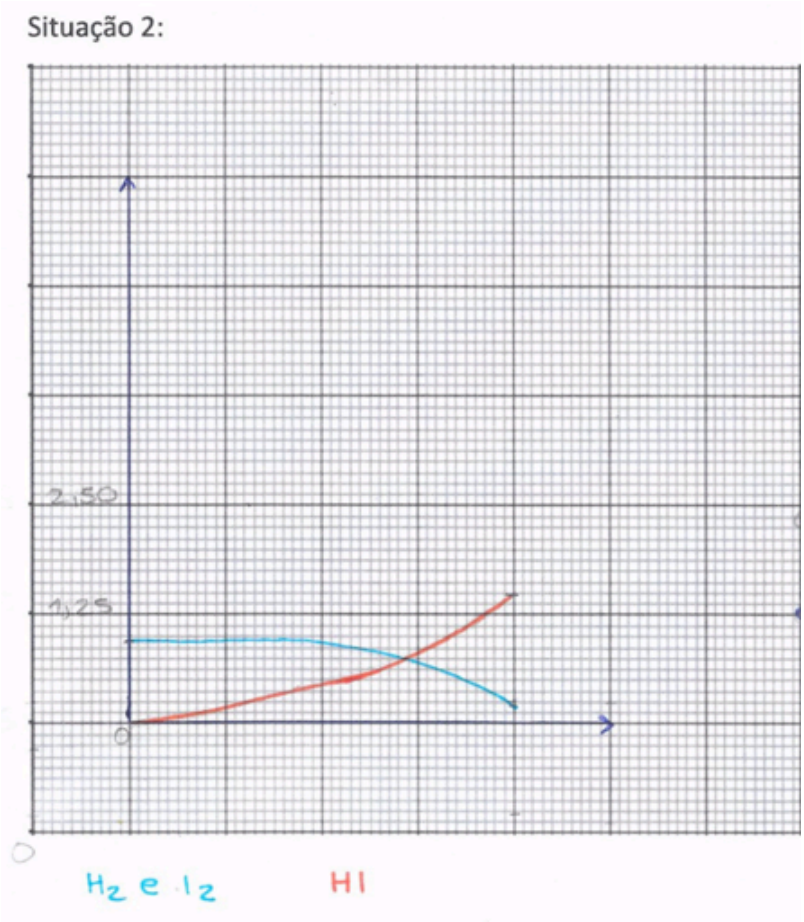
Observou-se também, num grupo de trabalho, que os alunos não identificaram as grandezas e respetivas unidades representadas nos eixos das abcissas e ordenadas (situação 1).



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 5, grupo IV)

O mesmo grupo de trabalho evidenciou, no mesmo exercício, outra dificuldade na construção de um gráfico semelhante (situação 2). No exemplo seguinte é possível perceber que um aluno diferente dá continuidade ao trabalho do colega apresentando o esboço de um gráfico em que a evolução das concentrações dos produtos/reagentes ao longo do tempo seguem uma tendência crescente/decrescente, respetivamente, sem tendência para estabilizar num valor constante, como ocorre no equilíbrio químico. Neste caso, o aluno marcou os pontos com os valores de concentração no início da reação e no equilíbrio, pois eram os únicos valores de que dispunha para traçar o gráfico, mas ao unir os pontos esboçou linhas que não traduzem corretamente a evolução das concentrações, em reações incompletas e reversíveis, ao longo do tempo até atingirem o equilíbrio químico. A variação das concentrações ao longo do tempo devia diminuir até se tornar nula, momento em que as concentrações se mantinham constantes e a reação atingia o equilíbrio químico. Observa-se no exemplo apresentado, que a variação das concentrações vai aumentando, e que se as curvas fossem prolongadas, os valores de concentração não iriam estabilizar num valor constante, o que implica que a reação não evolui no sentido de atingir o equilíbrio químico.

Este exemplo revela a dificuldade que alguns alunos têm em interpretar, integrar e compreender a informação traduzida pelos gráficos. É notório que, no esboço traçado, a concentração de H_2 e I_2 mantem-se constante até determinado momento no tempo enquanto a concentração de HI vai aumentando, o que não seria possível pois o HI forma-se por reação entre o H_2 e I_2, se há aumento da concentração do produto tem que haver em simultâneo diminuição da concentração dos reagentes.

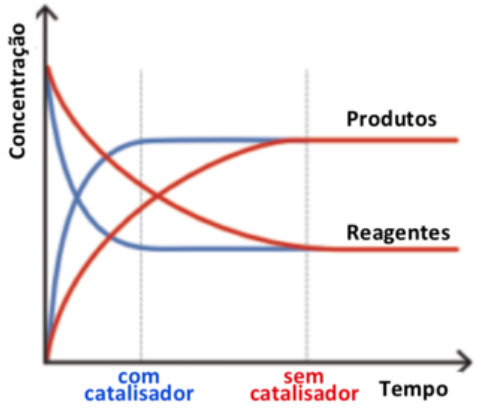


(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 5, grupo IV)

Outro exemplo de dificuldade na interpretação de gráficos surgiu com a figura a seguir apresentada. O gráfico concentração-tempo apresentava as concentrações de reagentes e produtos, ao longo do tempo, em reações com catalisador e sem catalisador. As notas de campo da professora descrevem a interpretação que os alunos efetuaram do esboço do gráfico:

Um aluno, ao analisar o gráfico concentração-tempo da figura 5, apontando para a linha vertical a tracejado mais à esquerda (onde está assinalado "com catalisador") perguntou se aquele constituía o momento de adição do catalisador. Questionei então o que ele pensava ser a linha vertical a tracejado mais à direita (onde está assinalado "sem catalisador"), pois ele não poderia aplicar a mesma lógica nessa situação, e foi um colega de grupo que respondeu que esse era o momento em que as concentrações deixavam de variar e se atingia o equilíbrio químico. Nessa ocasião, então expliquei que o catalisador era adicionado no início da reação. Percorri os diferentes grupos de trabalho para perceber se ocorreu a mesma dúvida com outros alunos, concluindo não haver mais alunos com essa questão. Em geral, os alunos entenderam que as linhas verticais a tracejado assinalavam o instante em que se atingia o equilíbrio químico. No entanto, fiquei a pensar que o gráfico poderia ser melhorado e que colocar as legendas "com catalisador" e "sem catalisador" no eixo do tempo não seria o mais adequado, podendo estas estar, por exemplo, do lado direito do gráfico.

(Notas de campo da professora, Tarefa 4)



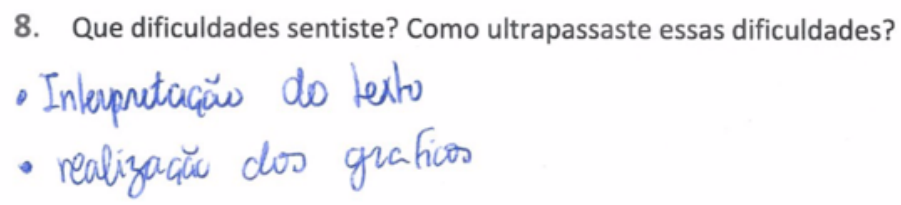
(Tarefa 4, Figura 5)

No que respeita a este gráfico surgiu ainda outra dificuldade de interpretação, conforme as notas da professora descrevem:

Durante a discussão coletiva da questão 6 alguns alunos perguntaram "o que acontecia" quando as linhas da concentração de reagentes e produtos "se cruzavam". Em conjunto, concluímos que nesse instante a concentração de reagentes e produtos era igual. No entanto, houve alunos (poucos) que pensaram que devia haver algum outro significado ou alguma outra implicação. Apesar do debate e de pensar ter ficado esclarecida a questão, pareceu-me que os alunos ficaram pensativos. Posteriormente, lembrei-me que os alunos tivessem tentado estabelecer uma analogia com alguns gráficos posição-tempo analisados na Física, em que corpos distintos que descrevem trajetórias diferentes, encontram-se no mesmo instante no mesmo ponto, portanto cruzam-se, quando as curvas do gráfico se intercetam.

(Notas de campo da professora, Tarefa 4)

As dificuldades na construção e interpretação dos gráficos são também reconhecidas pelos alunos nas reflexões que fazem no fim das tarefas, como se constata nos exemplos seguintes:


8. Que dificuldades sentiste? Como ultrapassaste essas dificuldades?
• Interpretação do texto
• realização dos graficos

(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 2)


Senti algumas dificuldades em ~~interpretar~~ interpretar os graficos

(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 2)

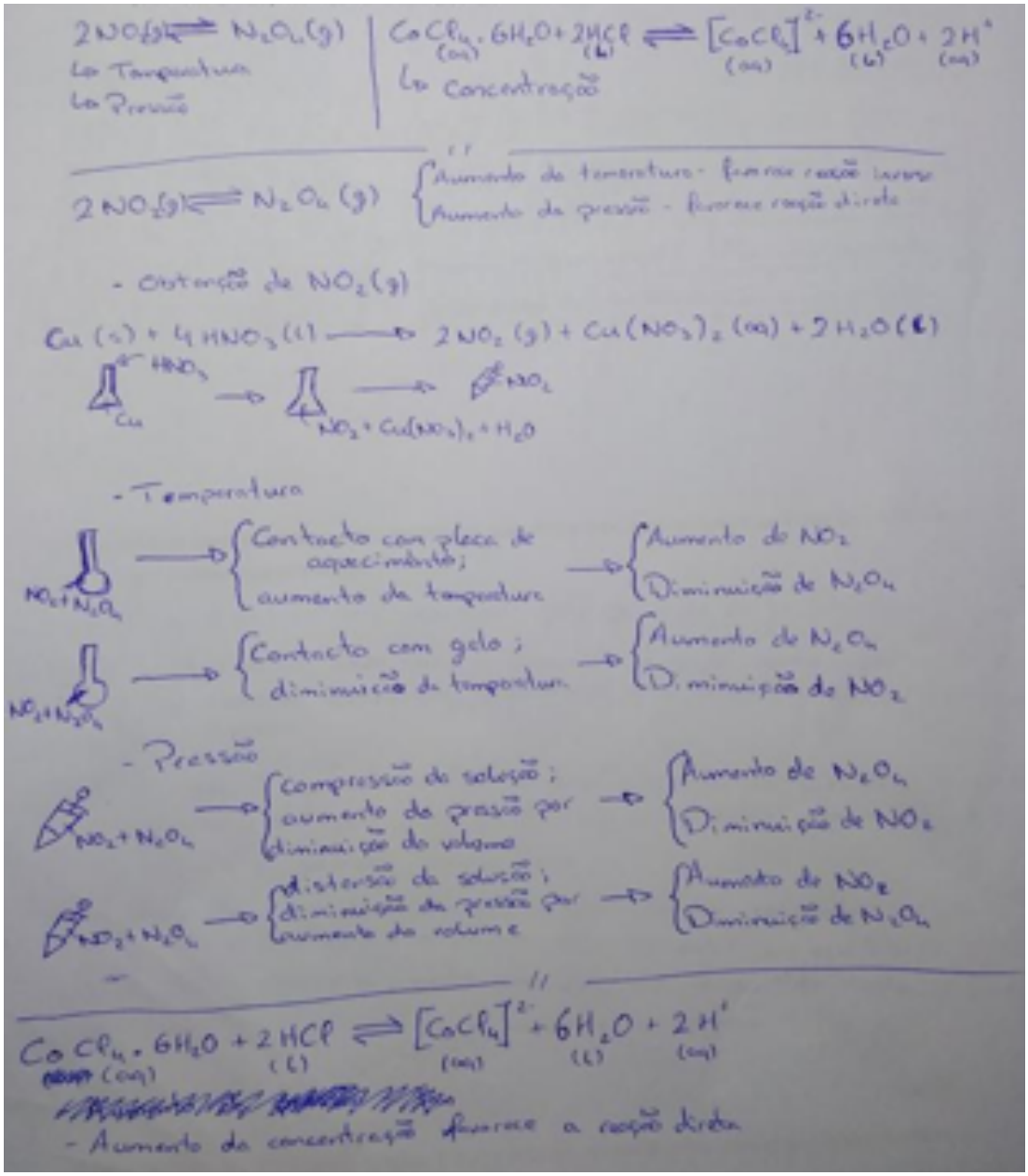

Senti dificuldades, maioritariamente na construção dos gráficos

(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 2)

No que respeita à representação visual, em duas tarefas era solicitado aos alunos que efetuassem esquemas, na terceira tarefa solicitava-se um esquema do procedimento de uma atividade experimental planeada pelos alunos, e na quarta tarefa pedia-se que explicassem o Princípio de Le Châtelier de forma esquemática. Pretendia-se que a elaboração dos esquemas ajudasse os alunos a organizar as suas ideias de forma estruturada e ordenada, facilitando a compreensão das principais ideias ou passos e como se relacionam, num formato fácil de interpretar. Em relação à terceira tarefa as notas da professora descrevem as dificuldades dos alunos na elaboração do esquema solicitado:

> Os alunos tiveram dificuldade em compreender a ideia de apresentar o procedimento experimental de forma esquemática. Desenhei no quadro dois exemplos, um que recorria a símbolos gráficos representando equipamento e material utilizado (tubos de ensaios, gobelés, placa de aquecimento), e outro que consistia num diagrama de blocos. Apesar de entenderem a ideia foram resistentes na elaboração do procedimento, não só porque, segundo entendi, nunca tinham elaborado um procedimento experimental, como não tinham uma ideia clara de como apresentá-lo de forma esquemática.
>
> *(Notas de campo da professora, Tarefa 3)*

De facto, um dos grupos de trabalho não apresentou qualquer esquema de procedimento, revelando-se as dificuldades de outros grupos nos esquemas incompletos ou pouco claros que apresentaram. No exemplo abaixo, os alunos apresentaram um esquema do procedimento para testar o efeito da variação da pressão e temperatura no equilíbrio químico, tendo acrescentado as suas previsões quanto aos resultados, o que não deveria constar do procedimento. Em termos gerais o esquema é inteligível mas podia ser melhorado clarificando algumas etapas, como a recolha do gás NO_2 do erlenmeyer e sua distribuição pelos balões volumétricos. No entanto, como se pode constatar, não apresentaram o procedimento para testar o efeito da variação da concentração.

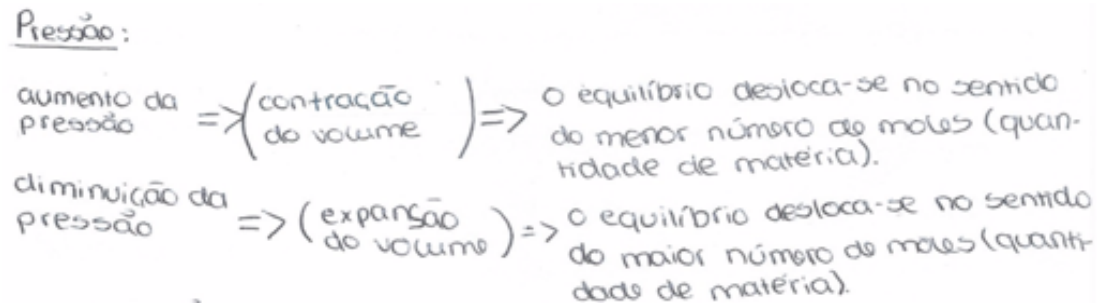


(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 3, grupo V)

Em relação à quarta tarefa, para a apresentação do Princípio de Le Châtelier sob a forma esquemática, a professora registou nas suas notas as seguintes observações:

> Na apresentação do Princípio de Le Châtelier sob a forma esquemática, os alunos ainda tiveram dúvidas sobre como fazer o esquema, mas sugeri um diagrama de blocos e os alunos facilmente recordaram da terceira tarefa o tipo de representação que era pretendido. A maior dificuldade que observei foi a de estabelecerem uma relação lógica entre as partes, em especial no que diz respeito à pressão e sua relação com o volume. Foi uma questão que discuti com alguns grupos de trabalho, e que foi depois discutida coletivamente em turma. Discutimos ainda o que indica a seta ⇒ pois pareceu-me não estar claro o seu significado mas não estou convicta de que todos tenham apreendido a ideia.
>
> *(Notas de campo da professora, Tarefa 4)*

No exemplo seguinte um grupo de alunos elaborou um esquema que transmite a ideia de haver contração/expansão do volume provocados pelo aumento/diminuição da pressão quando, na verdade, a contração/expansão do volume é que dá origem ao aumento/diminuição da pressão.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 1, grupo III)

No esquema apresentado os alunos colocaram entre parênteses a "contração do volume" e "expansão do volume", provavelmente, após a discussão coletiva sobre a relação entre a variação do volume e pressão, no entanto isso não altera a ideia transmitida pelo esquema. Penso que a confusão prevaleceu neste grupo pois na terceira tarefa, em laboratório, não testaram o efeito da pressão na alteração do equilíbrio químico, pelo que na atividade laboratorial não observaram que o aumento/diminuição da pressão era efetuado pressionando/puxando ao máximo o êmbolo de uma seringa com o gás NO_2, cuja saída era tapada.

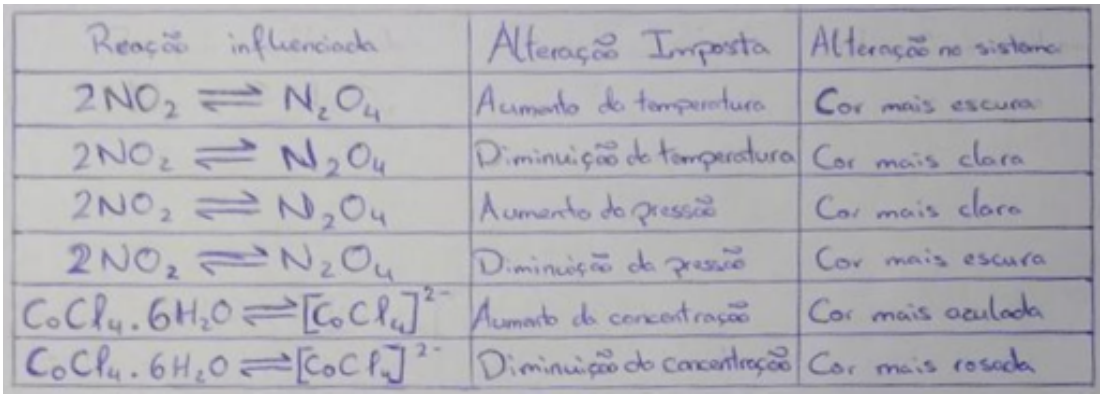
Uma outra dificuldade relacionada com a representação visual diz respeito à organização de dados e foi observada essencialmente na terceira tarefa, em que se solicitava a organização das observações da atividade laboratorial numa tabela. No exemplo que se apresenta de seguida pode-se verificar que a organização da informação é muito fraca e pouco esclarecedora, de modo que a sua leitura não permite entender e tirar conclusões sobre os resultados da atividade experimental realizada. Na segunda tabela, por exemplo, não há qualquer indicação sobre o conteúdo dos tubos de ensaio, nem identificação do produto e reagente que referem na coluna das "alterações". A questão anterior, apresentação do procedimento experimental, também não permite esclarecer estas questões dado que o procedimento é bastante incompleto. Assim, na apresentação dos dados e resultados deveria haver uma indicação explícita sobre o que contêm os tubos de ensaio 1, 2, 3 e 4. Sem essa informação não é possível estabelecer comparações entre as alterações impostas e as observações efetuadas interpretando os resultados.

Pressão	Menor	Maior Volume	Cor acastanhada
	Maior	Menor Volume	Cor amarelada

Tubos de ensaio	Alterações	Cor do sistema
1	Não houve alteração	Azul
2	Aumento do produto	Rosa
	Aumento do reagente	Azul
	Aumento da temperatura	Azul
3	Diminuição da temperatura	Roxo
4	Aumento de temperatura	Roxo

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 4, grupo I)

Exemplifica-se na tabela apresentada por outro grupo, que organiza a informação de forma similar, e embora a organização dos resultados seja, em geral, mais percetível, nas duas últimas linhas, onde assinalam o aumento e diminuição de concentração, não identificam a que substância se referem, não sendo possível também interpretar e tirar conclusões acerca dos resultados.



Reação influenciada	Alteração Imposta	Alteração no sistema
$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$	Aumento da temperatura	Cor mais escura
$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$	Diminuição da temperatura	Cor mais clara
$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$	Aumento da pressão	Cor mais clara
$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$	Diminuição da pressão	Cor mais escura
$CoCl_4.6H_2O \rightleftharpoons [CoCl_4]^{2-}$	Aumento da concentração	Cor mais azulada
$CoCl_4.6H_2O \rightleftharpoons [CoCl_4]^{2-}$	Diminuição da concentração	Cor mais rosada

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 4, grupo V)

Não sendo possível saber com certeza a causa das dificuldades constatadas, o facto dos alunos estarem mais habituados a trabalhar com tabelas de dados numéricos pode explicar a dificuldade em organizar informação de natureza qualitativa recorrendo a este modo de representação.

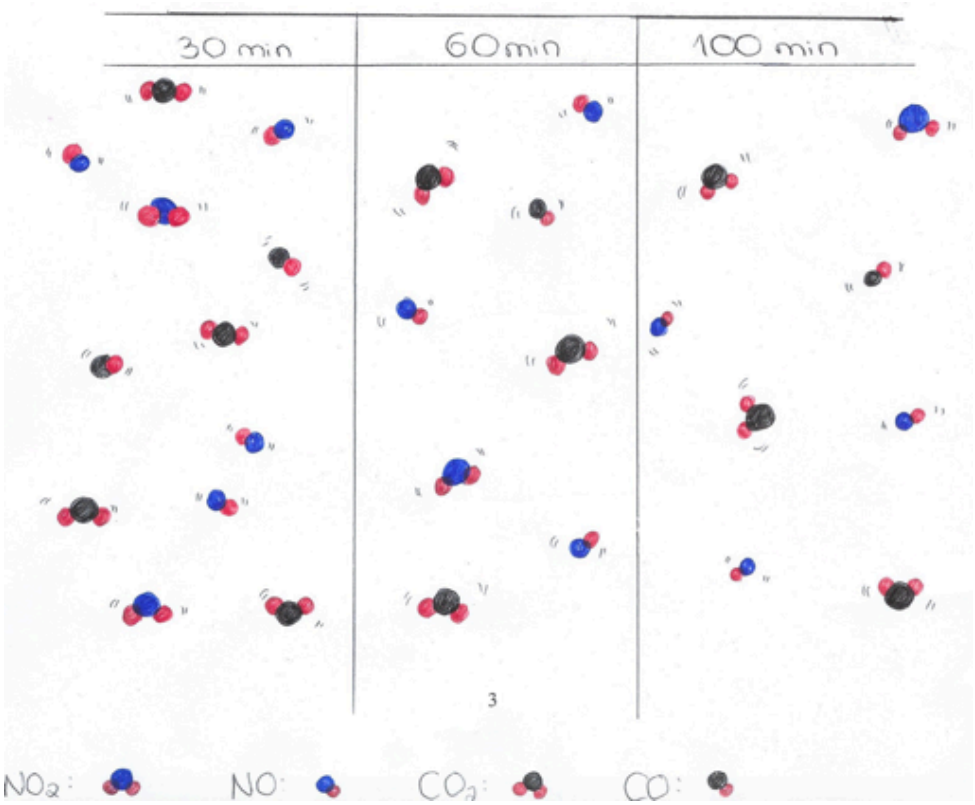
No estudo do equilíbrio químico a interpretação de animações também pode constituir uma dificuldade para os alunos, conforme foi observado pela professora na primeira tarefa e registado nas suas notas de campo:

> Para que os alunos concluíssem por si mesmos a existência de reações reversíveis e o estabelecimento do equilíbrio químico, apresentei-lhes o excerto de um vídeo com uma animação que os alunos tiveram dificuldade em acompanhar e interpretar. Mesmo a velocidades de visualização cada vez menores, os alunos tiveram dificuldade em compreender o que estavam a ver, em identificar os eventos mais relevantes do vídeo, e alguns disseram que "era uma confusão". Observámos diversos aspetos da animação mas os alunos entenderam apenas a ocorrência da reação direta e inversa, em simultâneo, quando apontei para os dois pontos, um onde se visualizava a formação de produtos, e outro onde se visualizava a regeneração dos reagentes.
>
> *(Notas de campo da professora, Tarefa 1)*

O vídeo apresentado foi selecionado porque mostrava as reações direta e inversa em simultâneo, e era importante que não apresentasse a ocorrência das reações alternadamente, como sucede em diversas animações gráficas, pois os alunos poderiam criar essa conceção alternativa que está descrita na literatura (reações direta e inversa alternadas). No entanto, a animação apresentava o movimento contínuo e

caótico das moléculas, as colisões não eficazes entre moléculas, as colisões eficazes que davam origem à reação, podendo exigir dos alunos um esforço de atenção e perceção desajustado das suas capacidades e gerar uma sobrecarga cognitiva. Uma animação gráfica que representa reações químicas reversíveis, enquadrado no estudo do equilíbrio químico, tem esta particularidade de ser necessário observar em simultâneo diferentes acontecimentos, no meio de outros eventos, o que pode constituir, de facto, uma dificuldade para os alunos. No entanto, nas reflexões que fizeram no fim da tarefa, nenhum aluno se referiu a dificuldades na compreensão da animação, pelo que penso que, após as dificuldades iniciais, depois de verem a animação diversas vezes, em velocidade reduzida, e discutirmos os aspetos relacionados com a ocorrência de reações (movimentos das moléculas, colisões entre moléculas, energia das colisões, orientação das moléculas na colisão, formação de produtos, regeneração dos reagentes), os alunos compreenderam e assimilaram a ideia da reação ser reversível e ocorrer no sentido de formação de produtos e, em simultâneo, regeneração dos reagentes.

A representação visual das reações à escala molecular teve como objetivo estabelecer a ligação entre os níveis macroscópico e submicroscópico para alcançar uma compreensão mais profunda do equilíbrio químico. Além da animação gráfica digital, anteriormente indicada, algumas questões das tarefas apresentavam ou solicitavam uma representação pictórica (à escala molecular) das reações em estudo. Na primeira tarefa, a questão que se seguiu à visualização da animação gráfica de uma reação reversível, solicitava precisamente a representação pictórica de uma reação em diferentes instantes no tempo, com base na informação tabelada das concentrações das substâncias presentes na mistura reacional. No exemplo de resposta que se apresenta de seguida detetam-se algumas dificuldades, nomeadamente na representação das moléculas, sua geometria, e proporção entre o tamanho dos átomos. A molécula de CO_2 é representada corretamente na sua forma linear apenas em dois casos, sendo as restantes moléculas de CO_2 representadas na forma angular. Os átomos de carbono, nitrogénio e oxigénio possuem raios atómicos semelhantes mas são desenhados com tamanhos desproporcionais entre si e, os átomos dos mesmos elementos químicos são também desenhados com tamanhos notoriamente diferentes nas diversas moléculas apresentadas.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 4, grupo III)

Mais relacionado com o tema do equilíbrio químico e com o tópico da primeira tarefa, reações reversíveis, nota-se também que os alunos não apresentaram nenhum exemplo de colisões entre moléculas, nem tentaram representar propriamente a ocorrência de reação, direta ou inversa. De facto, constata-se a mesma dificuldade em representar a reação nos diversos grupos de trabalho. A professora nas suas notas acerca desta questão regista:

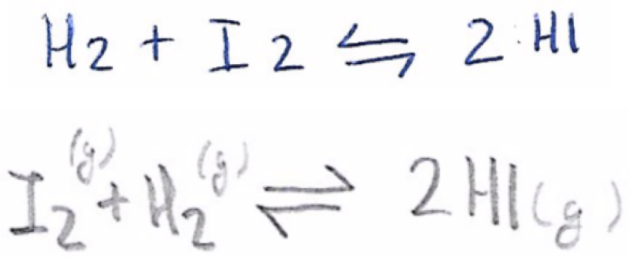
> ... foi discutido coletivamente o facto de não terem representado as colisões entre as moléculas, nem a ocorrência de reação, direta e inversa, não tendo sido representado o caráter dinâmico do equilíbrio químico. Percebi que a principal preocupação dos alunos foi o de representar corretamente a proporção entre as concentrações das substâncias na mistura reacional nos diferentes instantes no tempo.
>
> *(Notas de campo da professora, Tarefa 1)*

Penso que esta lacuna na representação pictórica apresentada pelos alunos se possa dever ao facto de ter sido sugerida a consulta do manual de química para entenderem melhor o tipo de representação pretendido, mas os exemplos apresentados no manual não representarem a reação mas apenas a mistura reacional, sem contacto entre as moléculas.

Representação Simbólica

As dificuldades que os alunos revelam no uso da representação simbólica, manifestam-se fundamentalmente no uso da simbologia química, mas também se verificam na simbologia matemática, expressão de resultados e unidades.

Nas respostas de alguns alunos às tarefas constatam-se dificuldades na utilização da simbologia química, nomeadamente na representação das reações através das equações químicas. Nos registos abaixo apresentados, um grupo de alunos apresenta uma equação química em que não indicam o estado físico das substâncias que participam na reação e, noutra questão da mesma tarefa, o mesmo grupo apresenta a equação química indicando o estado gasoso dos reagentes e produtos, sendo percetível que o estado físico não havia sido colocado de início mas acrescentado posteriormente, sendo esta uma falha frequente na apresentação das equações químicas.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 4, grupo II)

É também notório que o símbolo de reação reversível, duas semissetas de sentido contrário, não é corretamente representado no primeiro exemplo, a semisseta mais acima deve indicar a reação direta e a semisseta abaixo deve indicar a reação inversa, sendo este também um erro que ocorre em outros grupos.

O registo seguinte revela diversas dificuldades: os alunos não indicam os estados físicos das substâncias que fazem parte da reação; não levam em consideração que usaram cloreto de cobalto hexahidratado, $CoCl_2.6H_2O$, tendo indicado apenas o $CoCl_2$ como reagente; identificam a água, H_2O, como reagente e produto da reação; para acerto do elemento hidrogénio, identificam o di-hidrogénio como produto de reação quando o produto é o ião H^+ (em fase aquosa).

Os alunos não notaram que na equação que apresentaram não se verifica a conservação de cargas pois o acerto em termos de cargas é apenas abordado no estudo das reações de oxidação-redução, que precede o estudo do equilíbrio químico. No entanto, os alunos haviam recebido a sugestão de, em casos de dúvida, efetuar uma pesquisa no manual de química ou na *internet*, não tendo sido este claramente o caso.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 5, grupo I)

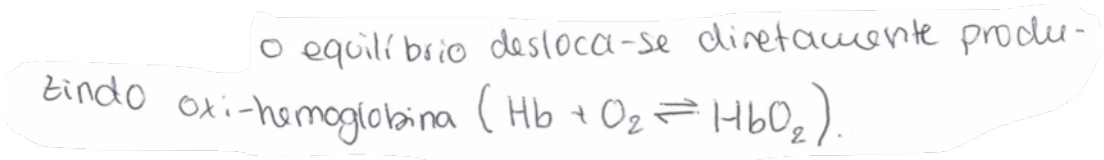
Um outro grupo apresenta, relativamente à mesma reação química, a seguinte equação:

$$CoCl_2 \cdot 6H_2O\ (s) + 2\ HCl\ (l) \leftrightarrow [CoCl_4]^{2-}\ (aq) + 6\ H_2O$$

(Registo escrito dos alunos, Relatório da Tarefa 3, grupo II)

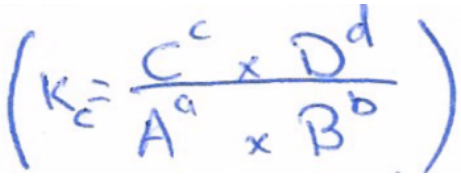
Neste caso, detetam-se também dificuldades na representação simbólica da reação: os alunos apresentam o cloreto de cobalto hexahidratado, $CoCl_2.6H_2O$, como estando no estado sólido quando na mistura reacional está na fase aquosa; apresentam o ácido clorídrico, HCl, como estando no estado líquido quando na mistura reacional está na fase aquosa; não apresentam o estado físico da água; H_2O (líquido); não têm em consideração a conservação da massa uma vez que falta nos produtos da reação dois átomos de hidrogénio (neste caso, dois iões H^+ na fase aquosa). Pelos motivos anteriormente explicados estes alunos também não observaram que na equação que apresentaram não se verifica a conservação de cargas. Há ainda a notar que o símbolo de reação reversível, duas semissetas de sentido contrário, não é corretamente representado, o que se deve, muito provavelmente, ao facto deste não existir no *Microsoft Word* (processador de texto que os alunos usaram para elaborar o relatório).

Ainda no que respeita à representação simbólica, o excerto abaixo revela a dificuldade dos alunos com o uso da simbologia química. Na quarta tarefa, era apresentado um texto que referia "...corresponde ao equilíbrio estabelecido entre a hemoglobina (Hb), o dioxigénio (O_2) e a oxi-hemoglobina ($Hb(O_2)_4$)", tendo um grupo de alunos apresentado a equação química correspondente à reação, na qual representam a oxi-hemoglobina como $Hb(O_2)$. Os alunos podem ter cometido este erro na tentativa de garantir a conservação de massa, o que sugere dificuldades de compreensão que os índices subscritos junto aos elementos químicos constituem o número de átomos desse elemento no composto químico, demonstrando dúvida ou desconhecimento se o número de átomos num composto químico pode ser alterado no acerto de equações. Se for este o caso, fica claro que estes alunos consideram que o acerto de equações pode ser efetuado igualando apenas os símbolos dos elementos químicos, ignorando a conservação da identidade das substâncias, o que revela dificuldades de compreensão da simbologia química e, consequentemente, de comunicação através deste tipo de linguagem.



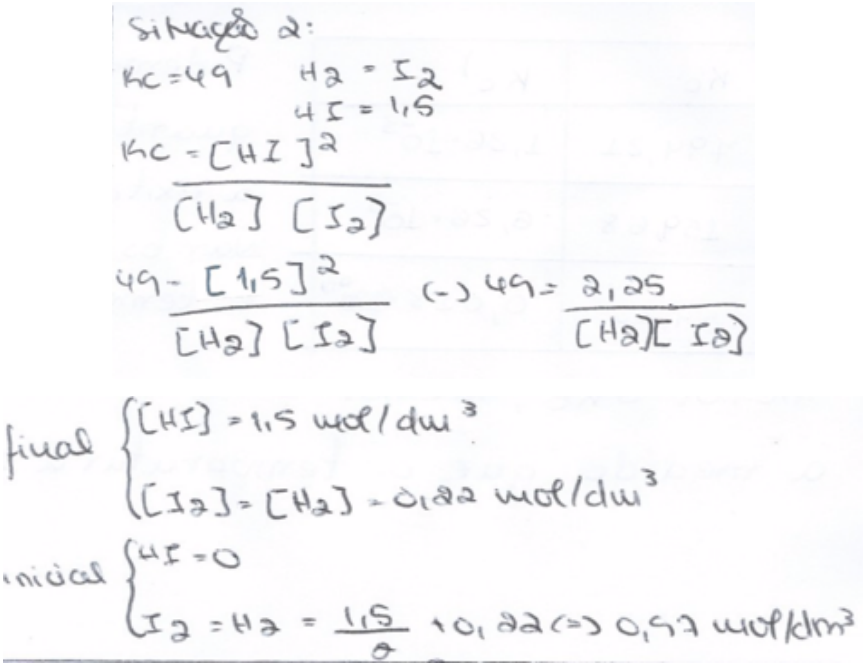
(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 4, grupo III)

Outra dificuldade detetada diz respeito ao uso de parênteses retos para designar concentração. No exemplo seguinte, alguns alunos apresentaram a expressão da constante de equilíbrio, sem colocar entre parênteses retos as espécies envolvidas na reação.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 4, grupo V)

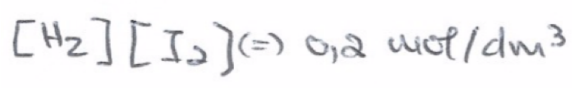
As dificuldades no uso da simbologia própria para indicar concentração é notória também no registo escrito abaixo apresentado, verificando-se ora inconsistência, ora inadequação, na sua utilização. Inicialmente os alunos indicam que "$H_2=I_2$", faltando a colocação de parênteses retos para indicar que se referiam à concentração das substâncias. Registam também que "HI=1,5", não colocando também os parênteses retos nem as unidades em que expressam a concentração. No cálculo da constante de equilíbrio, K_c, substituem [HI] por [1,5] quando, ao usar os valores de concentração na expressão, deviam indicar (1,5) ou apenas o valor (sem parênteses). Mais baixo, quando indicam "final" referem-se ao sistema em equilíbrio químico e usam adequadamente parênteses retos para indicar concentração, expressando os valores com as unidades. No entanto, quando indicam "inicial", referindo-se ao início da reação química, já não usam a simbologia própria para indicar concentração, nem expressam, no caso do iodeto de hidrogénio, HI, os valores com as unidades.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 6, grupo III)

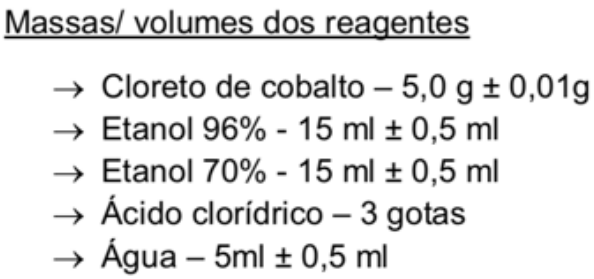
Este último exemplo demonstra que os alunos apresentam inicialmente alguma dificuldade no uso de novos símbolos químicos, que vão sendo introduzidos na exploração de novos temas, tal como na representação verbal revelam dificuldades no uso de novos vocábulos, sendo natural que demorem algum tempo até estarem familiarizados e dominarem a linguagem própria deste ramo da ciência.

No mesmo exercício verificou-se que os alunos usaram o símbolo de equivalência para representar a igualdade, o que evidencia dificuldades na simbologia matemática.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 6, grupo III)

Outra dificuldade com o uso da representação simbólica observa-se no exemplo seguinte em que os alunos apresentam os resultados de medições de massa e volume do seguinte modo:



(Registo escrito dos alunos, Relatório da Tarefa 3, grupo I)

Não considerando outras formas, porventura mais adequadas, de organização dos dados, e mantendo este modo de apresentação de informação, a forma correta de indicar a massa de cloreto de cobalto seria:

$m(\mathrm{CoCl_4.6H_2O}) = (5{,}00 \pm 0{,}05)\ \mathrm{g}$

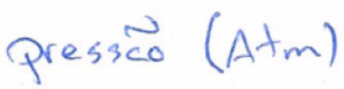
em que se recorre ao símbolo *m* para designar a massa e se apresenta o valor medido através do símbolo matemático de igualdade (=), e não através de um traço/hífen (–), como os alunos apresentaram. O valor medido deve ser coerente com a incerteza de medição, pelo que se a incerteza de medição da balança é 0,01 g então o valor da massa deve ser apresentado com 2 casas decimais, verificando-se que os alunos apresentaram apenas com 1 casa decimal.

No que respeita às medições de volume a forma correta de indicar os valores medidos seria:

$V(H_2O) = (5{,}0 \pm 0{,}5)$ mL

recorrendo-se ao símbolo V para designar o volume, usando também o símbolo matemático de igualdade, e os valores medidos coerentes com a incerteza de medição, neste caso, com 1 casa decimal.

Em relação aos símbolos das unidades de medida, na quinta tarefa os alunos usam uma simulação em que a pressão é expressa na unidade atmosfera (atm) verificando-se em alguns registos que os alunos revelam dificuldades com a grafia do seu símbolo expressando como "ATM" ou "Atm":



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 5, Questão 2, grupo V)



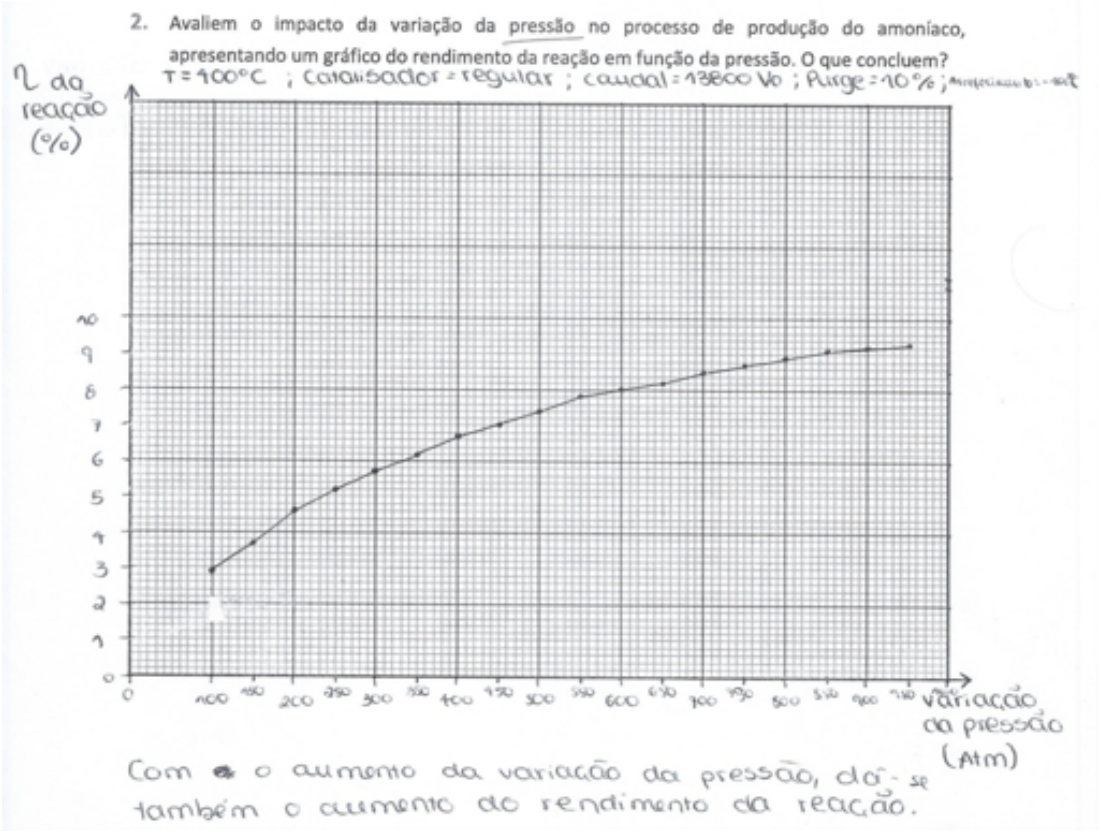
(Registo escrito dos alunos, Tarefa 5, Questão 3, grupo IV)

Neste último exemplo, os alunos também utilizam a unidade como sinónimo de pressão, em vez de indicarem "p = 200 atm" indicam "ATM = 200", o que revela ainda dificuldades em diferenciar a grandeza pressão da unidade em que esta é expressa.

TRANSIÇÃO ENTRE REPRESENTAÇÕES

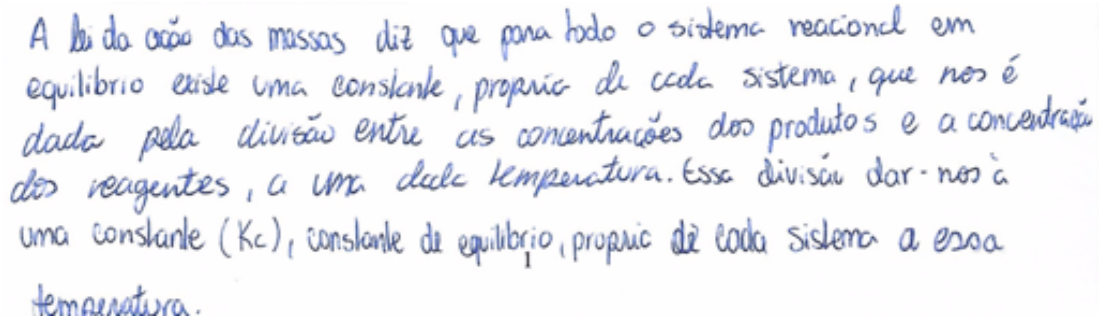
Para além das dificuldades no uso das representações analisadas, os alunos revelam ainda dificuldades na transição entre representações. Entre estas, destacam-se as dificuldades que envolvem a representação verbal, revelando-se tanto na transição entre a representação verbal para a visual como para a simbólica, mas também na transição entre a representação simbólica para a verbal.

O gráfico seguinte exemplifica as dificuldades de transição entre a representação verbal para a visual. Tendo sido solicitado um gráfico do rendimento da reação em função da pressão, para avaliar o impacto da variação da pressão na produção do amoníaco, os alunos apresentam o gráfico solicitado mas no eixo das abcissas identificam a variável como "variação da pressão", em vez de "pressão". Na verdade, os alunos representam a pressão mas identificam como "variação de pressão", que tem um significado diferente e, como tal, induz em erro ou suscita dúvidas a quem faça a análise do gráfico, sem outro tipo de informação. Subentende-se, assim, que as dificuldades num determinado modo de representação, se reflita na transição para outra representação.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 5, Questão 2, grupo III)

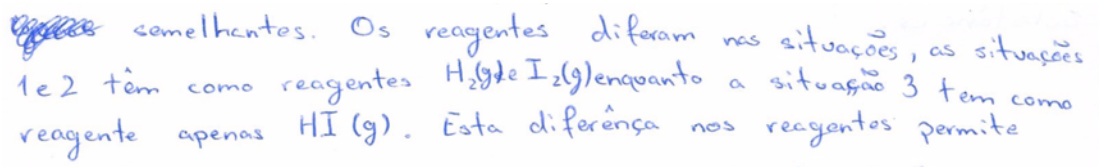
Na transição da representação simbólica para a verbal detetam-se também dificuldades, conforme exemplificado na resposta que os alunos apresentam quando solicitada uma explicação sobre a Lei da Ação de Massas.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 3, grupo II)

Os alunos em vez de apresentarem a expressão matemática da constante de equilíbrio, K_c, optaram por descrevê-la verbalmente, não tendo referido, no entanto, que as concentrações dos produtos e reagentes devem ser elevadas aos respetivos coeficientes estequiométricos. Esta dificuldade diz respeito à transição para a representação verbal, em particular, uma vez que não se constatou, em nenhum grupo de trabalho, a falta da aplicação dos coeficientes estequiométricos, nem erros de cálculo, na aplicação da constante de equilíbrio.

Na transição das representações visual e simbólica para verbal constatou-se também que os alunos, na produção de textos, têm dúvidas como se referirem às substâncias, exemplificando-se com o excerto abaixo que após recorrerem à simbologia química, neste caso às fórmulas químicas dos reagentes e produtos de reação, acrescentaram entre parênteses o respetivo estado físico, por analogia com a representação simbólica das reações através das equações químicas.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 4, grupo V)

Outra dificuldade que os alunos revelam na transição entre representações relaciona-se com a representação simbólica de uma reação química através da respetiva equação. Esta representação parece moldar e condicionar a forma como os alunos visualizam uma reação, pois com frequência referem-se "ao lado direito... lado esquerdo... lado oposto" da reação. Quando pensam na reação os alunos não visualizam a mistura reacional em que os reagentes e produtos estão misturados, os

alunos pensam no lado dos reagentes e no lado dos produtos, ou seja, na verdade eles pensam na equação da reação. Este raciocínio pode ser confirmado num dos relatórios da atividade laboratorial referente à terceira tarefa:

II. Introdução

Nas reações químicas encontram-se, no primeiro membro, os reagentes, ou seja, as substâncias que entram na reação, e no segundo membro, os produtos, isto é, as substâncias formadas pela reação.

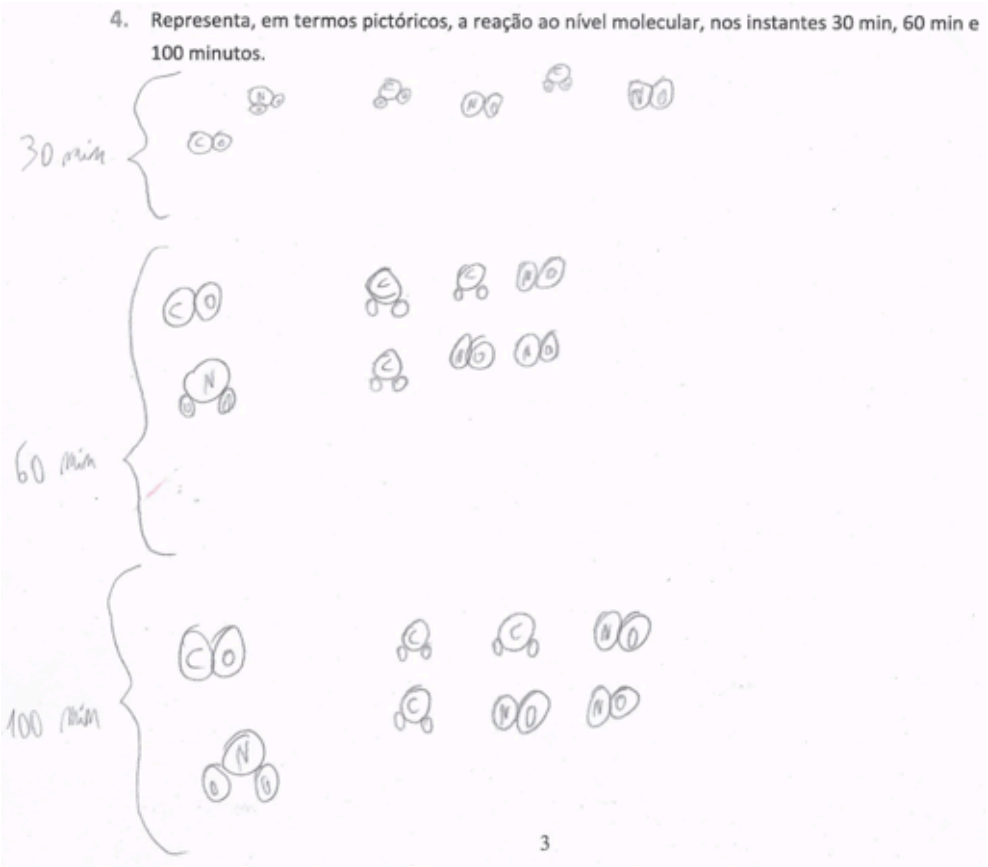
(Registo escrito dos alunos, Relatório da Tarefa 3, grupo V)

No exemplo apresentado os alunos referem-se às equações químicas como se fossem efetivamente reações, e não representações de reações.

Na segunda tarefa a professora observou e registou nas suas notas de campo: "Alguns (poucos) alunos surpreenderam-me pela interpretação que fizeram das figuras apresentadas na questão 4, pois não esperava as dúvidas que surgiram". Foram apresentadas três situações diferentes, em que para cada situação era apresentado um balão de fundo chato com substâncias gasosas em dois momentos diferentes, o início da reação e o momento em que a mesma reação atinge o equilíbrio químico. Do lado esquerdo apresentava-se o balão no início da reação, e do lado direito representava-se o balão com a mistura reacional na situação de equilíbrio químico. A professora anota:

> Ao sugerir que apresentassem a equação da reação, os alunos de um grupo, relativamente à primeira situação, apresentaram a seguinte equação química $H_2 + I_2 \rightleftharpoons H_2 + I_2 + HI$, em que os gases H_2 e I_2 constituíam reagentes e produtos de reação. Conversando com os alunos entendi que a origem da sua confusão se devia ao facto de eles terem associado e estabelecido a analogia dos balões da esquerda e da direita com os membros, esquerdo e direito, da equação da reação. Após colocar algumas questões e discutir com os elementos do grupo as figuras, estes conseguiram estabelecer uma relação temporal entre as imagens, entendendo que no balão apresentado do lado direito, pelo facto da reação ser incompleta e reversível, existem reagentes e produtos na mistura reacional em equilíbrio químico.
>
> *(Notas de campo da professora, Tarefa 2)*

O efeito da fusão do conceito de reação química com a sua representação através da respetiva equação, resulta ainda nas dificuldades evidenciadas nos registos escritos de alunos apresentados de seguida:



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 4, grupo V)

Neste exemplo, os alunos não representam as moléculas presentes no sistema reacional misturadas, mas separam os reagentes, apresentados do lado esquerdo da figura, dos produtos de reação, apresentados do lado direito, seguindo a lógica da representação simbólica. Nesta tarefa, a equação da reação não foi apresentada, tendo a tarefa partido de representações do nível macroscópico procurando integrar com o nível submicroscópico evitando o nível simbólico. Na verdade apenas foram apresentadas as fórmulas químicas dos reagentes e produtos de reação, pelo que esta conceção de reação e equação química fundidas deverá resultar de aprendizagens prévias, e ter vindo a ser consolidada com um ensino muito assente na representação simbólica.

Assim, os exemplos apresentados revelam dificuldades na transição entre modos de representação mas também entre níveis de representação.

APRENDIZAGENS DESENVOLVIDAS PELOS ALUNOS NA UTILIZAÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES MÚLTIPLAS NO ESTUDO DO EQUILÍBRIO QUÍMICO

Nesta secção analisam-se os dados resultantes da realização das tarefas em sala de aula, obtidos através dos registos escritos dos alunos e notas de campo da professora, no sentido de dar resposta à terceira questão orientadora, referente às aprendizagens que os alunos desenvolvem na utilização das representações múltiplas, no estudo do equilíbrio químico. Assim, foram identificadas duas categorias de análise: modos de representação e transição entre representações.

MODOS DE REPRESENTAÇÃO

Da análise e codificação dos dados recolhidos, identificaram-se subcategorias correspondentes aos diferentes modos de representação envolvidos nas tarefas. Assim, apresentam-se evidências das aprendizagens que os alunos desenvolveram nos seguintes modos de representação: verbal, visual e simbólico.

Representação Verbal

No uso da representação verbal destacam-se as aprendizagens desenvolvidas, essencialmente, na utilização da linguagem científica.

A terminologia científica e novos vocábulos que são introduzidos no estudo de um novo tema constitui para os alunos um desafio que, conforme anteriormente analisado, resulta em dificuldades para alguns destes. No entanto, neste domínio constatam-se também evidências de aprendizagens entre os alunos.

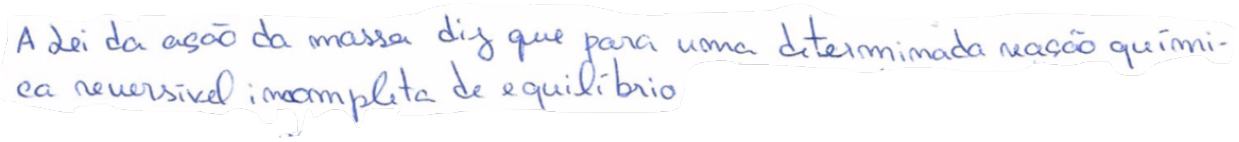
O excerto seguinte demonstra uma evolução positiva na utilização da linguagem científica.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 4, grupo V)

O exemplo apresentado diz respeito à segunda tarefa e demonstra o uso correto da terminologia "reação reversível" num grupo de alunos que, na primeira tarefa, haviam usado a designação incorreta "reações revertentes", evidenciando aprendizagens neste campo.

Entre os registos escritos dos alunos são vários os exemplos em que estes usam corretamente o termo "reversível".

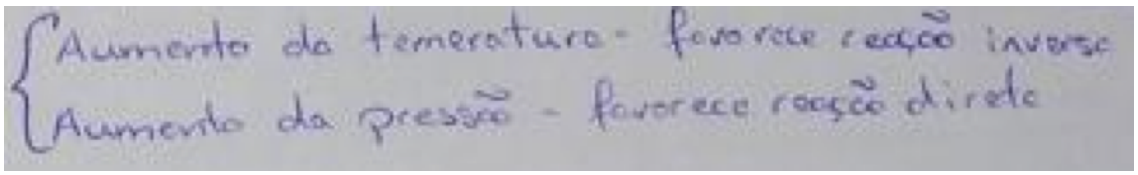


(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 4, grupo I)

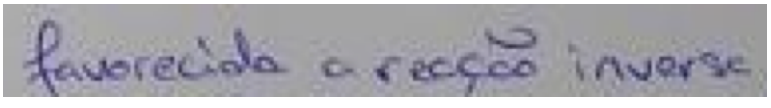


(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 3, grupo II)

O exemplo seguinte evidencia também aprendizagens num grupo de alunos (grupo V) que, na segunda tarefa, haviam usado a designação incorreta "reação indireta", mas que nas tarefas seguintes passaram a usar adequadamente o termo "reação inversa".

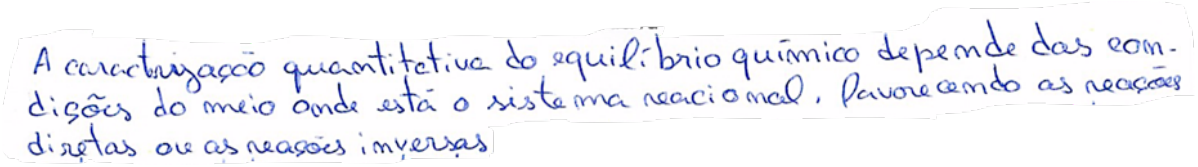


(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 3, grupo V)

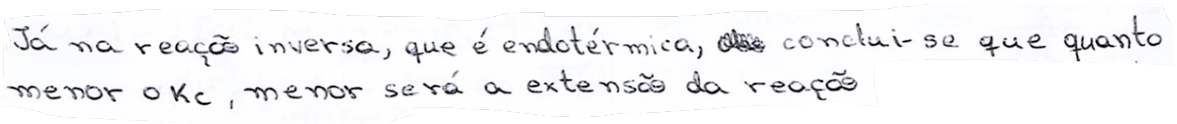


(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 5, grupo V)

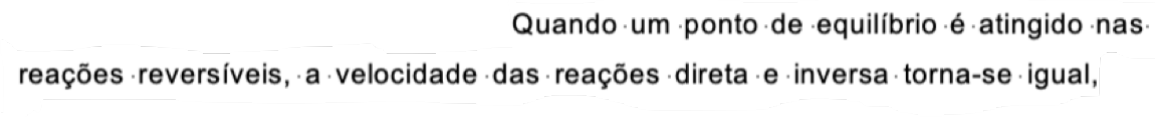
A utilização de "reação indireta" oralmente, em aula, já havia sido relatada na secção anterior, referente às dificuldades dos alunos. No entanto, pelos seus registos escritos constatam-se também aprendizagens a este nível uma vez que o termo "reação inversa", referente à regeneração dos reagentes a partir dos produtos, prevaleceu praticamente em todas as tarefas e todos os grupos de alunos, conforme se evidencia nos exemplos seguintes.


A caracterização quantitativa do equilíbrio químico depende das condições do meio onde está o sistema reacional, favorecendo as reações diretas ou as reações inversas

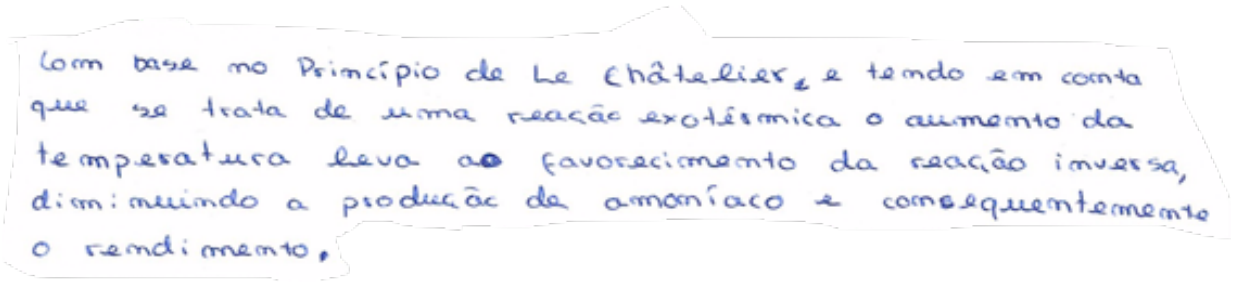
(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 2, grupo I)


Já na reação inversa, que é endotérmica, conclui-se que quanto menor o Kc, menor será a extensão da reação

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 7, grupo III)

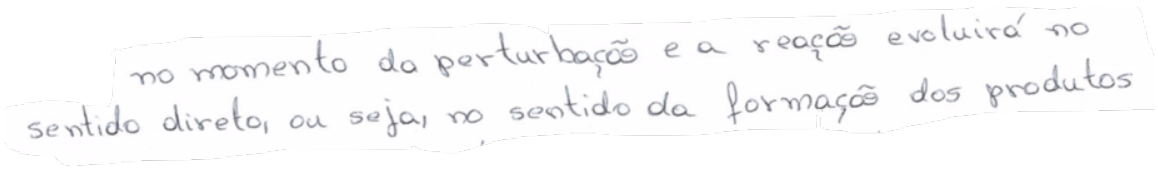

Quando um ponto de equilíbrio é atingido nas reações reversíveis, a velocidade das reações direta e inversa torna-se igual,

(Registo escrito dos alunos, Relatório da Tarefa 3, grupo V)

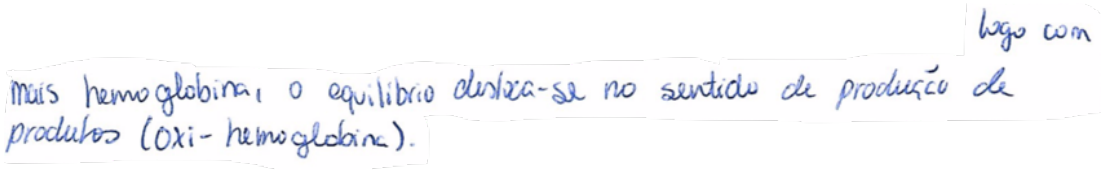

Com base no Princípio de Le Châtelier, e tendo em conta que se trata de uma reação exotérmica o aumento da temperatura leva ao favorecimento da reação inversa, diminuindo a produção de amoníaco e consequentemente o rendimento.

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 5, Questão 5, grupo II)

No estudo das alterações e perturbação do equilíbrio químico constatou-se dificuldades na utilização da linguagem científica, analisadas na secção anterior, com alguns alunos a recorrerem aos termos "direciona-se" e "dirige-se" para se referirem à reação ou ao sistema reacional. No entanto, diversos registos escritos evidenciam também aprendizagens e adoção de linguagem científica adequada ao tópico estudado, como se demonstra nos excertos que se apresentam de seguida.



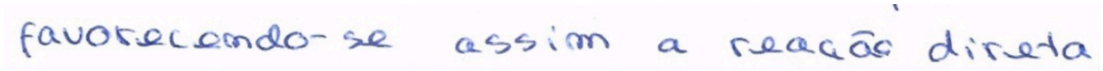
(Registo escrito dos alunos, Tarefa 5, Questão 5, grupo III)



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 4, grupo II)



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 1, grupo III)



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 5, Questão 5, grupo II)

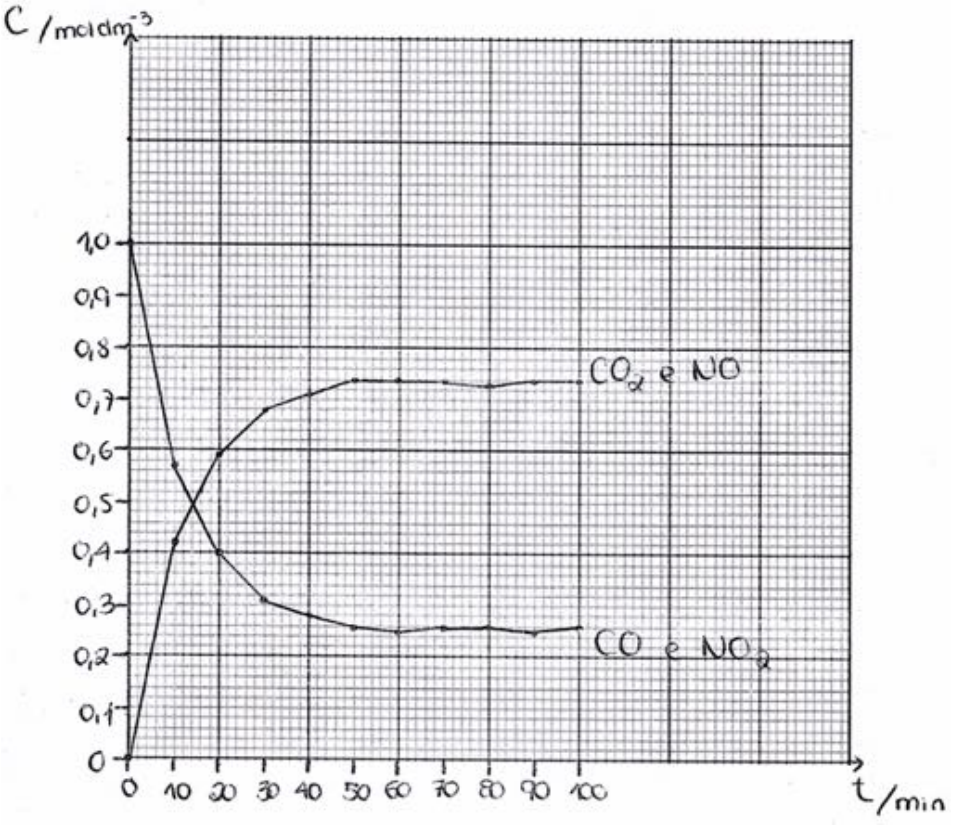
Nos exemplos apresentados, que incidem principalmente nas últimas tarefas, os alunos recorrem a termos como "o equilíbrio desloca-se no sentido", "a reação evolui no sentido", "favorecendo-se a reação direta", evidenciando, assim, aprendizagens significativas na utilização de linguagem científica.

Representação Visual

No que respeita ao modo de representação visual destacam-se aprendizagens relacionadas com a construção de gráficos, elaboração de esquemas ou fluxogramas, organização de dados, e representação pictórica de reações (à escala molecular).

Apesar das dificuldades que os alunos evidenciaram na interpretação e construção de gráficos, foi possível também constatar aprendizagens neste domínio. Uma vez que em quatro das cinco tarefas era solicitado a construção de gráficos, os alunos tiveram oportunidade de desenvolver competências neste tipo de representação, pois os erros e falhas que cometiam eram analisados e discutidos, havendo oportunidade de melhorar nas tarefas seguintes.

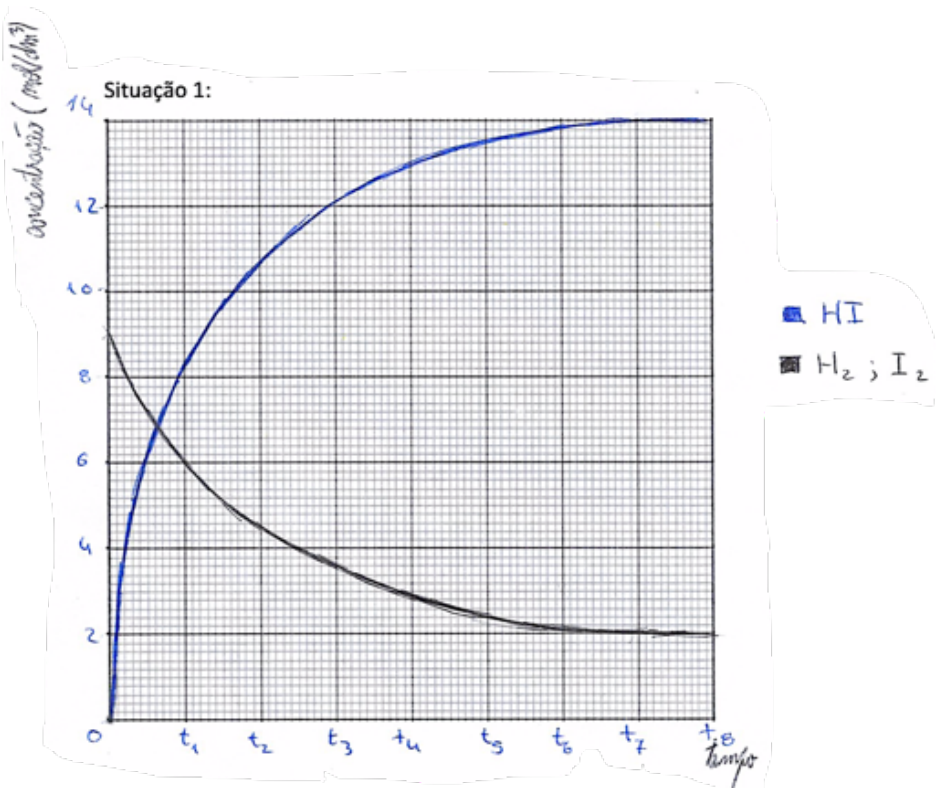
Os gráficos solicitados na primeira tarefa eram de construção simples, pelo que apesar das dificuldades detetadas em alguns grupos, houve também outros grupos que demonstraram facilidade na sua construção identificando as variáveis associadas a cada eixo, definindo uma escala apropriada, apresentando legendas, e marcando os pontos de acordo com os valores tabelados, conforme o exemplo que seguidamente se apresenta.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 2, grupo III)

O gráfico seguinte foi construído apenas com os valores das concentrações iniciais dos reagentes, e concentrações finais dos reagentes e produtos de reação determinados com base na constante de equilíbrio. Este grupo de alunos evidencia uma evolução positiva relativamente à primeira tarefa, na qual revelaram dificuldades na escolha da escala, e na ausência de legendas de identificação dos reagentes e produtos de reação. A análise deste gráfico evidencia aprendizagens mais significativas do que a observância dos elementos que os gráficos devem conter, como as variáveis associadas a cada eixo e respetivas unidades, definição de uma escala apropriada e legendas. No gráfico os alunos consideraram um aspeto

importante da evolução das concentrações nas reações reversíveis que tendem para o equilíbrio químico, traçando linhas em que a variação das concentrações ao longo do tempo vai diminuindo até se tornar nula, momento em que as concentrações se mantém constantes e a reação atinge o equilíbrio químico. Os alunos tiveram ainda o cuidado de definir o mesmo instante no tempo (entre t_6 e t_7) em que as concentrações de reagentes e produtos se tornam constantes e se atinge o equilíbrio químico.

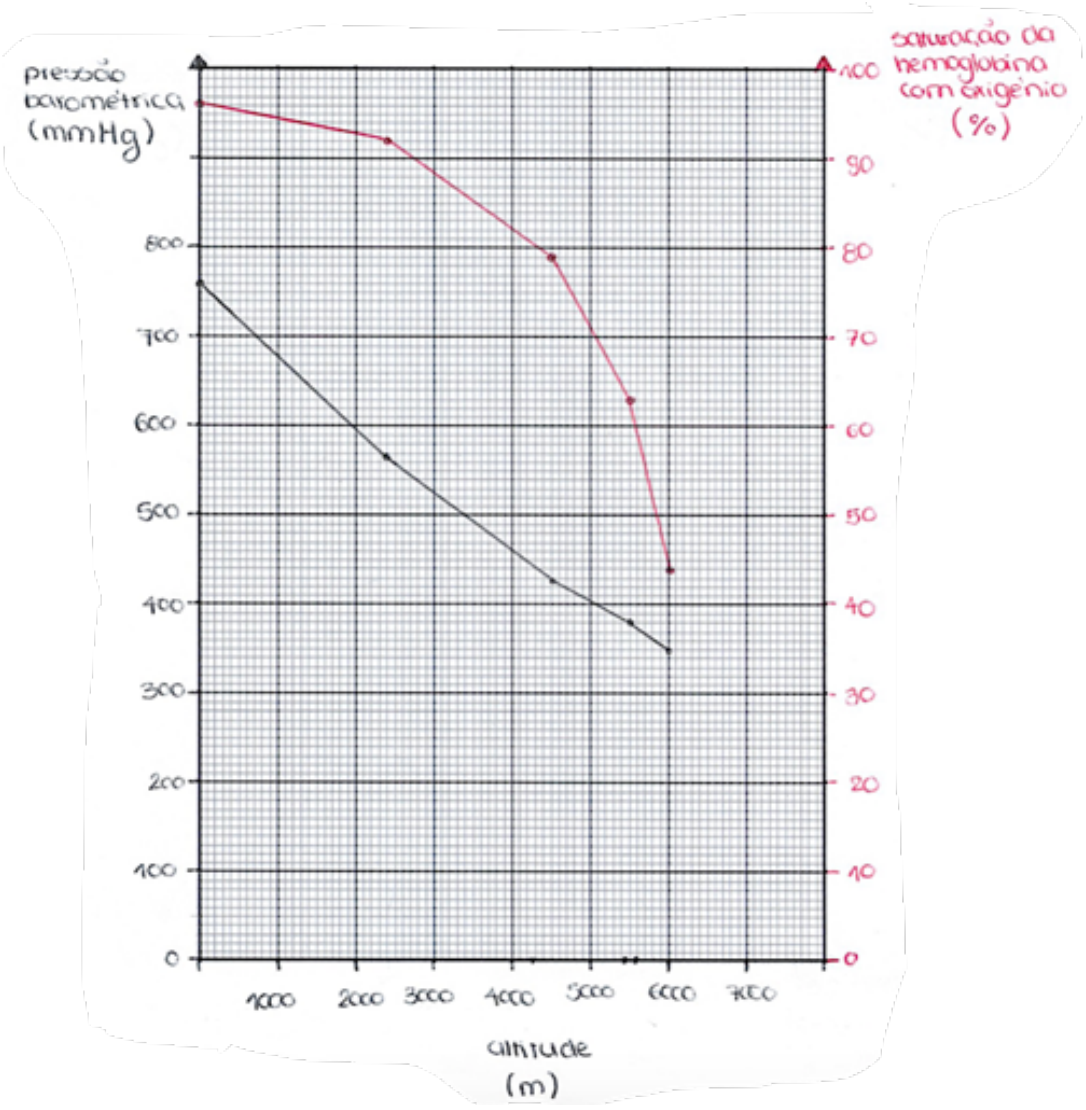


(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 5, grupo V)

Na quarta tarefa era solicitado aos alunos a construção de um gráfico relacionando três variáveis, tendo a professora registado nas suas notas de campo o seguinte:

> ...nesta fase os alunos já se sentem bastante confiantes na construção de gráficos mas foram, claramente, surpreendidos com a ideia de construir um gráfico com três variáveis, afirmando de imediato que nunca tinham feito. No entanto, percebi que começaram de imediato a pensar como poderiam fazer, e após a sugestão de terem dois eixos verticais, correspondentes a variáveis diferentes, vários alunos perceberam de imediato, e quase intuitivamente, que deveriam ter também escalas diferentes para cada eixo e forma de associar a cada linha traçada a respetiva variável/eixo.
>
> *(Notas de campo da professora, Tarefa 4)*

Seguidamente apresenta-se um dos gráficos construídos pelos alunos na quarta tarefa, constituindo este mais um exemplo que evidencia aprendizagens desenvolvidas neste domínio.



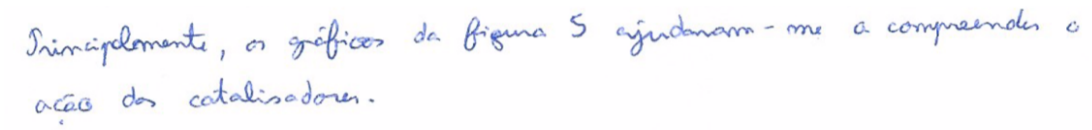
(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 3, grupo III)

Neste gráfico os alunos identificaram as variáveis e respetivas unidades associadas a cada eixo, definiram uma escala adequada e de fácil leitura, marcaram os pontos de acordo com os valores tabelados e associaram as linhas traçadas às correspondentes variáveis recorrendo a cores.

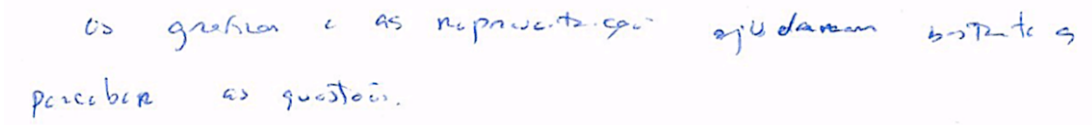
Nas reflexões que fazem nas últimas tarefas, vários alunos afirmam que os gráficos contribuem para uma melhor compreensão do tema e questões em estudo.

Apesar de não se referirem a aprendizagens, é notório que as dificuldades que afirmaram ter na interpretação e construção de gráficos (analisado na secção anterior) foram expressas nas reflexões referentes às primeiras tarefas, enquanto que nas últimas tarefas, essencialmente na quarta e quinta, diversos alunos reconhecem a utilidade e importância deste modo de representação, podendo-se, assim, concluir que houve, efetivamente, aprendizagens a este nível.

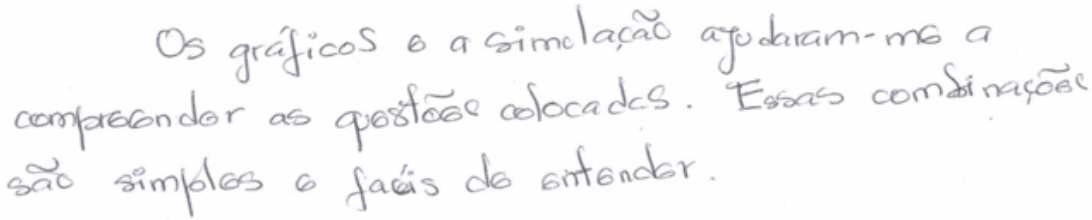
Apresentam-se alguns exemplos de reflexões dos alunos referentes à utilização de gráficos:



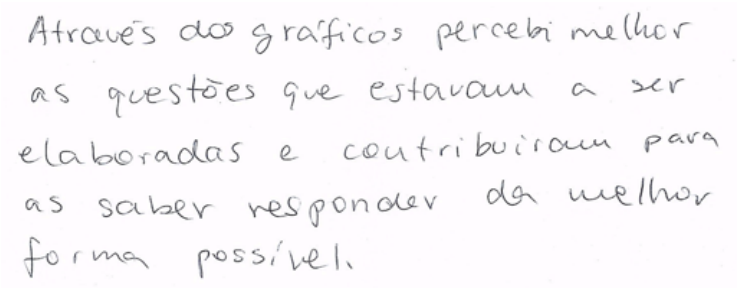
(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 4)



(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 4)



(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 5)

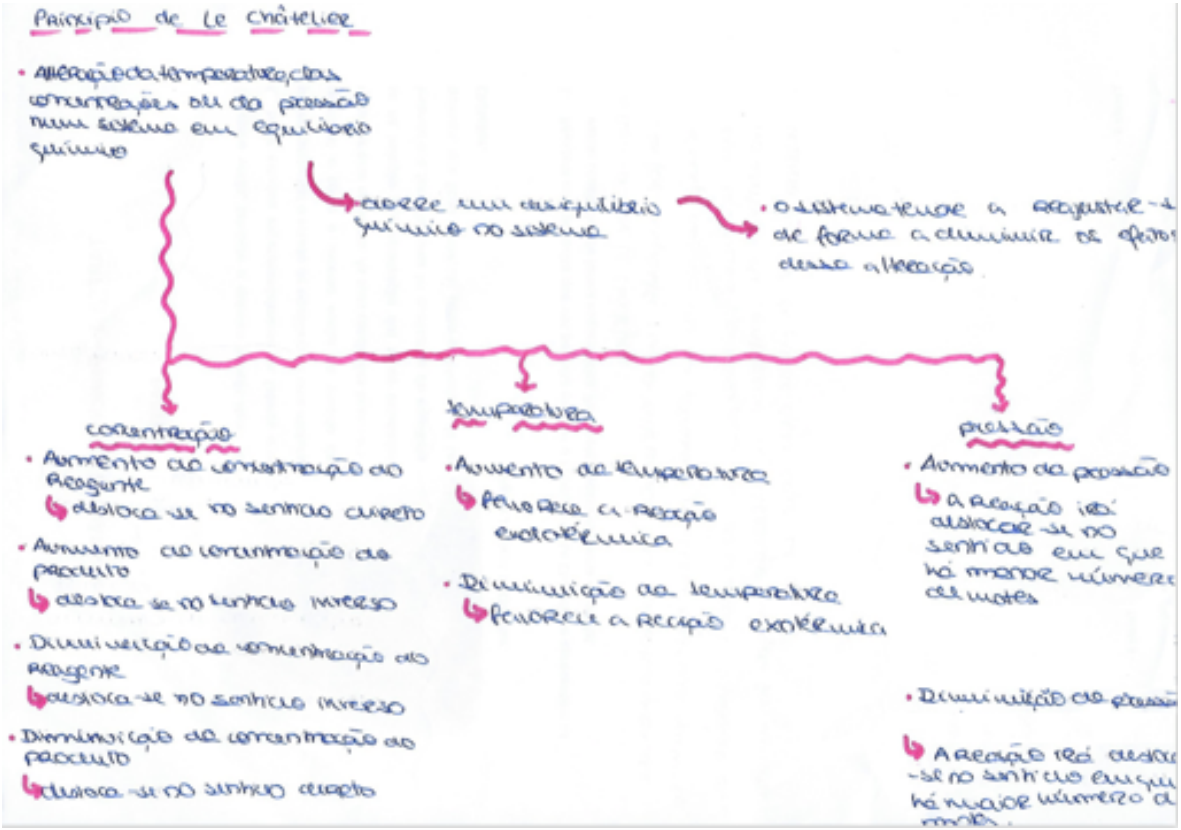


(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 5)



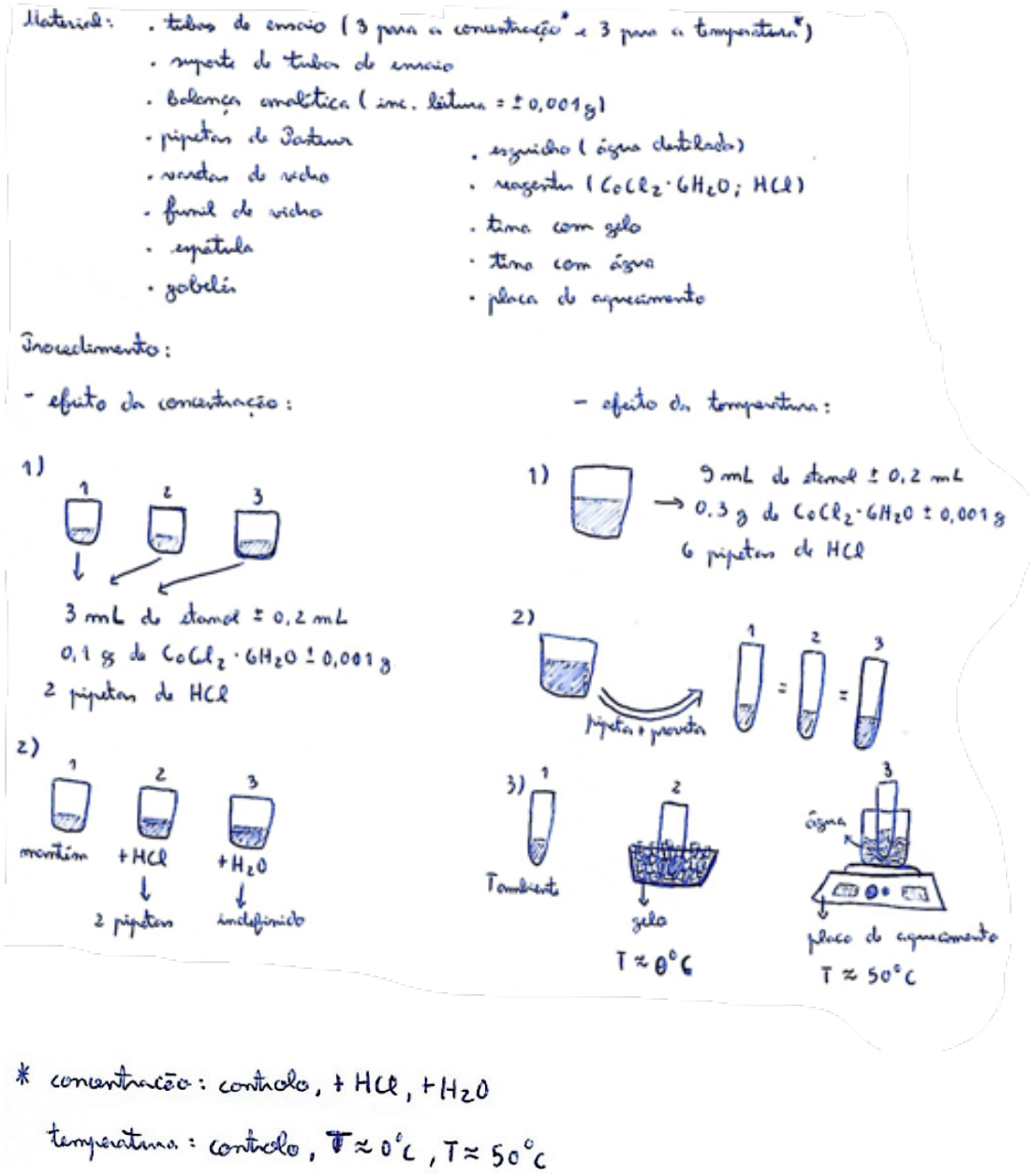
(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 5)

No que respeita à elaboração de esquemas ou fluxogramas, na representação visual, os alunos revelaram também aprendizagens. Apesar de algumas dificuldades iniciais em entender o tipo de representação pretendido, houve alunos que apresentaram esquemas claros e de fácil compreensão, conforme o exemplo abaixo apresentado, que evidencia aprendizagens neste tipo de representação visual:



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 1, grupo IV)

Na terceira tarefa solicitava-se um esquema do procedimento de uma atividade experimental planeada pelos alunos. Conforme descrito na secção anterior, este constituiu um desafio uma vez que não só os alunos nunca tinham planeado antes um procedimento experimental, como os procedimentos que seguem nas atividades laboratoriais são maioritariamente apresentados sob a forma textual. A maioria dos alunos apresentou dificuldades na elaboração do procedimento mas constataram-se também aprendizagens de alguns alunos, com a apresentação de um procedimento na forma esquemática, bastante claro e completo, como se exemplifica de seguida.

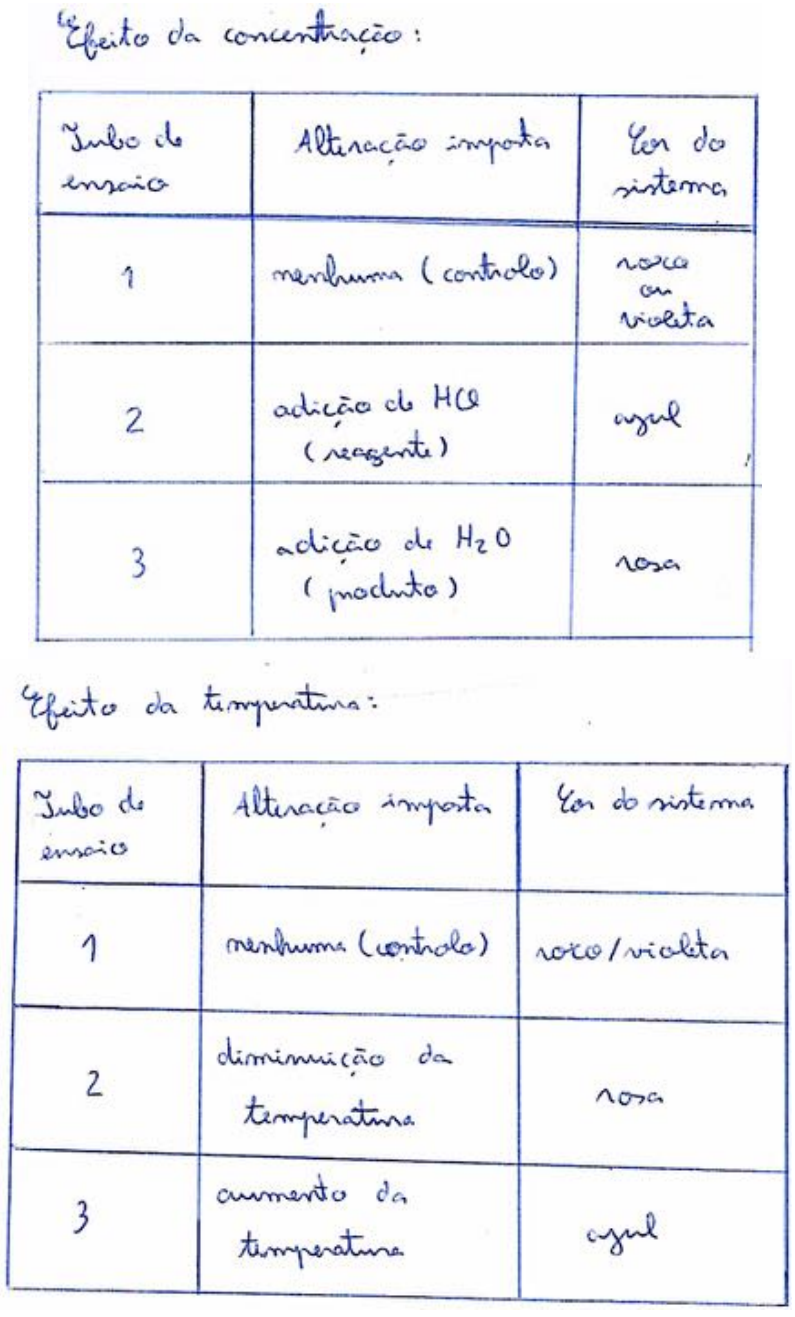


(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 3, grupo II)

Conforme se constata, a elaboração da atividade experimental poderia ser realizada seguindo o procedimento apresentado. Há apenas a notar que os alunos não identificaram a concentração de ácido clorídrico e etanol nos reagentes, que faltou a identificação de algum material e equipamento, como pipetas volumétricas e termómetro, e que as massas e volumes a medir deveriam ser apresentados sem indicação de incerteza associada, devendo esta ser apresentada no registo de dados e resultados. No entanto, estas falhas não dizem respeito ao modo de representação esquemático, mas antes à elaboração do procedimento si, podendo-se deduzir que se iriam revelar do mesmo modo num procedimento apresentado em texto.

Ainda em relação à representação visual e no que diz respeito à organização de dados foram também observadas aprendizagens entre alguns alunos, essencialmente na terceira e quinta tarefas.

Na terceira tarefa solicitava-se a organização das observações da atividade laboratorial numa tabela. Apesar das dificuldades reveladas por alguns alunos houve também evidências de aprendizagens entre outros alunos, conforme o exemplo abaixo apresentado.



Efeito da concentração:

Tubo de ensaio	Alteração imposta	Cor do sistema
1	nenhuma (controlo)	roxo ou violeta
2	adição de HCl (reagente)	azul
3	adição de H_2O (produto)	rosa

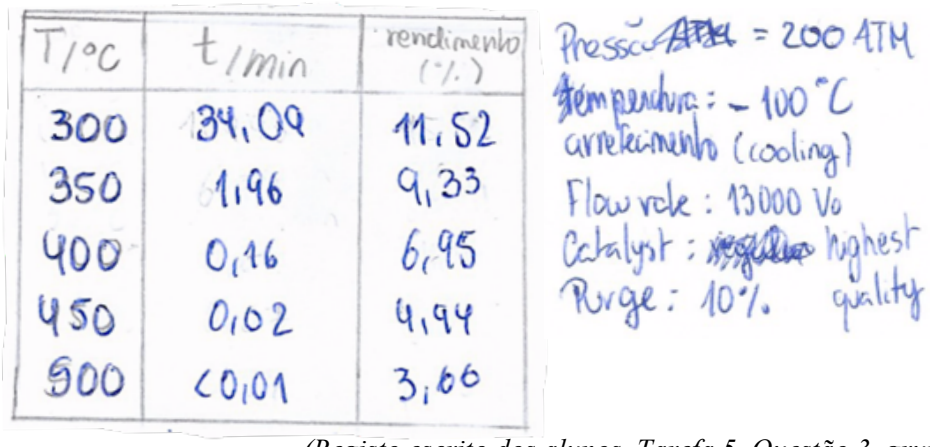
Efeito da temperatura:

Tubo de ensaio	Alteração imposta	Cor do sistema
1	nenhuma (controlo)	roxo/violeta
2	diminuição da temperatura	rosa
3	aumento da temperatura	azul

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 4, grupo II)

Nas tabelas apresentadas a organização da informação é clara e simples, e em complemento com o procedimento experimental que os alunos apresentaram na questão anterior, é possível entender os dados e resultados da atividade experimental realizada pois, apesar de não haver indicação sobre o conteúdo dos tubos de ensaio, o procedimento experimental é bastante claro e explícito nesse aspeto. A organização dos dados efetuada pelos alunos possibilita estabelecer comparações entre as alterações impostas e as observações efetuadas e interpretar os resultados.

Na quinta tarefa solicitava-se a organização de dados numéricos, obtidos através de uma simulação, recorrendo à representação que os alunos achassem mais adequada, requerendo-se ainda que os alunos justificassem a sua opção. Na tabela abaixo os alunos não só apresentaram os dados organizados em tabela, de forma clara, como optaram por uma gama de valores de temperatura (primeira coluna) adequada à questão em estudo, e que se revela pelos valores obtidos do tempo necessário até se atingir o equilíbrio (segunda coluna) e rendimento do processo (terceira coluna). Os alunos apresentaram ainda, do lado direito da tabela, as condições experimentais em que os dados foram recolhidos.

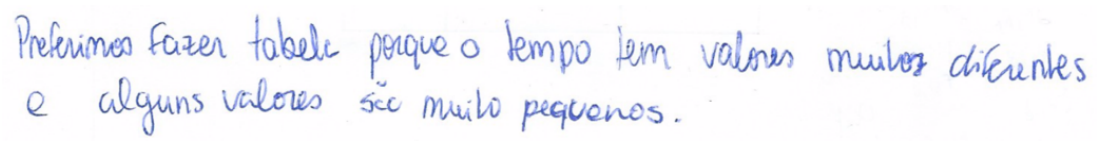


T/°C	t/min	rendimento (%)
300	34,09	11,52
350	1,96	9,33
400	0,16	6,95
450	0,02	4,94
500	<0,01	3,66

Pressão ~~ATM~~ = 200 ATM
Temperatura: - 100 °C
arrefecimento (cooling)
Flow rate: 13000 Vo
Catalyst: ~~regular~~ highest
Purge: 10% quality

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 5, Questão 3, grupo II)

Conforme o excerto abaixo apresentado, os alunos apontam uma justificação bastante válida e pertinente para organizar os dados em tabela:



Preferimos fazer tabela porque o tempo tem valores muito diferentes e alguns valores são muito pequenos.

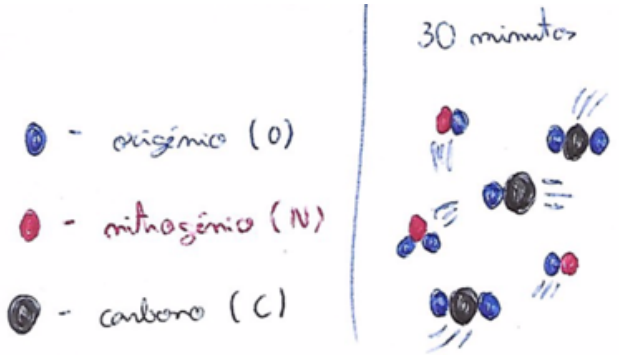
(Registo escrito dos alunos, Tarefa 5, Questão 3, grupo II)

Acerca da mesma questão, a professora nas suas notas de campo regista o seguinte:

> A maioria dos grupos de trabalho considerou primeiramente a construção de um gráfico, porque a questão anterior requeria a construção de um gráfico semelhante, mas também porque o espaço de resposta continha uma impressão de papel milimétrico para esse efeito. No entanto, deparando-se com o facto do tempo de equilíbrio da reação conter valores muito díspares incluindo "< 0,01 min" a maioria dos alunos entendeu que a organização dos dados em tabela seria o mais apropriado atendendo aos valores a apresentar.
>
> *(Notas de campo da professora, Tarefa 5)*

Os resultados apresentados evidenciam, assim, aprendizagens importantes ao nível da organização dos dados, incluindo sentido crítico e autonomia dos alunos na escolha da representação a utilizar.

Na representação visual das reações à escala molecular, observou-se também algumas evidências de aprendizagens. A primeira tarefa requeria a representação pictórica de uma reação com base na informação tabelada das concentrações das substâncias presentes na mistura reacional. No exemplo que se apresenta de seguida constata-se que os alunos, na legenda, procuraram representar o tamanho dos átomos de acordo com a proporção entre os seus raios atómicos, com a ressalva que o átomo de carbono é representado com dimensões ligeiramente desproporcionais em relação aos átomos de nitrogénio e oxigénio. Os alunos tiveram também a preocupação de representar a geometria das moléculas, apresentando o NO, CO e CO_2 com geometria linear e o NO_2 com geometria angular, e ainda representaram o movimento das moléculas. Teria sido importante que representassem a colisão entre moléculas que pudessem transmitir a ideia de ocorrência de reação.

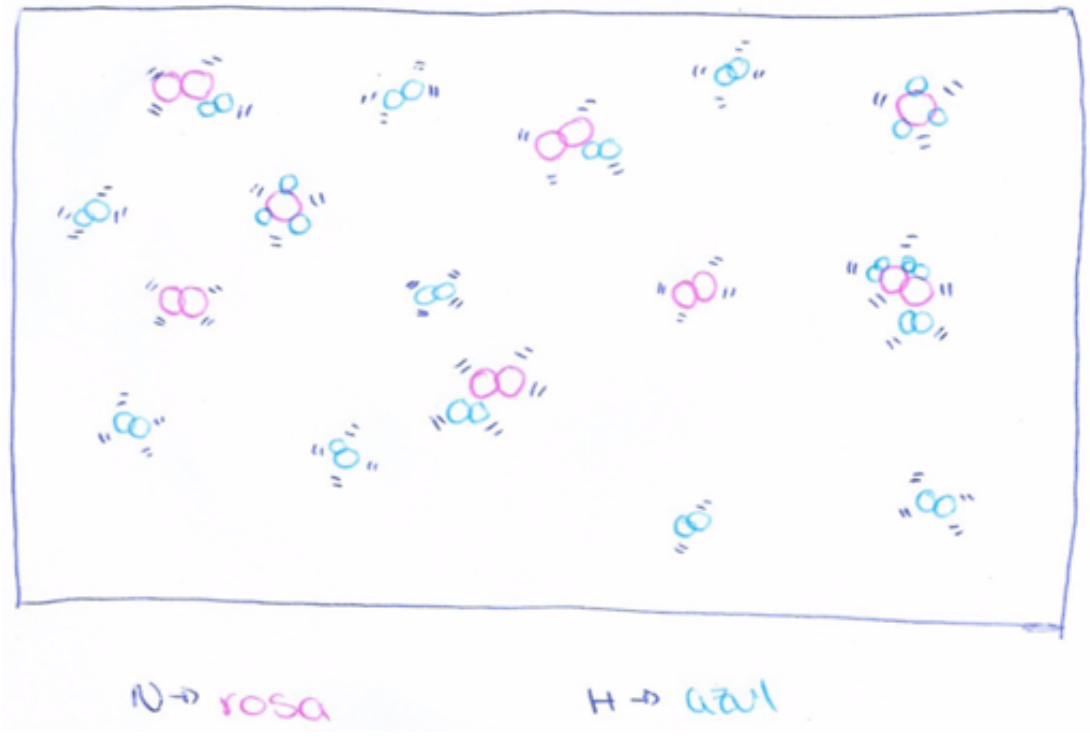


(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 4, grupo II)

Na quinta tarefa solicitava-se também a representação pictórica de uma reação, a síntese do amoníaco, tendo se verificado que em todos os registos os alunos não só procuraram representar o movimento das moléculas como a sua colisão e, em alguns casos, colisões que poderiam resultar em reação pela orientação das moléculas quando ocorre o contacto, e proporção em que as mesmas participam na reação (3 mol H_2 : 1 mol N_2). Contudo, todas as representações incidiram na reação direta, de formação do amoníaco, não havendo em nenhum caso a colisão entre moléculas de amoníaco no sentido de regenerar os reagentes, o que seria expectável tendo em conta o facto da reação ser reversível. A professora nas suas notas de campo, relativamente a esta tarefa, registou o seguinte:

> Foi assinalado, em discussão coletiva, que todos os grupos representaram colisões entre as moléculas no sentido de ocorrência da reação direta mas nenhum grupo procurou representar a reação inversa, tendo sido reforçada a ideia de ocorrência das duas reações em simultâneo, em reações reversíveis. Recordei aos alunos a segunda tarefa, na qual havia uma questão em que se representava a mistura reacional e a colisão entre reagentes, no sentido de formação de produtos, e colisão de produtos, no sentido de regeneração dos reagentes.

(Notas de campo da professora, Tarefa 5)



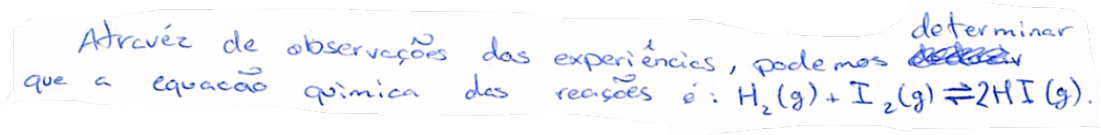
(Registo escrito dos alunos, Tarefa 5, Questão 5, grupo IV)

No exemplo apresentado constata-se também que os alunos tentaram representar os átomos de nitrogénio e hidrogénio de acordo com a proporção entre os seus raios atómicos, bem como respeitar a geometria das moléculas de N_2 e H_2 (geometria linear) e NH_3 (geometria piramidal). Nesta figura é notório que houve uma evolução positiva neste tipo de representação, donde se conclui que os alunos desenvolveram aprendizagens neste domínio.

Representação Simbólica

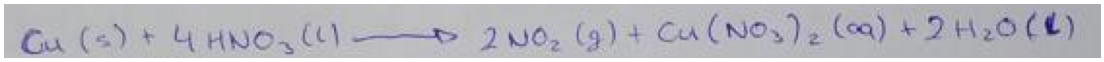
As aprendizagens que os alunos evidenciam no uso da representação simbólica revelam-se no uso da simbologia química.

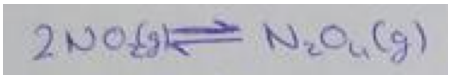
A simbologia química e a representação das reações, através das equações químicas, requer uma compreensão de fenómenos que ocorrem a nível submicroscópico. Nas respostas de alguns alunos às tarefas constatam-se não apenas dificuldades mas também aprendizagens neste modo de representação. No excerto da resposta a uma questão, abaixo apresentado, um grupo de alunos apresenta uma equação química de uma reação, identifica corretamente os reagentes e produtos de reação, o estado físico dos mesmos, e faz corretamente o acerto da reação, revelando compreender a relevância de representar a reação de acordo com as quantidades relativas com que se combinam os reagentes e se formam os produtos de reação.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 6, grupo V)

A atividade laboratorial enquadrada na terceira tarefa requeria que os alunos identificassem reações químicas reversíveis, que pudessem servir de base para o estudo dos fatores que afetam o equilíbrio químico. As informações fornecidas na tarefa não apresentavam as equações químicas, pelo que os alunos teriam que identificar as reações e representá-las simbolicamente através da respetivas equações. O trabalho desenvolvido e as respostas de alguns alunos evidenciam aprendizagens nesta área, conforme os excertos abaixo apresentados:

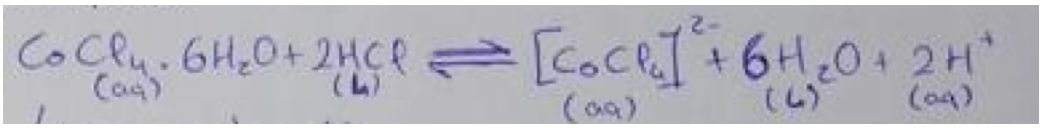




(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 3, grupo V)

Neste exemplo, é possível verificar que os alunos identificaram a reação de produção do NO_2, escreveram a respetiva equação e fizeram corretamente o acerto estequiométrico da mesma, identificaram o estado físico das substâncias e representaram por meio de uma seta → o facto da reação ser irreversível. Nota-se apenas que não deviam ter considerado o ácido nítrico no estado líquido (l) uma vez que não se encontrava no estado puro mas sim em solução aquosa (aq). Os alunos identificaram que a reação de equilíbrio a estudar é a de dimerização do NO_2 com a formação do N_2O_4, representando-a corretamente através da equação química, a qual representa por meio de duas semissetas de sentido contrário a reversibilidade da reação, apresenta as substâncias no estado gasoso e nas proporções em que participam na reação.

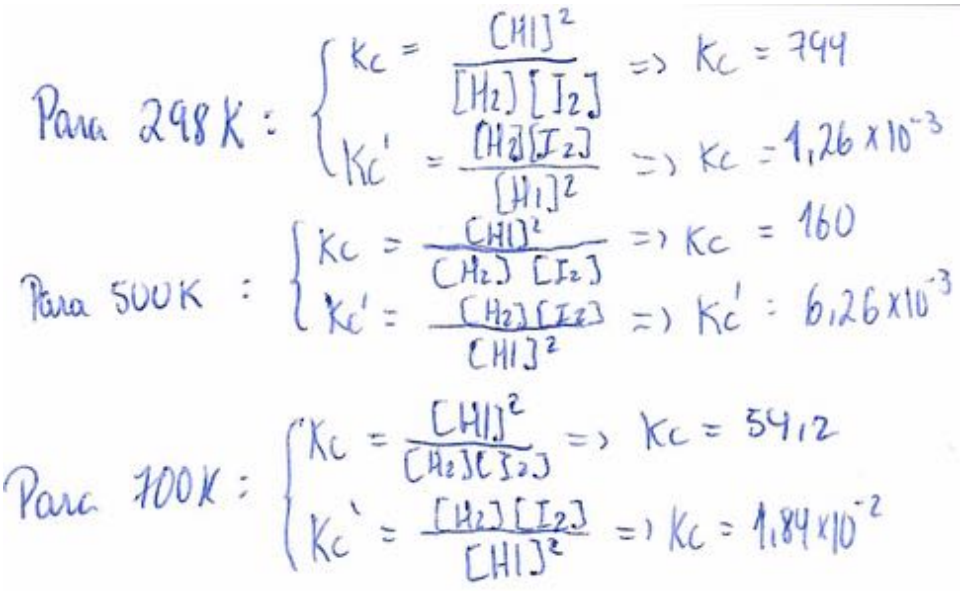
O mesmo grupo de alunos, na atividade laboratorial, para testar como a concentração afeta o equilíbrio químico, apresentou a equação química que representa a reação estudada:



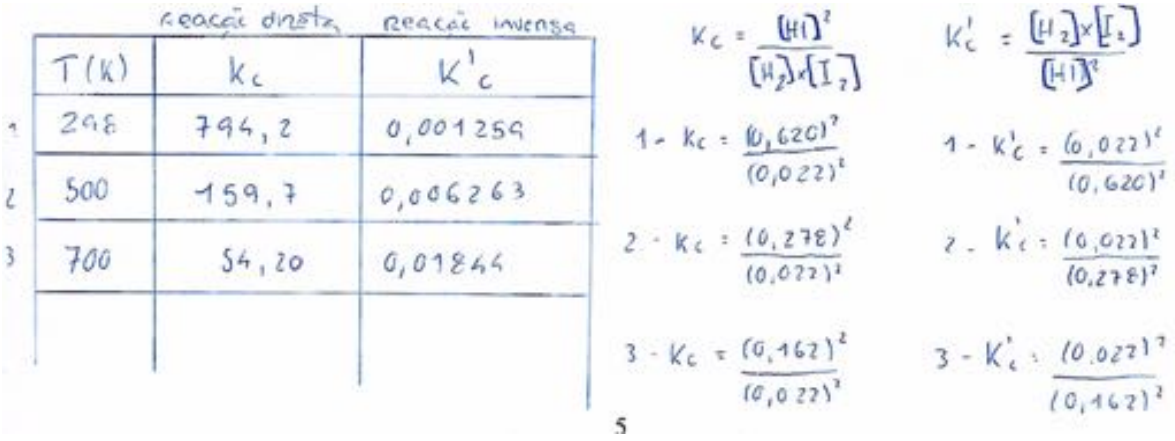
(Registo escrito dos alunos, Tarefa 3, Questão 3, grupo V)

Neste caso, os alunos apresentaram a equação química em que identificaram corretamente os reagentes e produtos de reação, fizeram o acerto estequiométrico da mesma, identificaram o estado físico das substâncias, e representaram por meio de duas semissetas de sentido contrário o facto da reação ser reversível. Contudo, apresentaram o HCl no estado líquido (l) quando este reagente, apesar de concentrado, se encontrava em solução aquosa (aq). Apesar desta falha, é notório que estes alunos evidenciam aprendizagens significativas no uso da simbologia química.

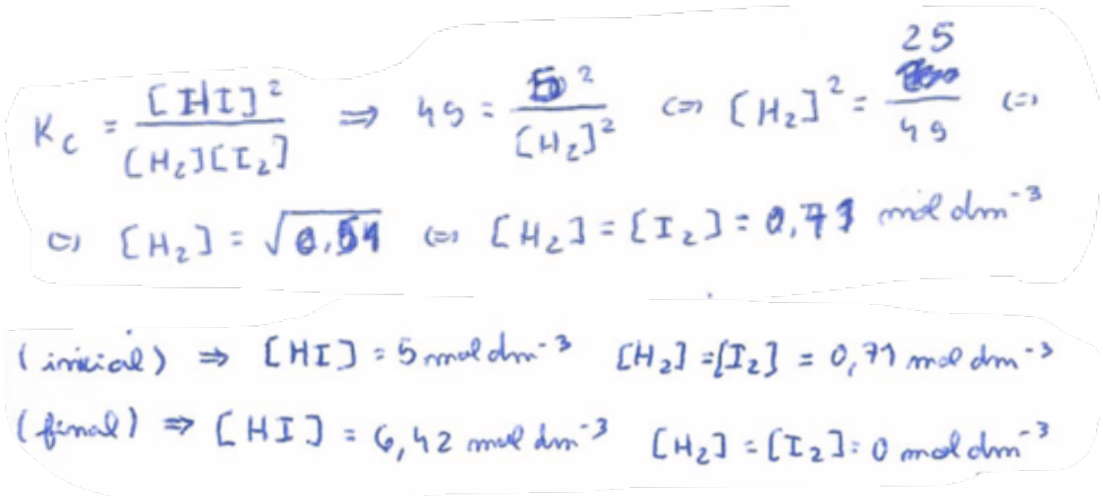
Outra aprendizagem que ocorre no estudo do equilíbrio químico diz respeito ao conceito de constante de equilíbrio e à utilização de parênteses retos para designar concentração. Apesar de alguns alunos revelarem dificuldades em usar esta simbologia de modo consistente, são vários os alunos que evidenciam aprendizagens e demonstram compreender o seu significado, conforme se apresenta nos seguintes registos escritos:



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 7, grupo II)



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 7, grupo I)



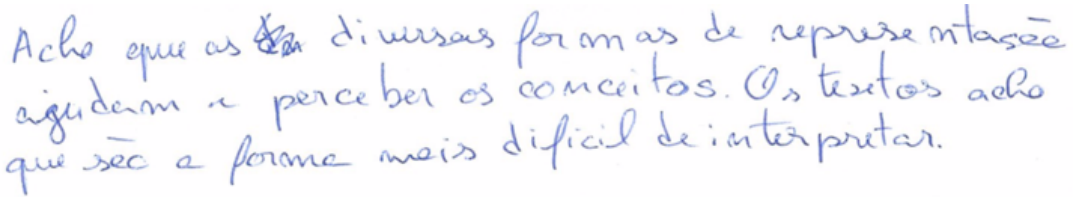
(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 6, grupo II)

Estes exemplos revelam que os alunos apresentam a constante de equilíbrio, K_c, usando a simbologia adequada para representar as concentrações de reagentes e produtos de reação e são consistentes utilizando sempre os parênteses retos para indicar as concentrações das substâncias nas respostas às questões e resolução de problemas, apresentando corretamente também as unidades, evidenciando aprendizagens efetivas no uso da representação simbólica.

TRANSIÇÃO ENTRE REPRESENTAÇÕES

Para além das aprendizagens no uso das representações analisadas, os alunos revelam ainda aprendizagens na transição entre representações. Apesar do desafio que constitui transitar e integrar diferentes representações, constata-se que a estratégia de usar diferentes representações pode facilitar o processo de ensino-aprendizagem do equilíbrio químico.

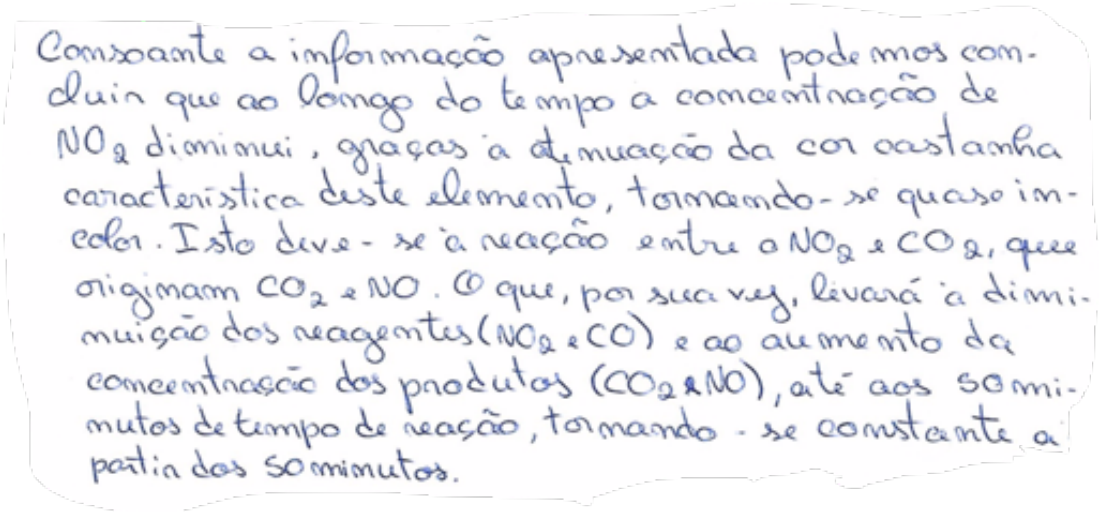
A representação verbal constitui uma das dificuldades sentidas pelos alunos, sendo a mais referida nas suas reflexões:



(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 2)

No entanto, mesmo na área das ciências, que possui uma linguagem e simbologia própria, a comunicação é praticamente impossível sem o recurso à representação verbal, e esta esteve sempre bastante presente em todas as tarefas. Não obstante as dificuldades reveladas pelos alunos na interpretação dos textos e informações fornecidas textualmente, observou-se também evidências de aprendizagem na transição e integração da representação visual e simbólica com a representação verbal.

A primeira tarefa apresentava informação recorrendo essencialmente às representações verbal e visual, procurando enquadrar a situação a analisar no nível macroscópico. Para responder à primeira questão colocada era necessário que os alunos relacionassem a informação textual com a figura que representava a progressão da cor do sistema reacional ao longo do tempo e a tabela com os valores das concentrações das substâncias participantes na reação em função do tempo de reação. A maioria dos alunos respondeu acertadamente à questão demonstrando, nas explicações que apresentaram, que atenderam não só aos valores das concentrações tabelados, mas também à figura em que se observava a atenuação da cor da mistura reacional ao longo do tempo, evidenciando aprendizagens na transição entre as representações.


Consoante a informação apresentada podemos concluir que ao longo do tempo a concentração de NO_2 diminui, graças à atenuação da cor castanha característica deste elemento, tornando-se quase incolor. Isto deve-se à reação entre o NO_2 e CO_2, que originam CO_2 e NO. O que, por sua vez, levará à diminuição dos reagentes (NO_2 e CO) e ao aumento da concentração dos produtos (CO_2 e NO), até aos 50 minutos de tempo de reação, tornando-se constante a partir dos 50 minutos.

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 1, Questão 1, grupo I)

Na terceira tarefa, em anexo, apresentava-se um conjunto de informações, recorrendo à representação verbal, sendo necessária a sua análise e interpretação no sentido de identificar reações que pudessem ser testadas na atividade laboratorial de estudo dos fatores que afetam o equilíbrio químico. Apesar das dificuldades no planeamento da atividade vários alunos compreenderam e conseguiam, através do texto, identificar as reações e representá-las em termos simbólicos. Esta atividade continha alguns desafios, nomeadamente o facto de uma das reações de equilíbrio a ser testada apenas poder ser realizada com uma substância gasosa produzida através de outra reação. Assim, os alunos tiveram que identificar e relacionar as duas reações bem como representá-las simbolicamente. Apresenta-se o exemplo de um dos grupos que conseguiu, com sucesso, interpretar a informação transmitida no modo verbal traduzindo-a para o modo simbólico:

$$Cu\,(s) + 4\,HNO_3\,(l) \rightarrow 2\,H_2O\,(l) + Cu(NO_3)_2\,(aq) + 2NO_2\,(g)$$

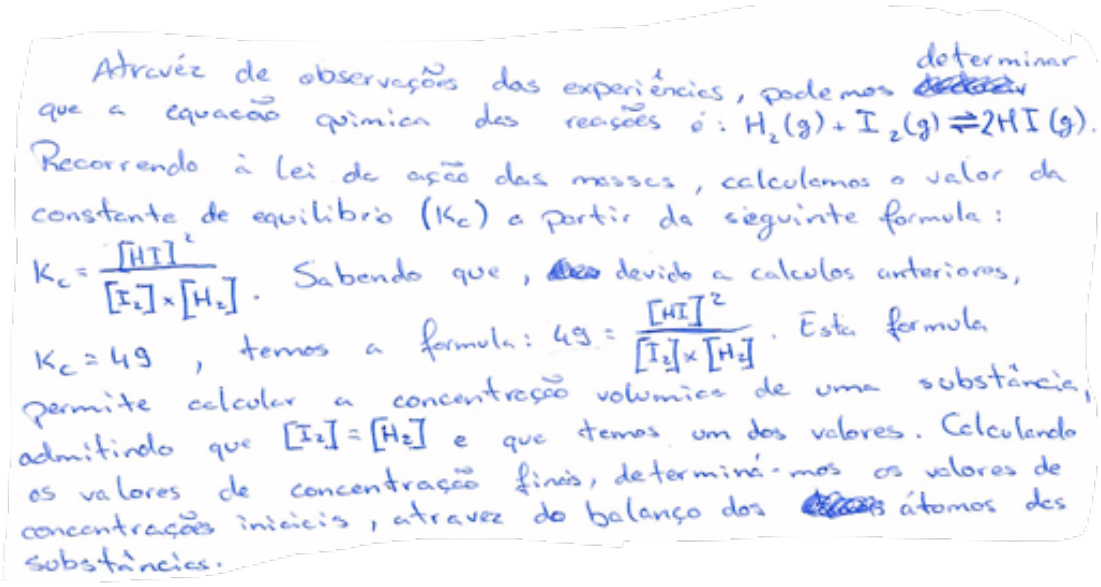
Que quando reage entre si pode formar:

$$2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4\,(g)$$

(Registo escrito dos alunos, Relatório da Tarefa 3, grupo I)

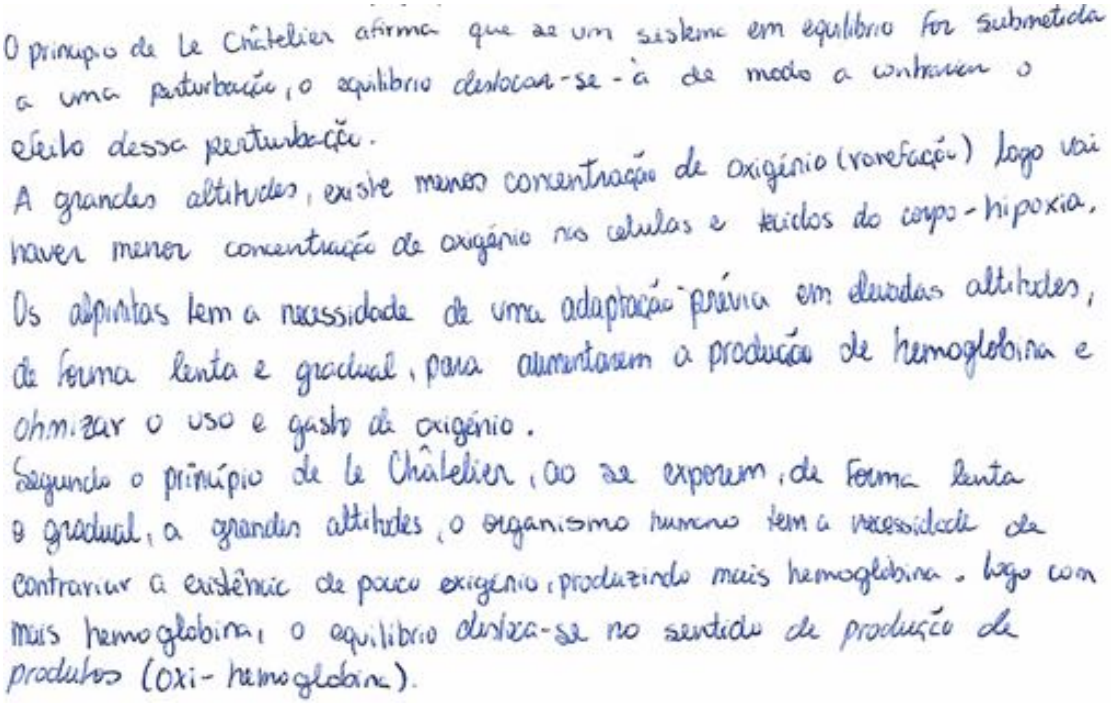
Outro exemplo semelhante já havia sido apresentado na análise das aprendizagens desenvolvidas na representação simbólica, constituindo ambos evidências de aprendizagens realizadas pelos alunos na transição e integração entre o modo verbal e simbólico.

Observou-se também, na segunda tarefa, que os alunos tinham que analisar informação apresentada no modo visual, e que relacionava os níveis macroscópico e submicroscópico. Na questão relacionada com essas imagens diversos alunos apresentaram a sua resposta recorrendo, principalmente, à representação simbólica (química e matemática). Houve, contudo, um grupo de alunos cuja resposta se baseou, essencialmente, na representação verbal, integrando alguns elementos do modo simbólico, conforme o registo abaixo apresentado. Este exemplo evidencia aprendizagens na transição entre as representações verbal, visual e simbólica.



(Registo escrito dos alunos, Tarefa 2, Questão 6, grupo V)

A segunda questão da quarta tarefa possui um texto com informação que é complementada por uma figura e uma tabela, cuja análise auxilia a entender a situação que se coloca, e que se pretende relacionar com o Princípio de Le Châtelier. A informação é disponibilizada recorrendo ao modo verbal e visual. O modo visual contem uma tabela que apresenta dados numéricos que facilitam bastante a compreensão da questão analisada e uma figura que remete para o nível submicroscópico e que auxilia a compreensão de alguns dados da tabela. Adicionalmente solicita-se aos alunos a construção de um gráfico de três variáveis cujos dados se consideram bastante relevantes para a compreensão da situação. A maioria dos alunos constrói o gráfico sem qualquer dificuldade (assunto discutido nas aprendizagens no modo visual) e vários alunos respondem satisfatoriamente à questão colocada. Esta questão era desafiante e requeria a análise e integração de informação fornecida em diferentes modos de representação pelo que o facto de diversos alunos terem respondido corretamente à questão evidencia aprendizagens na transição entre representações.


O princípio de Le Châtelier afirma que se um sistema em equilíbrio for submetido a uma perturbação, o equilíbrio desloca-se - à de modo a contrariar o efeito dessa perturbação.
A grandes altitudes, existe menos concentração de oxigénio (rarefação) logo vai haver menor concentração de oxigénio nas células e tecidos do corpo - hipoxia.
Os alpinistas tem a necessidade de uma adaptação prévia em elevadas altitudes, de forma lenta e gradual, para aumentarem a produção de hemoglobina e otimizar o uso e gasto de oxigénio.
Segundo o princípio de Le Châtelier, ao se exporem, de forma lenta e gradual, a grandes altitudes, o organismo humano tem a necessidade de contrariar a existência de pouco oxigénio, produzindo mais hemoglobina. Logo com mais hemoglobina, o equilíbrio desloca-se no sentido de produção de produtos (oxi- hemoglobina).

(Registo escrito dos alunos, Tarefa 4, Questão 4, grupo II)

Relativamente a esta questão da quarta tarefa a professora registou nas suas notas de campo:

> Circulei entre os grupos de trabalho e questionei os alunos sobre a sua compreensão acerca da figura 3, em particular a representação das moléculas de O_2 e N_2 e sua relação com a altitude e pressão barométrica. Nesta figura a pressão barométrica aumenta e a altitude diminui, de cima para baixo. Na tabela 1, apresentada depois da figura os dados estão dispostos de modo contrário, em que a que a pressão barométrica diminui e a altitude aumenta, de cima para baixo, pois fazia mais sentido apresentar os dados desta forma. No entanto, receei que tal causasse alguma confusão aos alunos. Fiquei positivamente surpreendida pois não detetei qualquer dúvida ou incompreensão da figura e tabela entre os alunos, tendo percecionado que estes compreenderam mais facilmente do que eu previa a representação das moléculas de O_2 e N_2 com a altitude e sua relação com a pressão barométrica.
>
> *(Notas de campo da professora, Tarefa 4)*

Em relação às representações utilizadas nesta tarefa apresentam-se alguns exemplos de reflexões dos alunos:

8. A imagem da questão 2 ajudou-me a entender a variação de O_2 que existe consoante a altitude assim como a tabela e o gráfico que fizemos na questão 3 também ajudaram na compreensão.

(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 4)

As tabelas e as figuras ajudaram a compreender e a entender melhor as questões da tarefa sobre o Princípio de Le Chatelier.

(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 4)

As tabelas, e as imagens ajudaram a compreender melhor as questões.

(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 4)

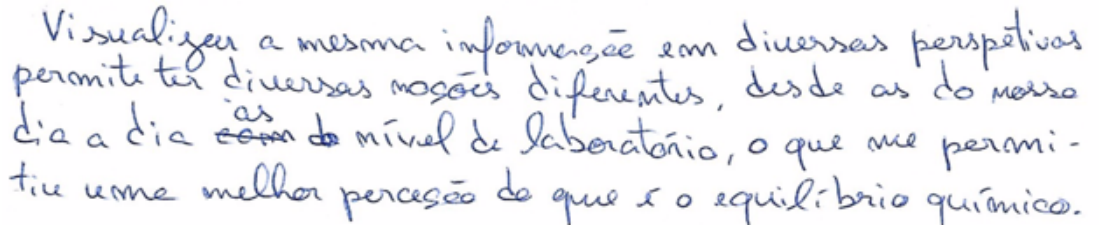
Em todas as tarefas solicita-se aos alunos uma reflexão sobre as representações e combinações que melhor ajudaram a compreender o tema e questões em estudo havendo nas respostas uma preferência pelas representações visuais mas sobretudo pela combinação de diferentes representações, conforme os excertos que se apresentam:

As minhas dificuldades foram a compreensão do texto mas quando interpretei as imagens fiquei a compreender melhor.

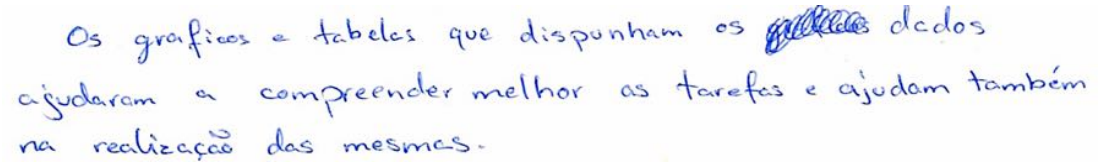
(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 1)

As representações ajudaram a compreender melhor o texto inicialmente apresentado, principalmente a figura 2, que nos permitiu entender o que acontece quando a garrafa está fechada.

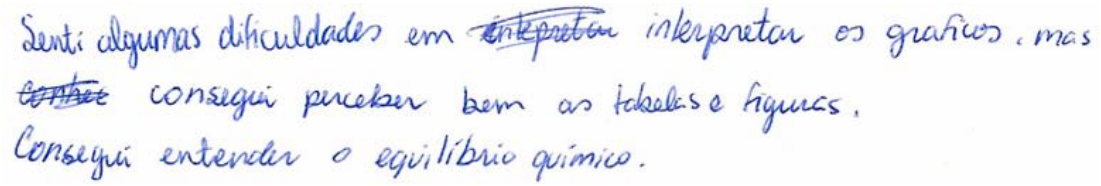
(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 1)


Visualizar a mesma informação em diversas perspetivas permitiu ter diversas noções diferentes, desde as do nosso dia a dia ~~com~~ às ~~do~~ nível de laboratório, o que me permitiu uma melhor perceção do que é o equilíbrio químico.

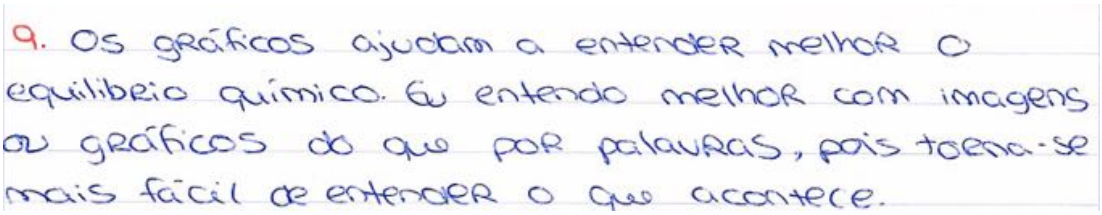
(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 1)


Os graficos e tabelas que dispunham os dados ajudaram a compreender melhor as tarefas e ajudam também na realização das mesmas.

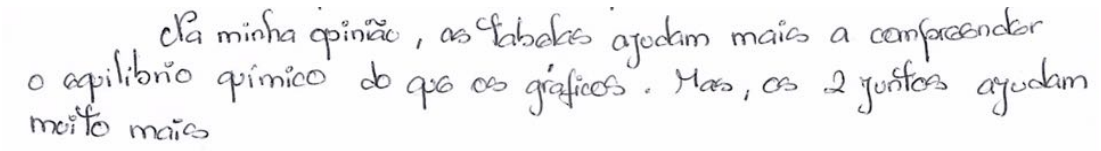
(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 2)


Senti algumas dificuldades em ~~interpretar~~ interpretar os graficos, mas ~~contudo~~ consegui perceber bem as tabelas e figuras.
Consegui entender o equilíbrio químico.

(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 1)


9. Os gráficos ajudam a entender melhor o equilíbrio químico. Eu entendo melhor com imagens ou gráficos do que por palavras, pois torna-se mais fácil de entender o que acontece.

(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 1)


Na minha opinião, as tabelas ajudam mais a compreender o equilíbrio químico do que os gráficos. Mas, os 2 juntos ajudam muito mais

(Registo escrito dos alunos, Reflexão da tarefa 2)

A análise efetuada aos resultados obtidos, e reflexões dos alunos relativamente às diferentes representações utilizadas, permite concluir que a utilização de representações múltiplas facilita o estudo e potencia a aprendizagem do equilíbrio químico.

CAPÍTULO VI

DISCUSSÃO, CONCLUSÃO E REFLEXÃO FINAL

Este trabalho teve por objetivo conhecer de que modo o uso de representações múltiplas contribui para o desenvolvimento das estruturas cognitivas e aprendizagens dos alunos no estudo do equilíbrio químico. Atendendo à problemática do estudo, estabeleceram-se três questões orientadoras que visaram identificar, em concreto, a evolução que ocorreu nas estruturas cognitivas dos alunos, as dificuldades sentidas e aprendizagens desenvolvidas na utilização de representações múltiplas.

Para responder às questões orientadoras utilizou-se uma metodologia de investigação qualitativa, recorrendo-se a diferentes instrumentos de recolha de dados. Para verificar a evolução ocorrida nas estruturas cognitivas dos alunos aplicou-se um WAT antes e depois da intervenção, cuja análise de dados seguiu uma metodologia semelhante ao descrito por Derman e Eilks (2016) e Nakiboglu (2008). Para identificar as dificuldades sentidas e aprendizagens desenvolvidas na utilização de representações múltiplas utilizou-se, para a recolha de dados, os documentos escritos dos alunos e as notas de campo da professora. Os dados recolhidos foram analisados segundo categorias e subcategorias de análise identificadas na literatura (Gilbert, 2005, p. 13) e que se consideraram adequadas ao estudo, permitindo dar resposta às questões orientadoras.

Este capítulo está organizado em três secções. Na primeira secção efetua-se a discussão dos resultados obtidos, na segunda secção apresenta-se a conclusão do estudo, e na terceira secção efetua-se uma reflexão final sobre este trabalho de cariz investigativo.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

No que respeita à evolução ocorrida nas estruturas cognitivas dos alunos, como resultado da sequência didática de lecionação do equilíbrio químico, utilizando representações múltiplas, implementada neste estudo, a análise e comparação dos dados obtidos nos dois momentos de aplicação do WAT, antes e após a intervenção, permitiram constatar mudanças nas estruturas cognitivas dos alunos.

O mapa das estruturas cognitivas dos alunos, resultante do pré-teste realizado antes da sequência didática, apresentado na Figura 5.1, revelou que as estruturas cognitivas dos alunos foram caracterizadas pela presença de ilhas isoladas em todos os intervalos de frequência, o que indica uma organização estática das suas estruturas cognitivas (Derman & Eilks, 2016), sem associações diretas entre as palavras estímulo, verificando-se apenas uma ligação entre duas palavras estímulo através de palavras associadas. Constatou-se, assim, que nas estruturas de conhecimento dos alunos os conceitos não se relacionam entre si. Verificou-se ainda que a maioria das palavras resposta não se relacionam com o estudo do equilíbrio químico. De facto, a análise qualitativa das frases escritas pelos alunos no pré-teste permitiu avaliar a natureza das relações estabelecidas entre as palavras que associaram, tendo-se constatado que algumas das relações que estabelecem estão associadas à sua vivência e experiências do quotidiano ou a conhecimentos do senso comum, e a aprendizagens realizadas em anos anteriores associadas à química ou às ciências naturais mas sem relação com o equilíbrio químico. Verificou-se também que algumas palavras estímulo não são familiares aos alunos, tendo estes procurado deduzir ou adivinhar o seu sentido através do significado das palavras, emergindo algumas conceções erróneas. Relativamente a "reação reversível" houve frases que sugeriram que a formação de produtos e a regeneração dos reagentes não ocorrem em simultâneo mas em momentos distintos e sequenciais, o que constitui uma conceção alternativa descrita na literatura (Erdemir et al., 2000; Hackling & Garnett, 1985; Maskill & Cachapuz, 1989; Özmen, 2008). No que respeita à palavra estímulo "equilíbrio químico" surge também nas frases a ideia de equivalência entre a concentração/quantidade de reagentes e produtos, o que também constitui uma conceção alternativa descrita na literatura (Erdemir et al., 2000; Hackling & Garnett,

1985; Maskill & Cachapuz, 1989; Özmen, 2008). A ideia de "igualdade" e "estabilidade" surge nas palavras resposta, apresentadas no Quadro 5.1, tendo Gussarsky e Gorodetsky (1990) alertado que estas palavras decorrem dos conceito de equilíbrio da física ou da vida quotidiana, como andar de bicicleta ou acrobacias de circo, mais associados a atributos de natureza estática, que se diferenciam dos de natureza dinâmica associados ao equilíbrio químico (p. 198). Assim, de acordo com os mesmos autores, "O conceito de equilíbrio químico é um conceito que pode ser mal interpretado por causa de outros usos do rótulo equilíbrio" acrescentando que "É importante que o professor esteja ciente dessa forte associação antes da aprendizagem" (Gussarsky & Gorodetsky, 1990, p. 203).

Há ainda a acrescentar que alguns alunos não elaboraram frases relacionando as palavras estímulo com as suas palavras resposta, e outros não apresentaram palavras resposta para algumas palavras estímulo. Constatou-se, assim, que os alunos apresentaram ideias desconexas relativamente aos conceitos associados às palavras estímulo, mostrando possuir conhecimentos muito fracos, e uma estrutura cognitiva muito pobre, justificável pelo facto de se tratar de um tema que os alunos, nessa fase, ainda não haviam estudado.

O mapa das estruturas cognitivas dos alunos, resultante do pós-teste, apresentado na Figura 5.2, mostrou uma evolução das conceções iniciais dos alunos após a sequência didática, utilizando representações múltiplas, e uma alteração notória nas suas estruturas cognitivas. O que se constata de imediato é que praticamente todas as palavras resposta estão contextualizadas no equilíbrio químico, sendo poucas as palavras que não estejam relacionadas com este tema, mostrando que as suas estruturas mentais de conhecimento se reorganizaram, formando novos tipos de associações, o que sugere um desenvolvimento das suas estruturas cognitivas. Apesar desta evolução, verificou-se nos dois níveis referentes aos intervalos de frequências mais elevadas a inexistência de associações entre as palavras estímulo, o que se revela na presença de ilhas isoladas. No entanto, a análise das frases escritas mostra que os alunos estabelecem mais relações entre as palavras estímulo, sejam relações diretas ou através de palavras associadas, do que as que emergem dos mapas das estruturas cognitivas pelo facto de não registarem palavras que apresentam nas frases como resposta às palavras estímulo. No nível referente ao

intervalo de frequências mais baixas observa-se a existência de uma rede única, sem ilhas isoladas, onde todas as palavras estímulo se encontram ligadas diretamente ou através de palavras associadas, verificando-se ainda novas associações entre palavras estímulo e palavras resposta, o que resulta numa maior complexidade das ligações estabelecidas. Apesar deste constituir o nível em que as associações efetuadas são mais fracas, observa-se no mapa um arranjo mais complexo dos conceitos relacionados com o equilíbrio químico. Nos intervalos de frequências mais elevadas essa complexidade não se revela nos mapas mas sim nas frases escritas pelos alunos, conforme atrás descrito.

Ainda no que respeita à análise qualitativa das frases dos alunos constata-se também que, após a intervenção, os alunos apresentam ideias mais claras e coerentes, com associações a conceitos mais complexos, ainda que, em alguns casos, seja difícil entender a fronteira entre o conhecimento declarativo, baseado na memorização de termos e ideias exploradas nas aulas, e uma compreensão efetivamente mais profunda dos conceitos. Tal deve-se, provavelmente, ao facto dos testes serem efetuados num tempo reduzido, o que não permite a produção de frases e desenvolvimento de ideias muito complexas.

Face às diferenças observadas nos resultados do pré-teste e pós-teste, não só pela análise dos mapas mas também pela natureza das associações de palavras reveladas nas frases dos alunos, pode-se afirmar que a sequência didática lecionada, com recurso às representações múltiplas, resultou numa organização de ideias e num desenvolvimento das estruturas cognitivas dos alunos. Esta conclusão é concordante com outros estudos realizados que apontam para uma melhoria nas aprendizagens dos alunos por recurso às representações múltiplas (Al-Balushi & Al-Hajri, 2014; Baptista et al., 2019) e com as mudanças que ocorrem nas estruturas cognitivas dos alunos como resultado do processo de aprendizagem (Baptista et al., 2019; Nakiboglu, 2008).

Atendendo à segunda questão orientadora deste trabalho, de acordo com a análise de dados realizada foi possível identificar as dificuldades sentidas pelos alunos, no estudo do equilíbrio químico, associadas à utilização de diferentes modos de representação, nomeadamente representação verbal, visual e simbólica, e à transição entre representações.

No que respeita à representação verbal as maiores dificuldades evidenciadas pelos alunos relacionam-se com a utilização da linguagem científica, e com a compreensão e expressão escrita. As dificuldades detetadas no uso da linguagem científica relacionam-se com palavras e termos que foram introduzidos no estudo do equilíbrio químico, os quais os alunos desconheciam ou não estavam familiarizados no contexto deste tema. Foram constatadas diversas falhas nos registos escritos dos alunos, e de acordo com o registado pela professora nas suas notas de campo as dificuldades deveram-se não só ao facto dos alunos demorarem algum tempo até se adaptarem à terminologia científica, recorrendo a palavras ou expressões que na linguagem do quotidiano se afiguram como sinónimos, como ainda ao facto de alguns vocábulos em ciências possuírem um sentido distinto da linguagem do dia a dia dos alunos. Estas observações estão de acordo com as dificuldades apontadas por Wellington (2000), que defende que para os alunos a linguagem constitui uma barreira em ciências e que para muitos alunos continua a ser o principal obstáculo à aprendizagem (p. 189). Este autor justifica que em ciências algumas palavras possuem um significado preciso, ou uma definição exata, mas um significado muito diferente na linguagem do quotidiano (Wellington, 2000, p. 3).

A compreensão e expressão escrita constituiu outra dificuldade evidenciada pelos registos escritos dos alunos e notas de campo da professora. Foram anotadas dificuldades na interpretação e compreensão de textos, nomeadamente quanto às ideias principais dos mesmos, o que se poderá justificar com o facto desta competência linguística necessitar de ser desenvolvida através da leitura havendo, no entanto, estudos recentes que indicam que os alunos do 3.º ciclo e ensino secundário leem cada vez menos justificando esta realidade, em parte, com as mudanças tecnológicas ocorridas na última década que resultaram num crescimento e diversificação das redes sociais e conteúdos digitais com os quais os estudantes ocupam bastante tempo (Mata et al., 2020). Os alunos revelaram também

dificuldades na produção escrita, apresentando, por vezes, respostas pouco claras, mal estruturadas e inconsistentes, constatados pelos seus registos escritos. Esta dificuldade foi reconhecida pelos alunos nas suas reflexões no final das tarefas e identificada nas notas de campo da professora, que constatou durante as aulas que os alunos mostravam-se indecisos e inseguros quanto à escrita, demorando consideravelmente mais tempo na redação das respostas do que na análise e compreensão das questões, o que resultou num atraso no cumprimento dos tempos destinados a cada tarefa. Estas dificuldades não estão muitas vezes associadas ao uso da linguagem científica, mas à competência linguística dos alunos. De modo a ultrapassar estas dificuldades é importante estimular a leitura, a oralidade e escrita dos alunos proporcionando-lhes momentos para trabalhar estas competências em ciências (Festas & Castro, 2013; Wellington, 2000). A organização da proposta didática e tarefas contemplou vários momentos de trabalho autónomo em pequenos grupos, de pesquisa de informação, de explicação do raciocínio seguido, justificação de conclusões e discussões coletivas, o que proporcionou diversas oportunidades para os alunos desenvolverem as suas competências linguísticas.

Relativamente à representação visual destacaram-se as dificuldades relacionadas com a interpretação e construção de gráficos, organização de dados, elaboração de esquemas ou fluxogramas e interpretação/compreensão de animações gráficas.

As dificuldades na interpretação e construção de gráficos foram detetadas nos registos escritos dos alunos, e por si reconhecidas nas reflexões referentes às primeiras tarefas, abrangendo não só a falta de domínio referente aos diferentes elementos gráficos (escala, eixos, unidades, legendas) mas também a compreensão de informação mais abstrata como os máximos e mínimos das curvas e a variação do seu declive. Estas conclusões são concordantes com diversos autores que apontam para as dificuldades dos alunos na compreensão de gráficos em diferentes contextos e domínios (Ivanjek et al., 2016), bem como na construção e interpretação de gráficos relacionados com a cinética e equilíbrio químico (Chinaka & Qwabe, 2023; Glazer, 2011). Glazer (2011) defende que a prática na competência gráfica (interpretação e produção) deve ser proporcionada frequentemente aos alunos, em diferentes níveis de ensino, ao longo dos anos, para alcançar uma compreensão e

competência progressivamente mais sofisticadas (p. 204). Indo ao encontro destas recomendações e das estratégias propostas nos referenciais curriculares (Direção-Geral da Educação, 2018, p. 2), as tarefas realizadas neste trabalho procuraram desenvolver esta competência nos alunos, requerendo não só a leitura e interpretação de gráficos mas também a sua construção, de forma a potenciar a compreensão deste modo de representação.

A organização de dados e elaboração de esquemas ou fluxogramas constituíram também, para alguns alunos, uma dificuldade, que se centrou essencialmente na estruturação da informação, constituindo esta uma lacuna dos alunos já descrita na literatura (Krajcik et al., 1998, p. 313).

Foi também registado nas notas de campo da professora dificuldade na compreensão de uma animação gráfica referente a uma reação incompleta e reversível de equilíbrio, pelo facto dos alunos não conseguirem processar toda a informação contida na animação, tendo havido necessidade de despender bastante tempo na sua análise. A opção por este modo de representação, e esta animação em particular, teve por intenção proporcionar aos alunos a possibilidade de "visualização" da ocorrência da reação direta e inversa em simultâneo, das colisões eficazes e não eficazes entre moléculas, transmitindo o caráter dinâmico do equilíbrio químico mas evitando vídeos e animações que apresentam as reações direta e inversa alternadamente, o que poderia alimentar ou reforçar esta conceção alternativa extensamente descrita na literatura (Erdemir et al., 2000; Hackling & Garnett, 1985; Maskill & Cachapuz, 1989; Özmen, 2008). A respeito das animações Tversky (2005) é bastante crítica quanto à sua utilização argumentando que estas são frequentemente muito complexas, contendo muitos elementos móveis, e que o olho e a mente não conseguem capturar as mudanças que ocorrem em momentos exatos, pelo que os iniciantes nem sabem onde e o que procurar (p. 38). No entanto, Kozma e Russell (2005) referem diversos estudos evidenciando as vantagens da utilização de animações no estudo da química (pp. 138-139). Penso que a maior diferença reside precisamente na ação de um professor ou instrutor que orienta os alunos na exploração da animação dando tempo para observar e discutir os diversos aspetos representados. Dadas as dificuldades constatadas pela professora na interpretação da animação apresentada aos alunos, o tempo dedicado à sua exploração foi alargado

tendo-se promovido um momento de discussão para analisar as diversas partes e elementos da animação. Assim, nas reflexões dos alunos, ninguém se referiu a dificuldades na compreensão da animação gráfica, o que sugere que, após as dificuldades iniciais, os alunos compreenderam a animação apresentada.

Em relação à representação simbólica as dificuldades centraram-se no uso da simbologia química, mas também se verificaram na simbologia matemática, expressão de resultados e unidades. Estas dificuldades observadas, essencialmente, nos registos escritos dos alunos devem-se, em parte, ao facto dos alunos demorarem algum tempo a familiarizarem-se com este tipo de representação, o que foi evidente pelo facto de, na resposta à mesma questão, por vezes usarem a simbologia correta e outras vezes ignorarem o seu uso, como na utilização de parênteses retos para designar concentração, ou na expressão de resultados com e sem unidades. Por outro lado, as lacunas ou falhas que evidenciaram na apresentação das equações químicas podem encerrar outro tipo de dificuldades, como a compreensão da simbologia e modelos químicos implícitos nesta representação. Taber (2009) considera que a representação simbólica em química pode constituir uma fonte de dificuldades de aprendizagem (p. 76) e que o domínio desta simbologia depende de uma compreensão teórica sólida dos princípios conceituais que são assumidos e estão implícitos nas representações (p. 77). Assim, algumas dificuldades evidenciadas pelos alunos podem indiciar um conhecimento substantivo prévio deficiente ou pouco consolidado.

Na transição entre representações os alunos revelaram dificuldades envolvendo essencialmente a representação verbal, o que é natural dado as lacunas reveladas na compreensão e produção de textos e as dificuldades já descritas por diversos autores na transição entre representações (Ainsworth, 1999; Tabachneck et al., 1994). A transição entre diferentes níveis de representação também resultou em algumas dificuldades, com a representação simbólica da reação química, reagentes no lado esquerdo e produtos de reação no lado direito da equação química, a sobrepor-se ou fundir-se com o conceito de reação, o que dificulta a transição para o nível submicroscópico pois os alunos "visualizam" os reagentes e produtos em compartimentos, em vez de conceberem a imagem de mistura reacional com os reagentes e produtos misturados. Esta ideia revelou-se nos registos escritos dos

alunos, nos seus textos e numa representação visual de reação, e foi também registado nas notas de campo da professora. Gussarsky e Gorodetsky (1990) já haviam identificado uma conceção errónea dos alunos acerca das reações químicas alertando que estes falham em entender a mistura de reagentes e produtos na reação química, vendo os reagentes e produtos separadamente (p. 202). Os referidos autores entendem que esta conceção relaciona-se com o conceito de equilíbrio químico em que os alunos, por analogia com uma balança, entendem que os reagentes e produtos equilibram-se em separado. No entanto, os resultados do presente estudo indiciam antes que esta conceção errónea provém da simbologia da equação, e de um ensino da química muito assente no nível simbólico.

A análise dos dados recolhidos, pelos registos escritos dos alunos e notas de campo da professora, permitiram responder à terceira questão orientadora deste trabalho, identificando as aprendizagens desenvolvidas pelos alunos, no estudo do equilíbrio químico, associadas à utilização de diferentes modos de representação, nomeadamente representação verbal, visual e simbólica, e à transição entre representações.

No que respeita à representação verbal foi possível verificar, no decorrer das tarefas, aprendizagens ao nível da utilização da linguagem científica com os alunos a ultrapassar as dificuldades inicialmente reveladas, adaptando-se à terminologia científica e incorporando nas suas respostas os vocábulos e expressões novas associadas ao equilíbrio químico.

Constataram-se também aprendizagens ao nível da representação visual, nomeadamente na interpretação e construção de gráficos, tendo as dificuldades observadas nas primeiras tarefas sido superadas, dando lugar nas últimas tarefas a uma crescente confiança dos alunos neste modo de representação, havendo o reconhecimento da parte destes do contributo dos gráficos para a compreensão das questões e conceitos em estudo. Estas aprendizagens foram estimuladas pelas oportunidades que as tarefas proporcionaram aos alunos de utilizar a representação gráfica, quer através da construção de gráficos quer através da sua interpretação, conforme defendido por Glazer (2011, p. 204). Através dos registos escritos dos alunos e notas de campo da professora foi possível também constatar aprendizagens na organização de dados, quer ao nível da estrutura e clareza das representações

utilizadas pelos alunos, quer pela autonomia que demonstraram na escolha das representações e justificação das mesmas.

Os alunos evidenciaram também aprendizagens no que respeita à representação simbólica, havendo alunos a utilizar de modo consistente a simbologia química e matemática nas respostas às questões e a apresentar equações químicas mais complexas e com poucas falhas.

Na transição entre representações houve diversas evidências de desenvolvimento de aprendizagens uma vez que os alunos foram capazes de compreender e responder a questões, recorrendo à combinação de diferentes representações, sua interpretação e/ou produção, adquirindo conhecimentos e conceitos significativos associados ao estudo do equilíbrio químico. Esta conclusão foi ainda concordante com as reflexões dos alunos que defendem que a utilização de diferentes representações facilita as aprendizagens e que algumas representações ajudam na compreensão de outras. Apesar das dificuldades que a transição entre representações constitui para os alunos (Ainsworth, 1999; Tabachneck et al., 1994), verificou-se que a transição entre representações pode também conduzir a uma compreensão mais profunda de conceitos mais abstratos, conforme defendido por Ainsworth (1999, p. 147).

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho de cariz investigativo permitiram concluir sobre a evolução das estruturas cognitivas dos alunos, as dificuldades sentidas e as aprendizagens por si desenvolvidas na utilização das representações múltiplas no estudo do Equilíbrio Químico.

A utilização de representações múltiplas constitui uma abordagem ao ensino em ciências que, segundo alguns autores (Ainsworth, 2008; Tsui e Treagust, 2013) facilita a compreensão e aprendizagem de conceitos científicos complexos. Assim, e atendendo ao facto da complexidade do estudo da química ser amplamente reconhecido (Bodner, 1992; Gabel, 1993; Gilbert, 2005; Johnstone, 1982, 2000,

2006), adoptou-se neste trabalho o quadro conceptual referente às representações múltiplas, tendo a sequência didática sido desenvolvida recorrendo a múltiplos modos de representação, procurando através da sua utilização facilitar a transição entre os diferentes níveis de representação (macroscópico, submicroscópico e simbólico). Entenda-se que por utilização de representações múltiplas considera-se não só a apresentação de diferentes modos de representação, que requerem que os alunos analisem e interpretem, mas também o seu envolvimento na construção de representações e opção quanto à representação mais adequada a utilizar, indo ao encontro do argumento apresentado por Ainsworth (2008, p. 203) de que a construção de representações conduz a uma melhor compreensão e interpretação desses modos de representação.

A sequência didática desenvolvida consistiu num conjunto de cinco tarefas de cariz exploratório e de investigação, tendo os alunos efetuado pesquisas de informação, resolvido problemas/questões recorrendo a diferentes representações, formulado hipóteses, planificado investigações para testar as hipóteses formuladas, observado, registado, analisado e interpretado informação, apresentado e justificado as suas conclusões, e participado em discussões em pequenos grupos e em turma. Esta estratégia de ensino colocou, efetivamente, o aluno no centro do processo de ensino-aprendizagem, e promoveu o seu envolvimento e participação na construção do próprio conhecimento, desenvolvimento de novos conceitos, de novas representações e procedimentos. Esta rutura com um ensino mais tradicional, centrado no professor, em que os alunos são sujeitos à exposição dos conteúdos, conceitos, e exemplos proporcionados pelo professor, seguindo-se momentos de resolução de exercícios, resultou em dificuldades diversas nas primeiras tarefas. Os alunos tiveram alguma relutância em assumir uma maior participação no processo de aprendizagem, e dificuldade em gerir e encontrar estratégias para ultrapassar essas dificuldades. Com frequência solicitavam orientação da professora, antes de discutirem com os colegas de grupo as suas dúvidas, revelando pouca autonomia. Com a continuidade da intervenção, notou-se uma melhoria bastante significativa na atitude dos alunos, na sua confiança e autonomia, principalmente nos alunos mais fracos. O recurso às representações múltiplas constituiu também uma abordagem que facilitou bastante a adaptação a esta estratégia de ensino pois os alunos sentiram que, de facto, alguns modos de representação facilitavam a compreensão de outras

representações, e que a combinação de diferentes representações possibilitavam uma visão mais clara e abrangente das questões e tópicos em estudo.

Com este trabalho concluiu-se que a utilização das representações múltiplas, no estudo do Equilíbrio Químico, resultou numa organização de ideias e num desenvolvimento das estruturas cognitivas dos alunos, que se apresentaram mais ricas e complexas após a intervenção. Concluiu-se também que os alunos desenvolveram um conjunto de aprendizagens significativas no domínio do equilíbrio químico, e competências importantes preconizadas nos documentos de referência que orientam o desenvolvimento do currículo, as Aprendizagens Essenciais (Direção-Geral da Educação, 2018) e o Perfil de Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória (Martins et al., 2017). As tarefas desenvolvidas revelaram-se muito exigentes para os alunos, o que se manifestou nas dificuldades encontradas, no entanto, os momentos de discussão coletiva constituíram oportunidades importantes para os alunos compararem respostas e pontos de vista permitindo situarem-se quanto às suas aprendizagens e identificarem aspetos a melhorar.

Os resultados obtidos permitem concluir pelas potencialidades da utilização das representações múltiplas no estudo do equilíbrio químico, o que vai ao encontro de diversos estudos sobre o uso de representações múltiplas em outras áreas da química (Al-Balushi & Al-Hajri, 2014; Baptista et al., 2019; Sunyono et al., 2015).

REFLEXÃO FINAL

Uma reflexão sobre este trabalho envolve necessariamente reconhecer as diversas aprendizagens realizadas ao longo do mestrado, nas diferentes unidades curriculares, que constituíram uma base fundamental para a preparação e realização deste trabalho, e sem as quais seria quase impossível iniciar a prática supervisionada.

A oportunidade de desenvolver este trabalho de cariz investigativo revelou-se extremamente rica e desafiante, tendo possibilitado uma melhor compreensão da importância do trabalho do professor dentro e fora da sala de aula. Na conceção, planificação e implementação da sequência didática, houve diversos aspetos importantes a considerar.

A conceção e articulação das tarefas, em função dos objetivos de aprendizagem, e dos interesses dos alunos no contexto em que se inserem, requereram um extenso trabalho de pesquisa. Muitos das opções que tomei e dos recursos e conteúdos didáticos que selecionei tiveram a intenção de evitar conceções alternativas e colmatar as dificuldades dos alunos descritas na literatura. Revelou-se bastante difícil encontrar simulações, animações e figuras que não apresentassem elementos que considerei poderem transmitir ideias erróneas acerca do tema em estudo ou dos modelos químicos.

A planificação das aulas constituiu para mim um trabalho complexo, cujas maiores dificuldades assentaram sobretudo na antecipação das dificuldades dos alunos e na estimativa dos tempos destinados a cada momento de aula. Penso, contudo, que é fundamental que o professor reflita sobre as potenciais dificuldades, dúvidas, e equívocos dos alunos de modo a antecipar estratégias que possam ultrapassar as mesmas. Quanto à previsão da duração de cada etapa das tarefas penso ser importante os alunos terem tempo para explorar as questões, efetuar pesquisas e discutir ideias e estratégias de acordo com o seu ritmo e nível de desenvolvimento. Uma das maiores dificuldades que encontrei na prática de ensino supervisionada relaciona-se com a diferença de ritmos de trabalho dos alunos. Considero fundamental que todos tenham oportunidade de aprender, pelo que me é muito difícil prosseguir o trabalho sem o acompanhamento de todos os alunos, no entanto, dado que as tarefas contemplavam diversos momentos de discussão coletiva, houve ocasiões em que alguns alunos terminaram etapas do seu trabalho e ficaram à espera dos colegas de outros grupos para a realização da discussão em turma.

A implementação das tarefas preparadas proporcionou-me alguns dos melhores momentos deste trabalho. Apesar de serem aulas cansativas que requereram mobilizar bastante concentração, atenção e energia, senti-me sempre extremamente realizada por observar o interesse e mobilização dos alunos no cumprimento das tarefas, constatando e contribuindo para o seu progresso. Gostei particularmente de presenciar o diálogo entre os alunos, a interação entre estes, ouvir as suas dúvidas, questionando-os de modo a provocar o seu raciocínio, levando-os a dar sentido às suas ideias. Penso que um dos aspetos fundamentais na prática docente é a criação de um ambiente de confiança com os alunos, e entre os alunos, para que todos se sintam

seguros de expor as suas dúvidas e ideias, bem como se sintam estimulados a explorar caminhos diferentes e valorizados pelo seu empenho.

Achei também particularmente interessante a análise dos resultados obtidos, tendo através dos dados e das evidências recolhidas, uma maior consciência da importância dos professores estarem atentos às dificuldades dos alunos e suas causas, percebendo a necessidade de procurar formas de ação adequadas para colmatar e ultrapassar essas dificuldades, bem como perceber como os alunos aprendem, analisando as aprendizagens que efetuaram. Esta análise e avaliação dos resultados, face aos objetivos propostos e alcançados, constituiu também uma experiência importante para a construção do meu conhecimento profissional, e para uma revisão e adequação das minhas práticas pedagógicas numa perspetiva de melhoria contínua, no sentido de potenciar e facilitar o processo de ensino-aprendizagem. A leitura de diversos estudos na área da educação em ciências alertou-me também para as imensas possibilidades de práticas que podem facilitar as aprendizagens dos alunos, pelo que, atualmente, possuo um maior conhecimento das inúmeras estratégias de ensino que podem estimular e motivar os alunos, potenciando o seu desenvolvimento.

A avaliação que faço sobre a utilização das representações múltiplas, no âmbito deste trabalho, é bastante satisfatória, dado que concluí que resultou em aprendizagens para os alunos, e facilitado a realização das tarefas de cariz exploratório e de investigação por possibilitar aos alunos formas alternativas ou complementares de explorar os tópicos e conceitos em estudo.

Neste sentido, penso que o trabalho desenvolvido foi muito importante para a minha formação e motivação tendo reforçado a ideia de que, para além de um sólido conhecimento científico, a ação de um professor de ciências deve assentar na competência didática e em práticas pedagógicas centradas nas aprendizagens dos alunos, com uma reflexão constante da parte do professor sobre o processo de ensino e resultados obtidos, identificando oportunidades de melhoria e reconstruindo, se necessário, a sua prática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ainsworth, S. (1999). The Functions of multiple representations. *Computers & Education, 33*, 131-152. https://doi.org/10.1016/S0360-1315(99)00029-9

Ainsworth S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations, *Learning and Instruction, 16*(3), 183–198. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001

Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In: J. Gilbert et al. (Eds.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (pp. 191–208). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5267-5

Al-Balushi, S. M., & Al-Hajri, S. H. (2014). Associating animations with concrete models to enhance students' comprehension of different visual representations in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice, 15*, 47-58. https://doi.org/10.1039/c3rp00074e

Ardac D., & Akaygun S. (2004). Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change, *Journal of Research in Science Teaching, 41*(4), 317–337. https://doi.org/10.1002/tea.20005

Azizoğlu, N., Alkan, M., & Geban, Ö. (2006). Undergraduate pre–service teachers' understandings and misconceptions of phase equilibrium. *Journal of Chemical Education, 83*, 947-953. https://doi.org/10.1021/ed083p947

Bahar, M., Johnstone, A. H., & Sutcliffe R. G.. (1999). Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests. *Journal of Biological Education, 33*(3), 134–141. https://doi.org/10.1080/00219266.1999.9655653

Baptista, M. L., Freire, S., & Freire, A. M. (2013). Tarefas de investigação em aulas de física: Um estudo com alunos do 8º ano. *Caderno Pedagógico, Lajeado, 10*, 137-151.

Baptista, M., Martins, I., Conceição, T., & Reis, P. (2019). Multiple representations in the development of students' cognitive structures about the saponification reaction, *Chemistry Education Research and Practice, 20*, 760-771. https://doi.org/10.1039/C9RP00018F

Bell, J. (2010). *Como realizar um projecto de investigação: um guia para a pesquisa em ciências sociais e da educação*. (5.ª ed.). Gradiva.

Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J. (1986). Is an atom of copper malleable? *Journal Chemical Education, 63*(1), 64-66. https://doi.org/10.1021/ed063p64

Bilgin, I. (2006). Promoting pre-service elementary students' understanding of chemical equilibrium through discussion in small groups, International *Journal of Science and Mathematics Education, 4*, 467-484. https://doi.org/10.1007/s10763-005-9015-6

Bodner, G. M. (1992). Why changing the curriculum may not be enough. *Journal of Chemical Education, 69*(3), 186-190. https://doi.org/10.1021/ed069p186

Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1994). *Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos.* (1.ª ed.) Porto Editora.

Chinaka, T. W., & Qwabe, Z. M. (2023). Exploring physical sciences learners' graphical interpretation of rate and extent of reaction graphs. *Cypriot Journal of Educational Science. 17*(12), 01-15. https://doi.org/10.18844/cjes.v18i1.7002

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6th ed.). Routledge.

Correia, M., & Freire, A. (2010). Práticas de avaliação de professores de ciências físico-químicas do ensino básico. *Ciências & Educação, 16*(1), 1– 15. https://doi.org/10.1590/S1516-73132010000100001

Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (1998). Introduction: The discipline an practice of qualitative research. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *The Landscape of qualitative research – theories and issues* (pp. 1-34). Sage Publications.

Denzin, N. K. (2017). *The research act: A theoretical introduction to sociological methods*. (1st ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315134543

Derman, A., & Eilks, I. (2016). Using a word association test for the assessment of high school students' cognitive structures on dissolution. *Chemistry Education Research and Practice, 17*, 902–913. https://doi.org/10.1039/c6rp00084c

Direção-Geral da Educação. (2018). *Aprendizagens essenciais – Articulação com o perfil dos alunos – 11.º ano – Ensino Secundário – Física e Química A*.

Duarte, T. (2009). A possibilidade da investigação a 3: Reflexões sobre a triangulação (metodológica). *CIES e-Working Papers*. ISCTE.

Elby, A. (2000). What students' learning of representations tells us about constructivism. *Journal of Mathematical Behavior, 19*(4), 481-502. https://doi.org/10.1016/S0732-3123(01)00054-2

Erdemir, A. Ö., Geban, Ö., & Uzuntiryaki, E. (2000). Freshman students' misconceptions in chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education, 18*, 79-84.

Fernandes, D. (1991). Notas sobre os paradigmas de investigação em educação. *Noesis, 18*, 64-66.

Fernandes, D. (2006). Para uma teoria da avaliação formativa. *Revista Portuguesa de Educação, 19*(2), 21-50.

Festas, I., & Castro, S. L. (2013). Aprendizagens em áreas de conhecimento: Leitura, escrita, compreensão, composição, ciências, estudos sociais. In F. H. Veiga (Ed.), Psicologia da educação: teoria, investigação e aplicação – envolvimento dos alunos na escola (pp. 395–444). Climepsi.

Freitas, M., & Freitas, C. (2003). *Aprendizagem cooperativa*. (1ª ed.). Edições ASA.

Gabel, D. L. (1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education, 70*(3), 193-194. https://doi.org/10.1021/ed070p193

Galvão, C., Reis, P., Freire, A., & Oliveira, T. (2006). *Avaliação de competências em ciências*. (1ª ed.). Edições Asa.

Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A metacognitve skill in science and science education. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education. Models and Modeling in Science Education*, vol 1. Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2

Gilbert, J. K. (2008). Visualization: an emergent field of practice and enquiry in science education. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and practice in science education*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5267-5

Gilbert, J. K., & Treagust, D. (Eds.). (2009). *Multiple representations in chemical education*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8

Glazer, N. (2011). Challenges with graph interpretation: a review of the literature. *Studies in Science Education, 47*(2), 183-210. https://doi.org/10.1080/03057267.2011.605307

Gobert, J.D. (2005). Leveraging technology and cognitive theory on visualization to promote students' science. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education. Models and Modeling in Science Education*, vol 1. Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_6

Gussarsky, E., & Gorodetsky, M. (1990). On the concept "chemical equilibrium": The associative framework. *Journal of Research in Science Teaching, 27*(3), 197–204. https://doi.org/10.1002/tea.3660270303

Hackling, M. W., & Garnett, P. J. (1985). Misconceptions of chemical equilibrium. *European Journal of Science Education, 7*(2), 205-214. https://doi.org/10.1080/0140528850070211

Hoffmann, R., & Laszlo, P. (1991). Representation in chemistry. *Angewandte Chemie* International Edition in English, 30, 1-16. https://doi.org/10.1177/039219218903714702

Ivanjek, L., Susac, A., Planinic, M., Andrasevic, A., & Milin-Sipus, Z. (2016). Student reasoning about graphs in different contexts. *Physical Review Physics Education Research, 12*(1). 1-13. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010106

Johnstone, A. H. (1982). Macro- and micro-chemistry, *School Science Review, 64*, 377-379.

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry – logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice, 1*(1), 9-15. https://doi.org/10.1039/A9RP90001B

Johnstone, A. H. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice, 7*(2), 49-63. https://doi.org/10.1039/B5RP90021B

Kozma, R., & Russell, J. (2005). Modelling students becoming chemists: Developing representational competence . In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education. Models and Modeling in Science Education*, vol 1. Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_8

Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredricks, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences, 7*(3-4), 313-350. https://doi.org/10.1080/10508406.1998.9672057

Luviani, S. D., Mulyani, S., & Widhiyanti, T. (2021). A review of three levels of chemical representation until 2020. *Journal of Physics: Conference Series, 1806*(1), 1-7. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1806/1/012206

Martins, G. O., Gomes, C. S., Brocardo, J. L., Pedroso, J. V., Acosta Carrillo , J. L., Ucha, L. M., Encarnação, M., Horta, M. J., Calçada, M. T., Nery, R. V., Rodrigues, S. V. (2017). *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória*. Ministério da Educação.

Maskill, R., & Cachapuz, A. F. (1989). Learning about chemistry topic of equilibrium: The use of word association tests to detect developing conceptualizations. *International Journal of Science Education, 11*(1), 57-69. https://doi.org/10.1080/0950069890110106

Mata, J., Neves, J., Lopes, M., & Ávila, P. (2020). *Práticas de leitura dos estudantes dos ensinos básico e secundário - Primeiros resultados*. Lisboa. https://www.pnl2027.gov.pt/np4/file/1940/PLEP_Apresenta__o_p_blica_30_9_2020.pdf

Nakiboglu, C. (2008). Using word associations for assessing non major science students' knowledge structure before and after general chemistry instruction: the case of atomic structure. *Chemistry Education Research and Practice, 9*, 309–322. https://doi.org/10.1039/B818466F

Özmen, H. (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium: A review of research and the case of Turkey. *Chemistry Education Research and Practice, 9*, 225–233. https://doi.org/10.1039/b812411f

Patton, M. Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3th ed.). Sage Publications.

Pinto, J. (2019). Avaliação formativa: uma prática para a aprendizagem. In M. Ortigão, D. Fernandes, T. Pereira & L. Santos (Eds.). *Avaliar para aprender no Brasil e em Portugal: Perspectivas teóricas, práticas e de desenvolvimento* (pp. 19-45). CRV Editores. https://doi.org/10.24824/978854443463.5

Pires, M. (2011). Tarefas de investigação na sala de aula de Matemática: práticas de uma professora de Matemática. *Quadrante, 20*(1), 31–53. https://doi.org/10.48489/quadrante.22860

Ponte, J. P. (2005). Gestão curricular em matemática, In GTI (Ed.), *O professor e o desenvolvimento curricular* (pp. 11-34). APM. https://doi.org/10.48489/quadrante.22778

Ponte, J. P., Quaresma, M., & Branco, N. (2012). Tarefas de exploração e investigação na aula de matemática. *Educação Matemática em Foco*, *1*(1), 9-29.

Prain, V., & Tytler, R. (2012). Learning through constructing representations in science: A framework of representational construction affordances, *International Journal of Science Education, 34*(17), 2751–2773. https://doi.org/10.1080/09500693.2011.626462

Punch, K.F. (1998). *Introduction to social research – Quantitative and qualitative approaches* (1st ed.). SAGE Publications.

Quílez-Pardo, J., & Solaz-Portolés, J. J. (1995). Students' and teachers' misapplication of Le Chatelier's principle: Implications for the teaching of chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching, 32*(9), 939-957. http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660320906

Rahman, M.S. (2017). The advantages and disadvantages of using qualitative and quantitative approaches and methods in language "testing and assessment" research: A literature review. *Journal of Education and Learning, 6*(1), 102-112. https://doi.org/10.5539/jel.v6n1p102

Roback, P., Chance, B., Legler, J., & Moore, T. (2006). Applying Japanese lesson study principles to an upper-level undergraduate statistics course. *Journal of Statistics Education, 14*(2), 1-20. https://doi.org/10.1080/10691898.2006.11910580

Schnetzler, R., & Aragão, R. (1995). Importância, sentido e contribuições de pesquisas para o ensino da química. *Química Nova na Escola, 1*, 27-31.

Silva, E. (2013). As metodologias qualitativas de investigação nas ciências sociais. *Revista Angolana de Sociologia, 12*, 77-99. https://doi.org/10.4000/ras.740

Silverman, D., & Marvasti, A. (2008). *Doing qualitative research – a comprehensive guide* (1st ed.). Sage Publications.

Solomonidou, C., & Stavridou, H. (2001). Design and development of a computer learning environment on the basis of students' initial conceptions and

learning difficulties about chemical equilibrium. *Education and Information Technologies, 6*(1), 5-27. https://doi.org/10.1023/A:1011359010331

Stenning, K., Cox, R., & Oberlander, J. (1995). Contrasting the cognitive effects of graphical and sentential logic teaching: Reasoning, representation and individual differences. *Language and Cognitive Processes, 10*(3-4), 333–354. https://doi.org/10.1080/01690969508407099

Stenning, K., & Oberlander, J. (1995). A cognitive theory of graphical and linguistic reasoning: Logic and implementation. *Cognitive Science, 19*(1), 97-140. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1901_3

Stringer, E. T. (2007). *Action research* (3 rd.). SAGE Publications

Sunyono, Yuanita, L., & Ibrahim, M. (2015). Supporting students in learning with multiple representation to improve student mental models on atomic structure concepts. *Science Education International, 26*(2), 104-125.

Tabachneck, H. J. M., Koedinger, K. R., & Nathan, M. J. (1994). *Towards a theoretical account of strategy use and sense making in mathematical problem solving*. Paper presented at the 16 annual conference of the Cognitive Science Society, Atlanta, GA, United States. https://doi.org/10.4324/9781315789354

Taber, K. S. (2009). Learning at the symbolic level. In J. K. Gilbert, & D. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8

Taber, K. S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: Drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice, 14*, 156-168. https://doi.org/10.1039/c3rp00012e

Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education, 33*(2), 179-195. https://doi.org/10.1080/09500690903386435

Torrance, H. (2007). Assessment as learning? How the use of explicit learning objectives, assessment criteria and feedback in post-secondary education and training can come to dominate learning. *Assessment in Education, 14*(3), 281-294. 195. https://doi.org/10.1080/09695940701591867

Treagust, D., Chittleborough, G., & Mamiala, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations, *International* Journal of Science Education, 25(11), 1353-1368. https://doi.org/10.1080/0950069032000070306

Tsui, C. Y., & Treagust, D. F. (2013). Introduction to multiple representations: Their importance in Biology and Biological Education. In D. Treagust D. & C.-Y. Tsui (Eds.), *Multiple representations in biological education* (pp. 3-18). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4192-8_1

Tuckman, B. W. (2012). *Manual de investigação em educação. Metodologia para conceber e realizar o processo de investigação científica* (4.ª ed.). Fundação Calouste Gulbenkian.

Tversky, B. (2005). Prolegomenon to scientific visualization . In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education. Models and Modeling in Science Education*, vol 1. Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_3

Voska, K., & Heikkinen, H. (2000). Identification and analysis of students' conceptions used to solve chemical equilibrium problems, *Journal of Research in Science Teaching, 37*(2), 160-176. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(200002)37:2<160::AID-TEA5>3.0.CO;2-M

Waldrip, B., & Prain, V. (2012) Learning from and through representations in science. In B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second international handbook of science education*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7

Wellington, J. (2000). *Teaching and learning secondary science : Contemporary issues and practical approaches*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203059876

APÊNDICE A

PLANIFICAÇÃO DE AULAS

Quadro A.1 – Desenvolvimento da aula correspondente à tarefa 1 – Reações incompletas e equilíbrio químico.

Momentos da aula	Duração (min)	Atividade dos alunos e possíveis dificuldades	Atividade e respostas do professor	Objetivos e avaliação dos alunos	Recursos
Aula 1 **Introdução** Apresentação dos objetivos da aula Introdução da tarefa	10	Ouvir com atenção a explicação sobre o funcionamento da aula e desenvolvimento da tarefa, colocando as dúvidas que surgirem. Organização em grupos de trabalho. Um aluno lê em voz alta o texto de introdução da tarefa. Os alunos ouvem com atenção a leitura do texto, expondo as suas dúvidas. **Dificuldades:** - Compreender o enunciado da tarefa. - Compreender a informação pictórica, os dados tabelados, e relacionar essa informação. - "Visualizar" a experiência com base no enunciado.	O professor apresenta e enquadra no domínio "Equilíbrio químico" o subdomínio em estudo e explica que, na tarefa, serão trabalhadas diferentes representações. O professor distribui os alunos por grupos de trabalho de três/quatro elementos. Apresenta a tarefa, informa os alunos acerca da sua duração e do modo de trabalho, indicando que as tarefas serão recolhidas sendo importante que apresentem respostas completas no enunciado. Distribui a primeira parte do enunciado da tarefa em papel e pede a um aluno que faça a leitura do texto introdutório. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Projeta a tarefa no quadro e dá uma breve explicação sobre a informação e dados apresentados, convidando os alunos a analisar os dados tabelados, relacionando-os com a informação pictórica.	Mostrar compreensão sobre o enunciado, informação apresentada e objetivos da tarefa.	Tarefa 1 - Reações incompletas e equilíbrio químico (parte I) Computador Projetor Tarefa em suporte digital

			- Questionar os alunos com que substâncias se inicia a experiência e que substâncias estão presentes nos 100 minutos. - Questionar os alunos sobre a fase da matéria em que os componentes da mistura reacional se encontram e se a mistura é homogénea ou heterogénea. - Questionar a importância da informação de que a experiência é realizada num recipiente fechado.		
Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 1: De acordo com a informação apresentada descreve a evolução do sistema reacional, explicando os dados observados e registados.	15	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão. **Dificuldades:** - Identificar corretamente os reagentes e produtos das reações. - Inferir, através da representação pictórica, que a coloração da mistura reacional vai atenuando devido à diminuição da concentração do dióxido de nitrogénio (única substância que apresenta coloração).	O professor circula pelos diferentes grupos colocando questões orientadoras e esclarecendo eventuais dúvidas. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Fornece pistas que possam ajudar os alunos a integrar os diversos tipos de representação da informação sugerindo, por exemplo, que analisem a informação comparando, em cada instante, os dados tabelados com as imagens do sistema reacional.	Mostrar compreensão sobre o objetivo da questão. Mobilizar conhecimento prévio. Interpretar e integrar informação através de diferentes representações, demonstrando compreensão sobre a evolução do sistema reacional.	Enunciado da Tarefa 1 (parte I) Material de escrita

		- Inferir que a coloração da mistura reacional mantem a mesma tonalidade quando a concentração do dióxido de nitrogénio se mantem aproximadamente constante. - Relacionar a informação relevante contida no texto, tabela e figura. - Inferir, através dos dados tabelados, que a quantidade de matéria se mantem constante ao longo da experiência uma vez que o número total de moles em cada instante não sofre alteração.	- Questionar os alunos sobre o motivo pelo qual a coloração da mistura reacional vai atenuando. - Questionar os alunos sobre a estequiometria da reação e relação com a informação tabelada.		
<u>Aula 2</u> **Desenvolvimento da tarefa:** Trabalho autónomo Questão 2: Esboça o gráfico da variação das concentrações das substâncias componentes da mistura, em função do tempo. O que concluis?	15	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão. Constroem o gráfico de concentração-tempo através dos dados da tabela. **Dificuldades:** - Não identificam as grandezas nos eixos corretos. - Não identificam as unidades. - Não utilizam uma escala que facilite a leitura.	O professor circula pelos diferentes grupos, chamando a atenção para alguns aspetos a ter em consideração na construção do gráfico, colocando questões orientadoras e esclarecendo eventuais dúvidas. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Questiona os alunos a respeito da informação que tem que constar do gráfico: grandezas a representar e respetivas unidades, escala a utilizar para cada grandeza, fonte da informação, substâncias e sua identificação.	Demonstrar compreensão sobre o modo de representação gráfica, associando à finalidade de comunicar e facilitar a interpretação de informação. Construção de gráficos. Constatar que a análise do gráfico conduz às mesmas conclusões que os dados tabelados, constituindo o gráfico uma forma diferente de representar a mesma informação.	Enunciado da Tarefa 1 (parte I) Material de escrita

		- Não apresentam ou não identificam no gráfico todos os componentes da mistura reacional.		Demonstrar compreensão sobre a evolução do sistema reacional integrando a representação gráfica na análise da informação apresentada por texto, tabela e figura.	
Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 3: Explica a variação de concentração das substâncias envolvidas a partir dos 50 minutos.	20	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão. **Dificuldades:** - Pensar que a reação é incompleta e "terminou". - Associam apenas a variação das concentrações das substâncias aos erros associados às determinações experimentais, sem considerarem outras hipóteses. - Não consideram a possibilidade de ocorrência de duas reações em simultâneo: reação direta e inversa.	O professor circula pelos diferentes grupos, procurando esclarecer as dúvidas dos alunos através de questões orientadoras. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Solicitar aos alunos que identifiquem a(s) reação(ões) que ocorrem. - Questionar os alunos sobre o motivo dos reagentes não se esgotarem e solicitar outras hipóteses que possam explicar a variação (ou não) dos valores. - Recorrer a uma animação digital que represente o equilíbrio em termos submicroscópicos. - Esclarecer que, apesar da reação ser reversível, de facto, a variabilidade deve-se a erros associados às determinações experimentais.	Reconhecer a existência de duas reações em simultâneo: reação direta e inversa. Compreender que "a reação" em estudo não terminou (reação incompleta) mas que ocorrem duas reações em simultâneo (reversíveis), que atingem uma situação de equilíbrio quando as suas velocidades são iguais.	Enunciado da Tarefa 1 (parte I) Material de escrita Computador Projetor https://www.youtube.com/watch?v=Xh5UxVTQjEc (Minutos 3:14 a 3:32)

Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 4: Representa, em termos pictóricos, a reação ao nível molecular, nos instantes 30 min, 60 min e 100 minutos.	20	Os alunos trabalham em grupo apresentando ideias para o modo de representação. **Dificuldades:** - Em entender o objetivo da questão. - Representar as moléculas em termos pictóricos. - Reconhecer que aspetos da reação devem ser considerados na representação. - Representar pictoricamente o caráter dinâmico do equilíbrio.	O professor circula pelos diferentes grupos, procurando orientar os alunos, colocando questões dos aspetos que são importantes transmitir e sobre a sua forma de representação. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Sugerir aos alunos que discutam entre si e decidam o que vão representar: moléculas, proporção entre moléculas, seu movimento, que reações, e como vão representar. - Sugerir aos alunos que consultem o seu manual analisando as representações ao nível molecular.	Compreender o equilíbrio químico como um fenómeno dinâmico procurando evidenciar na representação a nível molecular a ocorrência de duas reações em simultâneo. Transitar entre diferentes níveis e modos de representação.	Enunciado da Tarefa 1 (parte I) Material de escrita Manual de Química
<u>Aula 3</u> **Discussão coletiva:** Questões 1 a 4	10	Os alunos participam na discussão coletiva, partilham as suas respostas, ouvem os colegas e justificam as suas conclusões. **Dificuldades:** - Encontrar evidências que fundamentem as suas respostas. - Construir argumentos que justifiquem as suas opções.	O professor orienta uma discussão com a turma, pedindo aos alunos que partilhem as suas respostas às questões da tarefa. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Analisar respostas diferentes dos alunos solicitando evidências, nos dados da tarefa, e argumentos que sustentem as usas respostas.	Mostrar compreender o equilíbrio químico como um processo dinâmico em que ocorrem em simultâneo, e à mesma velocidade, as reações direta e inversa, não se registando variações significativas das propriedades macroscópicas mensuráveis do sistema.	Enunciado da Tarefa 1 (parte I) Material de escrita

Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 5: Na reação em estudo todas as substâncias estão na mesma fase (gasosa). Será que em sistemas reacionais com reagentes e/ou produtos em diferentes fases também pode ocorrer o equilíbrio químico? Atendendo à informação e figuras apresentadas, o que concluis?	15	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão. **Dificuldades:** - Relacionar a informação relevante contida no texto, tabela e figura. - Associar representações que se referem a níveis diferentes (macroscópico, submicroscópico e simbólico). - Entender que há dióxido de carbono dissolvido na fase aquosa e que não é visualizado a olho nu.	O professor distribui o enunciado em papel da segunda parte da tarefa. Circula pelos diferentes grupos, procurando esclarecer as dúvidas dos alunos através de questões orientadoras. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Fornece pistas que possam ajudar os alunos a integrar os diversos tipos de representação da informação sugerindo, por exemplo, que analisem as fotos das garrafas de refrigerante e relacionem com a figura que representa pictoricamente o nível submicroscópico.	Concluir que existem sistemas reacionais homogéneos (componentes todos na mesma fase) e heterogéneos (componentes em mais do que uma fase) podendo ocorrer em ambos reações incompletas e reversíveis, que atingem o equilíbrio químico. Demonstrar compreender que, numa garrafa de refrigerante fechada, a reação apresentada atinge o equilíbrio químico, havendo dióxido de carbono e ácido carbónico dissolvidos na fase aquosa. Transitar entre diferentes níveis (macroscópico, submicroscópico e simbólico) e modos de representação.	Enunciado da Tarefa 1 (parte II) Material de escrita Manual de Química
Síntese final	5	Os alunos comparam as suas conceções e ideias com as apresentadas pelo professor na síntese final, expondo as dúvidas que ainda possam ter.	O professor faz uma síntese final dos conceitos abordados na aula e um resumo das principais ideias e conclusões.	Confrontar e completar as suas conceções com as apresentadas na síntese final.	Enunciado da Tarefa 1 (parte II) Material de escrita

Reflexão final: Trabalho individual autónomo Questão 6: Que dificuldades sentiste? Como ultrapassaste essas dificuldades? Questão 7: De que modo as representações e combinações utilizadas (figuras, tabelas, gráfico, animação) te ajudaram a compreender o equilíbrio químico?	10	Os alunos refletem e respondem individualmente às questões. **Dificuldades:** - Em refletir sobre as suas dificuldades e aprendizagens, organizar ideias e expressar a sua opinião.	O professor solicita aos alunos uma reflexão sobre o trabalho desenvolvido, salientando a sua importância no processo de aprendizagem.	Refletir sobre o trabalho desenvolvido, as aprendizagens realizadas e dificuldades sentidas.	Enunciado da Tarefa 1 (parte II) Material de escrita

Quadro A.2 – Desenvolvimento da aula correspondente à tarefa 2 – Extensão das reações químicas.

Momentos da aula	Duração (min)	Atividade dos alunos e possíveis dificuldades	Atividade e respostas do professor	Objetivos e avaliação dos alunos	Recursos
Aula 1 **Introdução da tarefa** Apresentação dos objetivos da tarefa Introdução da tarefa Questão 1: Leiam atentamente o seguinte texto	10	Ouvir com atenção a explicação sobre o funcionamento da aula e desenvolvimento da tarefa, colocando as dúvidas que surgirem. Organização em grupos de trabalho. Um aluno lê em voz alta o texto de introdução da tarefa. Os alunos ouvem com atenção a leitura do texto, expondo as suas dúvidas. **Dificuldades:** - Compreender o enunciado da tarefa. - Entender as ideias-chave introduzidas no enunciado: reações reversíveis e caracterização quantitativa do equilíbrio químico.	O professor apresenta e enquadra no domínio "Equilíbrio químico" o tópico em estudo e explica que, na tarefa, serão trabalhadas diferentes representações. O professor distribui os alunos por grupos de trabalho de três/quatro elementos. Apresenta a tarefa, informa os alunos acerca da sua duração e do modo de trabalho, indicando que as tarefas serão recolhidas sendo importante que apresentem respostas completas no enunciado. Distribui a tarefa em papel e pede a um aluno que faça a leitura do texto introdutório. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Projeta a tarefa no quadro e dá uma breve explicação sobre a informação apresentada, convidando os alunos a analisar o texto. - Questiona os alunos acerca do que entendem sobre a caracterização quantitativa do equilíbrio químico.	Mostrar compreensão sobre o enunciado, informação apresentada e objetivos da tarefa.	Tarefa 2 – Extensão das Reações Químicas Computador Projetor Tarefa em suporte digital

Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 2: Formulem hipóteses para a caracterização quantitativa do equilíbrio químico.	10	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão. **Dificuldades:** - Relacionar a informação relevante contida no texto: caracterização quantitativa do equilíbrio químico e composição final da mistura reacional. - Associar a composição final da mistura às concentrações das substâncias na mistura. - Encontrar uma relação algébrica entre as concentrações das substâncias no equilíbrio químico.	O professor circula pelos diferentes grupos colocando questões orientadoras e esclarecendo eventuais dúvidas. Incentiva os alunos a relerem o texto. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Questionar os alunos sobre os parâmetros que se mantêm constantes no equilíbrio químico (concentrações).	Mostrar compreensão sobre o objetivo da questão. Mobilizar conhecimento prévio. Interpretar a informação do texto, relacionando a caracterização quantitativa do equilíbrio químico com a composição final da mistura reacional.	Enunciado da Tarefa 2 Computador Projetor Tarefa em suporte digital Material de escrita
Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 3: Realizem uma pesquisa que vos permita explicar a Lei da ação das massas e elaborem um texto com as vossas conclusões.	15	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão. **Dificuldades:** - Selecionar informação relevante. - Analisar a informação e entender a relevância da mesma para a resposta à questão. - Elaborar um texto com informação clara, concisa e sucinta.	O professor circula pelos diferentes grupos colocando questões orientadoras e esclarecendo eventuais dúvidas. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Incentiva os alunos a consultar o manual de química. - Sugerir aos alunos que procurem validar a informação obtida consultando mais do que uma fonte, mas não se dispersarem por diversas fontes.	Demonstrar compreensão do conceito da constante de equilíbrio e sua relação com a extensão da reação.	Enunciado da Tarefa 2 Telemóveis Manual de Química Material de escrita

			- Questiona os alunos sobre os elementos fundamentais da resposta à questão (constante de equilíbrio, estados de equilíbrio diferentes, extensão da reação) e incentiva-os a rever o seu texto. - Incentiva os alunos a organizar o texto por tópicos e adicionar informação na forma simbólica, se sentirem que o torna mais claro.		
Discussão coletiva: Questões 2 e 3	10	Os alunos participam na discussão coletiva, partilham as suas respostas, ouvem os colegas e justificam as suas conclusões.	O professor orienta uma discussão com a turma, pedindo aos alunos que partilhem as suas respostas às questões da tarefa e comparem com as hipóteses formuladas, procurando esclarecer as dúvidas dos alunos analisando as diferentes respostas e solicitando as respetivas justificações.	Mostrar compreender a Lei da ação das massas, significado da constante de equilíbrio e sua relação com a extensão das reações, direta e inversa.	Enunciado da Tarefa 2
<u>Aula 2</u> **Desenvolvimento da tarefa:** Trabalho autónomo Questão 4: Interpretem e expliquem as figuras abaixo com base na Lei da ação das massas.	20	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão. **Dificuldades:** - Identificar as reações que ocorrem. - Entender que é necessário o acerto estequeométrico da reação para a análise quantitativa dos estados de equilíbrio. - Inferir, através da representação pictórica, que a coloração da mistura reacional é atenuada pela diminuição	O professor circula pelos diferentes grupos, procurando esclarecer as dúvidas dos alunos através de questões orientadoras. O professor esclarece que a coloração do iodo gasoso não se deve à coloração das moléculas, e que estas estão representadas pictoricamente com coloração apenas para ser mais fácil identificar os seus átomos, e salienta que a representação a nível submicroscópico é apenas um modelo que facilita a visualização da ocorrência da reação.	Demonstrar compreensão sobre diferentes estados de equilíbrio na mesma reação, relacionando e integrando a representação pictórica, transitando entre os níveis macroscópico e submicroscópico. Estimativa da constante de equilíbrio com base na informação apresentada na representação submicroscópica.	Enunciado da Tarefa 2 Computador Projetor Tarefa em suporte digital Material de escrita Calculadora

		da concentração da única substância que apresenta coloração (iodo no estado gasoso). - Relacionar a informação relevante contida na representação do nível macroscópico com o nível submicroscópico. - Observar a proporção entre os reagentes e produto de reação, estimando, de modo grosseiro, a constante de equilíbrio.	O professor aborda o movimento das moléculas (translação, rotação e vibração) e sua colisão, questionando primeiramente os alunos sobre a sua interpretação acerca da respetiva representação pictórica na tarefa. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Sugerir aos alunos que identifiquem a(s) reação(ões) que ocorrem e que façam o acerto estequeométrico. - Orientar os alunos a observar a proporção de moléculas de reagentes e produto de reação nas situações de equilíbrio.		
Discussão coletiva: Questão 4	10	Os alunos participam na discussão coletiva, partilham as suas respostas, ouvem os colegas e justificam as suas conclusões.	O professor orienta uma discussão com a turma, pedindo aos alunos que partilhem as suas respostas à questão da tarefa, procurando esclarecer as dúvidas dos alunos analisando as diferentes respostas e solicitando as respetivas justificações.	Reforçar a compreensão dos objetivos de aprendizagem da questão 4.	Enunciado da Tarefa 2
Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 5: Elaborem gráficos que exemplifiquem a evolução das reações	20	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão, construindo gráficos de concentração-tempo com base em valores hipotéticos que, no entanto, devem ser consistentes com a constante de equilíbrio estimada anteriormente.	O professor circula pelos diferentes grupos, procurando orientar os alunos, colocando questões que os auxiliem a determinar concentrações para diferentes estados de equilíbrio, respeitando a constante de equilíbrio da reação.	Saber determinar valores de concentração de reagentes e produto de reação, em estado de equilíbrio, com base na constante de equilíbrio. Demonstrar compreensão sobre o modo de representação gráfica,	Enunciado da Tarefa 2 Material de escrita Calculadora

atrás apresentadas, indicando as concentrações iniciais e finais de reagentes e produtos. Questão 6: Expliquem o vosso raciocínio		**Dificuldades:** - Em entender a questão. - Gerar valores hipotéticos de concentrações de reagentes e produto de reação com base na constante de equilíbrio. - Não identificam as grandezas nos eixos corretos. - Não identificam as unidades. - Não utilizam uma escala que facilite a leitura. - Não apresentam ou não identificam no gráfico todos os componentes da mistura reacional. - Elaborar um texto que explique de forma clara, concisa e sucinta o raciocínio desenvolvido.	O professor chama a atenção para alguns aspetos a ter em consideração na construção do gráfico, colocando questões orientadoras e esclarecendo eventuais dúvidas. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Questiona os alunos a respeito da informação essencial que tem que constar do gráfico: grandezas a representar e respetivas unidades, escala a utilizar, fonte da informação, substâncias e sua identificação. - Questiona os alunos sobre qual será a proporção entre os reagentes no início e quando a reação atinge o equilíbrio químico (deverá ser a mesma atendendo à estequiometria da reação).	associando à finalidade de comunicar e facilitar a interpretação de informação. Construção de gráficos.	
<u>Aula 3</u> **Discussão coletiva:** Questões 5 e 6	10	Os alunos participam na discussão coletiva, partilham as suas respostas, ouvem os colegas e justificam as suas conclusões. **Dificuldades:** - Encontrar evidências que fundamentem as suas respostas. - Construir argumentos que justifiquem as suas opções.	O professor orienta uma discussão com a turma, pedindo aos alunos que partilhem as suas respostas às questões da tarefa. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Analisar respostas diferentes dos alunos solicitando evidências, nos dados da tarefa, e argumentos que sustentem as suas respostas, bem como o raciocínio desenvolvido.	Mostrar compreender a Lei da ação das massas, significado da constante de equilíbrio, sua relação com a extensão das reações, direta e inversa e aplicação dos conceitos na resolução de problemas.	Enunciado da Tarefa 2

Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 7: Observem a tabela com as concentrações em equilíbrio de reagentes e produtos, num sistema fechado, a diferentes temperaturas. Sabendo que a reação $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$, no sentido direto, é exotérmica, o que podem concluir acerca da extensão da reação? E para a reação inversa? Apresentem os resultados que suportam as vossas conclusões de forma organizada (tabela, gráfico ou outra representação que considerem adequada).	10	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão **Dificuldades:** - Analisar os valores tabelados relacionando com a extensão da reação. - Entender que se a reação direta é exotérmica a reação inversa deverá ser endotérmica.	O professor circula pelos diferentes grupos, colocando questões orientadoras e esclarecendo eventuais dúvidas. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Incentivar os alunos a analisar a proporção entre concentrações de reagentes e produto de reação, a diferentes temperaturas.	Concluir que a extensão da reação e a constante de equilíbrio dependem da temperatura em reações exotérmicas e endotérmicas.	Enunciado da Tarefa 2 Computador Projetor Tarefa em suporte digital Material de escrita Calculadora
Síntese final	10	Os alunos comparam as suas conceções e ideias com as apresentadas pelo professor expondo as dúvidas que ainda possam ter.	O professor faz uma síntese final dos conceitos abordados na aula um resumo das principais ideias e conclusões.	Confrontar e completar as suas conceções com as apresentadas na síntese final.	Computador Projetor / Quadro Apresentação em *PowerPoint*

Reflexão final: Trabalho individual autónomo Questão 8: Que dificuldades sentiste? Como ultrapassaste essas dificuldades? Questão 9: De que modo as representações e combinações utilizadas (figuras, tabelas, gráficos) te ajudaram a compreender o equilíbrio químico?	10	Os alunos refletem e respondem individualmente às questões. **Dificuldades:** - Em refletir sobre as suas dificuldades e aprendizagens, organizar ideias e expressar a sua opinião.	O professor solicita aos alunos uma reflexão sobre o trabalho desenvolvido, salientando a sua importância no processo de aprendizagem.	Refletir sobre o trabalho desenvolvido, as aprendizagens realizadas e dificuldades sentidas.	Enunciado da Tarefa 2 Material de escrita

Quadro A.3 – Desenvolvimento das aulas correspondentes à tarefa 3 – Fatores que alteram o equilíbrio químico.

Momentos da aula	Duração (min)	Atividade dos alunos e possíveis dificuldades	Atividade e respostas do professor	Objetivos e avaliação dos alunos	Recursos
Aula 1 **Introdução da tarefa** Apresentação dos objetivos da tarefa Introdução da tarefa Questão 1: Leiam atentamente o seguinte texto.	10	Ouvir com atenção a explicação sobre o desenvolvimento da tarefa, colocando as dúvidas que surgirem. Organização em grupos de trabalho. Um aluno lê em voz alta o texto de introdução da tarefa. Os alunos ouvem com atenção a leitura do texto, expondo as suas dúvidas. **Dificuldades:** - Compreender o texto e algumas palavras e expressões como "rentável", "síntese", "perturbar o equilíbrio", "deliberadamente". - Entender as ideias-chave introduzidas no enunciado: fatores que alteram o equilíbrio químico e evolução do sistema no sentido de um novo estado de equilíbrio.	O professor distribui os alunos por grupos de trabalho de quatro elementos. Apresenta a tarefa, informa os alunos acerca da sua duração e do modo de trabalho, indicando que a tarefa será recolhida, sendo importante que apresentem respostas completas no enunciado. Distribui a tarefa em papel e pede a um aluno que faça a leitura do texto introdutório. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - O professor convida os alunos a analisar o texto e exporem as dúvidas relativas a conceitos e vocabulário, solicitando a contribuição de todos os alunos no esclarecimento das questões e na identificação das ideias centrais do texto.	Mostrar compreensão sobre o texto, suas ideias-chave, informação apresentada e objetivos da tarefa.	Tarefa 3 – Fatores que alteram o equilíbrio químico Computador Projetor Tarefa em suporte digital

Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 2: Formulem hipóteses sobre os fatores que podem perturbar o estado de equilíbrio químico de uma mistura reacional.	10	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão. **Dificuldades:** - Mobilizar os conhecimentos prévios para responder à questão. - Entender que a adição ou remoção de um dos reagentes ou produtos de reação altera as suas concentrações, pelo que o quociente da reação difere da constante de equilíbrio, e que o sistema deve evoluir no sentido de atingir um novo equilíbrio (novas concentrações). - Entender que a alteração da pressão (por compressão/diminuição do volume) num sistema gasoso origina uma alteração proporcional das concentrações de reagentes e produtos o que, dependendo da estequiometria da reação, pode originar que o quociente da reação difira da constante de equilíbrio, devendo o sistema evoluir no sentido de atingir um novo equilíbrio (novas concentrações). - Recordar que, em reações	O professor circula pelos diferentes grupos colocando questões orientadoras e esclarecendo eventuais dúvidas. O professor realça que a questão se coloca para uma mistura em equilíbrio químico. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - O professor coloca questões aos alunos no sentido de recordarem que a constante de equilíbrio relaciona-se diretamente com a extensão da reação. - O professor questiona os alunos se a constante de equilíbrio é sempre igual para uma dada reação, procurando que recordem que pode variar com a temperatura. - O professor procura que os alunos mobilizem conhecimento prévio questionando-os sobre o que sucede se o quociente da reação se afastar da constante de equilíbrio. - O professor questiona os alunos sobre os fatores que podem alterar o quociente da reação.	Mobilizar conhecimento prévio. Identificar a concentração de reagentes e produtos de reação, a pressão, e a temperatura como os fatores que, quando alterados, podem perturbar o estado de equilíbrio químico de uma mistura reacional.	Enunciado da Tarefa 3 Material de escrita

		endotérmicas e exotérmicas, a constante de equilíbrio varia com a temperatura, pelo que a variação da temperatura de um sistema em equilíbrio poderá resultar numa variação da concentração de reagentes e produtos no sentido de atingir um novo equilíbrio, alcançando o valor da constante de equilíbrio para essa temperatura.			
Discussão coletiva: Questão 2	10	Os alunos participam na discussão coletiva, partilhando as hipóteses que formularam. **Dificuldades:** - Fundamentar e justificar as hipóteses formuladas.	O professor orienta uma discussão com a turma, pedindo aos alunos que partilhem e fundamentem as hipóteses que formularam, e solicita que os alunos comentem as ideias propostas.	Alcançar um consenso sobre os fatores que, quando alterados, podem perturbar o estado de equilíbrio químico de uma mistura reacional: concentração de reagentes e produtos de reação, pressão, e temperatura.	Enunciado da Tarefa 3 Quadro
Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 3: Trabalhando em grupos de quatro elementos e recorrendo aos dados fornecidos em anexo, planifiquem uma	20	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão, e partilham foto do seu esquema no *padlet* **Dificuldades:** - Analisar e interpretar a informação fornecida em anexo. - Entender a relevância da informação para a conceção da	O professor circula pelos diferentes grupos colocando questões orientadoras e esclarecendo eventuais dúvidas. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Questiona os alunos sobre os elementos fundamentais na elaboração de um procedimento experimental (reagentes e materiais a utilizar, esquema de montagem	Planificar e apresentar o procedimento de uma atividade experimental que possa, de facto, testar um ou mais fatores que podem perturbar o equilíbrio químico. Desenvolver uma maior compreensão e clareza do procedimento experimental através da elaboração de uma	Enunciado da Tarefa 3 Computador Projetor Tarefa em suporte digital Telemóveis Manual de Química

atividade experimental que vos permita testar as hipóteses formuladas. Esquematizem o procedimento experimental que prepararam. Partilhem o esquema do procedimento que elaboraram no *padlet* (https://padlet.com/InstEduc/3h5fgdaly2m7xnz4).		atividade experimental. - Entender que para testar um dos fatores é necessário assegurar que os outros fatores/variáveis sejam controlados. - Elaborar um procedimento experimental, prevendo os reagentes e materiais a utilizar, esquema de montagem e etapas do protocolo.	e etapas do protocolo). - Incentiva os alunos a consultarem o manual de química ou a *internet* no sentido de pesquisarem informação útil (nomeadamente esclarecer dúvidas relativas às reações químicas envolvidas). - Questiona os alunos sobre o que esperam observar com a atividade experimental que propõem para estimular o seu sentido crítico relativamente ao seu trabalho. - Incentiva os alunos a organizarem o procedimento experimental e a verificarem se neste constam os elementos fundamentais para que, por exemplo, outro grupo o conseguisse entender e executar.	representação esquemática explicativa da atividade. Exemplo: $CoCl_2.6H_2O$ (aq) + 2HCl (aq) ⇌ H_2CoCl_4 (aq) + $6H_2O$ (l) O fator concentração pode ser testado adicionando HCl para deslocar o equilíbrio no sentido da reação direta (observando-se a coloração azul do H_2CoCl_4), ou adicionando água observando-se a deslocação do equilíbrio no sentido da reação inversa (observando-se a coloração rosa do $CoCl_2.6H_2O$). Como esta reação é endotérmica o fator temperatura pode ser testado por arrefecimento e aquecimento da mistura reacional em equilíbrio resultando no deslocamento do equilíbrio no sentido inverso e direto, respetivamente.	Material de escrita https://padlet.com/InstEduc/3h5fgdaly2m7xnz4

<u>Aula 2 e 3</u> **Discussão coletiva:** Questão 3	10	Cada grupo elege um porta-voz, que partilha com a turma a ideia central da atividade experimental que o seu grupo planeou, nomeadamente o(s) fator(es) que vai(ão) testar, e, explica o procedimento proposto. **Dificuldades:** - Utilização correta da linguagem científica. - Fundamentar e justificar as suas opções. - Compreender os procedimentos, ideias e esquemas dos colegas de outros grupos.	O professor orienta uma discussão com a turma, incentivando os alunos a explicar os seus procedimentos/esquemas, colocar questões ou fazer sugestões.	Demonstrar compreensão sobre as atividades experimentais a realizar.	Enunciado da Tarefa 3 Computador Projetor Tarefa em suporte digital Quadro https://padlet.com/InstEduc/3h5fgdaly2m7xnz4
Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 4: Realizem a atividade de acordo com a vossa planificação, efetuando um registo fotográfico das várias etapas. Organizem os dados e resultados obtidos numa tabela.	75	Os alunos organizam-se nos seus grupos de trabalho e equipam-se com os EPI (equipamentos de proteção individual). Os alunos trabalham em grupo, cumprindo com as regras de segurança do laboratório, na realização da atividade experimental, registo de dados e resultados conforme indicado na questão.	O professor circula pelos diferentes grupos, verificando a montagem experimental, o desenvolvimento da atividade e o cumprimento das regras de segurança no laboratório, procurando esclarecer as dúvidas dos alunos através de questões orientadoras. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Recordar as características associadas à ocorrência (ou não) de uma reação (mudança ou acentuação/atenuação de cor,	Realização da atividade experimental de acordo com o procedimento elaborado por cada grupo de trabalho. Registo claro e completo dos dados e resultados obtidos numa tabela e, se aplicável, outra representação (por opção própria dos alunos) de modo a que estas representações facilitem a análise dos resultados obtidos.	Enunciado da Tarefa 3 Reagentes e materiais de laboratório Procedimentos experimentais elaborados pelos alunos Telemóveis Manual de Química

		Dificuldades: - Associar o que estão a observar, à ocorrência (ou não) de uma reação. - Identificar as reações que ocorrem. - Identificar os dados e resultados que devem ser registados. - Conceber uma tabela para registo dos dados e resultados, de forma clara e compreensível.	aparecimento de cheiro, formação de gás, aquecimento ou arrefecimento espontâneo da mistura reacional, formação um precipitado). - Sugerir aos alunos que identifiquem a(s) reação(ões) que ocorrem com base na informação fornecida em anexo, efetuando ainda, se necessário, uma pesquisa na internet ou manual de química. - Orientar, se necessário, os alunos na construção da tabela. Sugerir aos alunos uma forma complementar de registo dos resultados obtidos se entenderem que tal pode facilitar a sua interpretação.	Registo fotográfico das várias etapas da atividade para que os alunos possam, posteriormente, recorrer a diferentes representações na análise e interpretação dos resultados.	Material de escrita
<u>Aula 4</u> **Desenvolvimento da tarefa:** Trabalho autónomo Questão 5: Interpretem e expliquem os resultados que obtiveram, apresentando as equações químicas das reações que ocorreram.	15	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão, analisando e interpretando os resultados que obtiveram. **Dificuldades:** - Apresentar as equações químicas das reações que ocorreram. - Associar as observações (nível macroscópico) à ocorrência das reações (nível submicroscópico) e respetiva representação simbólica.	O professor circula pelos diferentes grupos, procurando orientar os alunos, colocando questões que os auxiliem na interpretação dos resultados. O professor esclarece que a coloração dos reagentes e produtos de reação constituem propriedades macroscópicas que não se pode atribuir à coloração das moléculas. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Coloca questões aos alunos que os auxiliem a relacionar as observações (nível	Mostrar compreensão dos resultados obtidos, concluindo pela perturbação (ou não) do equilíbrio químico e pela evolução do sistema no sentido direto ou inverso da reação em função das observações efetuadas, associando à variação de cada um dos fatores (condições experimentais) testados. Utilização consistente a pertinente de diferentes	Enunciado da Tarefa 3 Material de escrita Computador

Questão 6: Elaborem, com recurso às fotos que tiraram, um relatório sobre a atividade experimental que realizaram.	Pós-aula	- Inferir tendências ou generalizar conclusões. - Elaborar um relatório com toda a informação essencial à descrição, explicação e interpretação da atividade experimental.	macroscópico) com a ocorrência das reações relembrando a existência de um rearranjo dos átomos (nível submicroscópico), incentivando-os a representar simbolicamente as reações escrevendo as equações químicas. - Questiona os alunos a respeito da informação essencial que tem que constar nas equações químicas (fórmulas químicas dos reagentes e produtos de reação, correspondentes coeficientes estequiométricos, estados físicos e dupla seta indicando a reação reversível).	representações que facilitem a comunicação e interpretação da informação e resultados.	
Discussão coletiva: Questões 4 e 5	10	Os alunos participam na discussão coletiva, partilham as suas observações, ouvem os colegas e justificam as suas conclusões. **Dificuldades:** - Encontrar evidências que fundamentem as suas conclusões. - Construir argumentos que justifiquem as suas opções.	O professor orienta uma discussão com a turma, pedindo aos alunos que partilhem as suas observações e conclusões e comparem com as hipóteses inicialmente formuladas. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Escrever no quadro as observações e conclusões dos alunos, solicitando as opiniões de diferentes grupos de trabalho. - Analisar respostas diferentes dos alunos solicitando evidências e argumentos que sustentem as suas respostas, bem como o raciocínio desenvolvido.	Mostrar compreender que a variação de alguns fatores/condições experimentais podem perturbar o equilíbrio químico, identificando esses fatores, e a evolução do sistema para um novo estado de equilíbrio.	Enunciado da Tarefa 3 Quadro

Síntese final	10	Os alunos comparam as suas conceções e ideias com as apresentadas pelo professor na síntese final, expondo as dúvidas que ainda possam ter.	O professor faz uma síntese final dos conceitos abordados na aula e um resumo das principais ideias e conclusões.	Confrontar e completar as suas conceções com as apresentadas na síntese final.	Quadro
Reflexão final: Trabalho individual autónomo Questão 7: Que dificuldades sentiste? Como ultrapassaste essas dificuldades? Questão 8: De que modo as representações e combinações utilizadas (esquema, fotos, tabelas, equações químicas) te ajudaram a compreender o equilíbrio químico? Questão 9: Em relação ao trabalho de grupo, assinala com X o nível que te parece corresponder melhor a cada uma das afirmações.	10	Os alunos refletem e respondem individualmente às questões. **Dificuldades:** - Em refletir sobre as suas dificuldades e aprendizagens, organizar ideias e expressar a sua opinião.	O professor solicita aos alunos uma reflexão sobre o trabalho desenvolvido, salientando a sua importância no processo de aprendizagem.	Refletir sobre o trabalho desenvolvido, as aprendizagens realizadas e dificuldades sentidas.	Enunciado da Tarefa 3 Material de escrita

Quadro A.4 – Desenvolvimento das aulas correspondentes à tarefa 4 – Princípio de Le Châtelier.

Momentos da aula	Duração (min)	Atividade dos alunos e possíveis dificuldades	Atividade e respostas do professor	Objetivos e avaliação dos alunos	Recursos
<u>Aula 1</u> **Introdução da tarefa** Apresentação dos objetivos da tarefa Introdução da tarefa Leitura do texto	10	Ouvir com atenção a explicação sobre o desenvolvimento da tarefa, colocando as dúvidas que surgirem. Organização em grupos de trabalho. Um aluno lê em voz alta o texto de introdução da tarefa. Os alunos ouvem com atenção a leitura do texto, expondo as suas dúvidas. **Dificuldades:** - Compreender o texto e algumas expressões e ideias como "o sistema evolui no sentido de restaurar esse equilíbrio", "indução", "lei qualitativa". - Entender que o texto introduz o estudo do Princípio de Le Châtelier relacionando com a evolução do sistema reacional no sentido de restaurar o equilíbrio, quando este é perturbado.	O professor distribui os alunos por grupos de trabalho de três/quatro elementos. Apresenta a tarefa, informa os alunos acerca da sua duração e do modo de trabalho, indicando que a tarefa será recolhida, sendo importante que apresentem respostas completas no enunciado. Distribui a primeira parte do enunciado da tarefa em papel e pede a um aluno que faça a leitura do texto introdutório. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - O professor convida os alunos a analisar o texto e exporem as dúvidas relativas a conceitos e vocabulário, solicitando a contribuição de todos os alunos no esclarecimento das questões e na identificação das ideias centrais do texto.	Mostrar compreensão sobre o texto e ideia-chave, e objetivos da tarefa.	Tarefa 4 – Princípio Le Châtelier (parte 1) Computador Projetor Tarefa em suporte digital

Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 1: Realizem uma pesquisa que vos permita explicar o Princípio de Le Châtelier e apresentem as vossas conclusões de forma esquemática. Partilhem o vosso esquema no *padlet* (https://padlet.com/InstEduc/2yhgt1cpjurdfe6m).	15	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão. **Dificuldades:** - Selecionar informação relevante. - Analisar a informação e entender a relevância da mesma para a resposta à questão. - Organizar a informação num esquema/diagrama que apresente de forma lógica e clara o Princípio de Le Châtelier.	O professor circula pelos diferentes grupos colocando questões orientadoras e esclarecendo eventuais dúvidas. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Incentiva os alunos a consultar o manual de química. - Sugerir aos alunos que procurem validar a informação obtida consultando mais do que uma fonte, mas não se dispersarem por diversas fontes. - Questiona os alunos sobre os elementos fundamentais a apresentar no esquema (perturbação do equilíbrio químico, fatores cuja variação possa perturbar o equilíbrio, relação entre variação das condições/fatores e evolução do sistema reacional).	Compreender o Princípio de Le Châtelier. Ser capaz de conceber uma representação esquemática clara do Princípio de Le Châtelier, que facilite a comunicação e interpretação dessa informação.	Enunciado da Tarefa 4 (parte 1) Telemóveis Manual de Química Material de escrita https://padlet.com/InstEduc/2yhgt1cpjurdfe6m
Discussão coletiva: Questão 1	10	Os alunos partilham foto do seu esquema no *padlet* e participam na discussão coletiva, partilhando as suas ideias e conclusões. **Dificuldades:** - Compreender os esquemas dos colegas de outros grupos.	O professor orienta uma discussão com a turma, solicitando aos alunos que partilhem e comentem as suas conclusões sobre o Princípio de Le Châtelier, incentivando-os a explicar os seus esquemas, colocar questões aos colegas ou fazer sugestões para melhoria dos esquemas.	Reformular ou completar os conceitos dos alunos com base nas ideias partilhadas, garantindo a compreensão do Princípio de Le Châtelier.	Enunciado da Tarefa 4 (parte 1) Telemóveis Computador Projetor https://padlet.com/InstEduc/2yhgt1cpjurdfe6m

Leitura do texto Questão 2: Leiam atentamente o seguinte texto.	10	Um aluno lê em voz alta o texto e os outros alunos ouvem com atenção a leitura do texto, expondo as suas dúvidas. **Dificuldades:** - Compreender o texto e algumas expressões como "alvéolos pulmonares", "náuseas" e "pressão parcial". - Associar a reação reversível apresentada no primeiro parágrafo do texto (nível submicroscópico) com os efeitos da altitude no organismo humano. - Compreender que a hemoglobina é uma molécula (complexa) uma vez que é representada abreviadamente por Hb.	O professor pede a um aluno que faça a leitura do texto. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - O professor projeta a tarefa no quadro e convida os alunos a analisar o texto e exporem as dúvidas relativas a conceitos e vocabulário, solicitando a contribuição de todos os alunos no esclarecimento das questões e na identificação das ideias centrais do texto. - O professor explica que a hemoglobina é uma molécula complexa ($C_{2952}H_{4664}O_{832}S_8Fe_4$) e que é frequentemente representada por Hb, salientando que Hb não constitui nenhum elemento químico. - O professor faz conjuntamente com os alunos uma breve análise da informação e dados apresentados, incentivando-os a analisar os dados tabelados, relacionando esses dados entre si e com a figura apresentada. - O professor questiona os alunos sobre a representação submicroscópica das moléculas de dioxigénio e dinitrogénio discutindo a sua representação simplificada.	Mostrar compreensão sobre o texto, mobilizando o conhecimento prévio para entender a ideia-chave. Reconhecer a importância de relacionar a informação apresentada em diferentes representações (verbal, figura e tabela).	Enunciado da Tarefa 4 (parte 1) Computador Projetor Tarefa em suporte digital

<u>Aula 2</u> **Desenvolvimento da tarefa:** Trabalho autónomo Questão 3: Elaborem um gráfico que relacione a pressão barométrica e a saturação da hemoglobina com oxigénio com a altitude.	15	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão, construindo o gráfico através dos dados da tabela. **Dificuldades:** - Não sabem como elaborar um gráfico com dois eixos Y. - Não identificam as grandezas nos eixos corretos. - Não identificam as unidades. - Não utilizam uma escala que facilite a leitura. - Não identificam que dados correspondem a cada eixo Y.	O professor circula pelos diferentes grupos, chamando a atenção para alguns aspetos a ter em consideração na construção do gráfico, colocando questões orientadoras e esclarecendo eventuais dúvidas. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Questiona os alunos a respeito da informação que tem que constar do gráfico: grandezas a representar e respetivas unidades, utilização de 2 eixos Y, escala a utilizar para cada grandeza.	Demonstrar compreensão sobre o modo de representação gráfica, associando à finalidade de comunicar e facilitar a interpretação de informação. Construção de gráficos. Constatar que a análise do gráfico conduz às mesmas conclusões que os dados tabelados, constituindo o gráfico uma forma diferente de representar a mesma informação. Compreender que quanto maior a altitude, menor a pressão barométrica e menor a saturação da hemoglobina com oxigénio.	Enunciado da Tarefa 4 (parte 1) Material de escrita
Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 4: Com base no Princípio de Le Châtelier, expliquem a ocorrência de hipoxia a grandes altitudes e a	20	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão, analisando e interpretando a informação apresentada. **Dificuldades:** - Identificar a reação que ocorre. - Relacionar a informação relevante contida no texto, figura e tabela.	O professor circula pelos diferentes grupos colocando questões orientadoras e esclarecendo eventuais dúvidas. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Fornece pistas que possam ajudar os alunos a integrar os diversos tipos de representação da informação sugerindo, por	Demonstrar compreender que o Princípio de Le Châtelier explica o facto do equilíbrio químico se deslocar no sentido da reação inversa com a redução da concentração de dioxigénio na atmosfera.	Enunciado da Tarefa 4 (parte 1) Material de escrita

necessidade de adaptação prévia dos alpinistas a altitudes gradualmente mais elevadas.		- Relacionar o Princípio de Le Châtelier com o deslocamento da reação no sentido inverso, quando há redução de dioxigénio. - Deduzir que no período de adaptação o organismo humano produz mais hemoglobina para deslocar a reação química no sentido direto.	exemplo, que analisem a informação comparando o gráfico elaborado na questão 3 com o texto e figura apresentada. - Questionar os alunos como, de acordo com o Princípio de Le Châtelier, evolui a reação com a redução da concentração do dioxigénio. - Questionar os alunos o que sucede com o organismo humano no período de adaptação à altitude, sugerindo que pensem em hipóteses que se possam relacionar com o Princípio de Le Châtelier.	Demonstrar compreender que o organismo humano produz hemoglobina como resposta à menor disponibilidade de dioxigénio o que, de acordo com o Princípio de Le Châtelier, desloca o equilíbrio químico no sentido da reação direta, produção de oxi-hemoglobina. Serem capazes de integrar as diferentes representações para interpretar e responder à questão.	
Discussão coletiva: Questões 3 e 4	10	Os alunos participam na discussão coletiva, partilham as suas respostas, ouvem os colegas e justificam as suas conclusões. **Dificuldades:** - Encontrar evidências que fundamentem as suas respostas. - Construir argumentos que justifiquem as suas opções.	O professor orienta uma discussão com a turma, pedindo aos alunos que partilhem as suas respostas às questões da tarefa. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Analisar respostas diferentes dos alunos solicitando evidências e argumentos que sustentem as suas respostas, bem como o raciocínio desenvolvido. - Solicitar as opiniões de diferentes grupos de trabalho.	Reformular ou completar os conceitos dos alunos com base nas ideias partilhadas. Mostrar compreender o Princípio de Le Châtelier e sua aplicação na situação apresentada.	Enunciado da Tarefa 4 (parte 1) Computador Projetor Tarefa em suporte digital Material de escrita

<u>Aula 3</u> **Leitura do texto** Questão 5: Leiam atentamente o seguinte texto e analisem as figuras apresentadas.	5	Um aluno lê em voz alta o texto e os outros alunos ouvem com atenção a leitura do texto, expondo as suas dúvidas. **Dificuldades:** - Compreender o texto e algumas palavras e expressões como "excretar", "expiração", "enzima" e "catalisado". - Compreender a figura 4 e sua relação com a informação contida no texto. - Relacionar a figura 5 com o texto e compreender que a figura não se refere em concreto à reação descrita no texto mas à situação genérica de reações químicas com e sem catalisador.	O professor distribui o enunciado em papel da segunda parte da tarefa e pede a um aluno que faça a leitura do texto. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - O professor projeta a tarefa no quadro e convida os alunos a analisar o texto e exporem as dúvidas relativas a conceitos e vocabulário, solicitando a contribuição de todos os alunos no esclarecimento das questões e na identificação das ideias centrais do texto. - O professor faz conjuntamente com os alunos uma breve análise da informação apresentada, incentivando-os a analisar e relacionar as figuras apresentadas com o texto, colocando questões orientadoras que auxiliem no esclarecimento de eventuais dúvidas.	Mostrar compreensão sobre o texto, mobilizando o conhecimento prévio para entender a ideia-chave. Reconhecer a importância de relacionar a informação apresentada em diferentes representações (verbal e figura).	Enunciado da Tarefa 4 (parte 2) Computador Projetor Tarefa em suporte digital
Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 6: A adição de catalisador numa	10	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão. **Dificuldades:** - Compreender a questão em si.	O professor circula pelos diferentes grupos, procurando orientar os alunos, colocando questões que os auxiliem na interpretação da informação e relação entre as diferentes representações.	Serem capazes de integrar as diferentes representações para interpretar e responder à questão. Compreender que o catalisador aumenta a velocidade das reações	Enunciado da Tarefa 4 (parte 2) Material de escrita

mistura reacional em equilíbrio químico pode provocar uma perturbação desse equilíbrio? Com base na informação apresentada expliquem o papel dos catalisadores no equilíbrio químico.		- Relacionar a informação apresentada no texto e nas figuras 4 e 5. - Relacionar a velocidade de reação com a extensão da reação, pensando que uma alteração na velocidade da reação afeta o equilíbrio químico.	**Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Fornece pistas que possam ajudar os alunos a integrar os diversos tipos de representação da informação sugerindo, por exemplo, que procurem relacionar o texto com os gráficos apresentados na figura 5. - Recorrendo a uma analogia (p. ex. parque de estacionamento com uma lotação constante a 80%, com os carros a entrar e sair ao mesmo ritmo) questionar os alunos como é que a alteração da velocidade de reação (direta e inversa) pode afetar a extensão da mesma. Salientar as diferenças entre a analogia e o equilíbrio químico.	(direta e inversa), pelo que o equilíbrio químico é atingido mais rapidamente, mas não desloca ou perturba um sistema em equilíbrio químico.	
Discussão coletiva: Questão 6	10	Os alunos participam na discussão coletiva, partilham as suas respostas, ouvem os colegas e justificam as suas conclusões. **Dificuldades:** - Encontrar evidências que fundamentem as suas respostas. - Construir argumentos que justifiquem as suas opções.	O professor orienta uma discussão com a turma, pedindo aos alunos que partilhem as suas respostas à questão da tarefa. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Analisar respostas diferentes dos alunos solicitando evidências e argumentos que sustentem as suas respostas, bem como o raciocínio desenvolvido. - Solicitar as opiniões de diferentes grupos de trabalho.	Reformular ou completar os conceitos dos alunos com base nas ideias partilhadas. Mostrar compreender que os catalisadores aumentam a velocidade das reações (direta e inversa) pelo que o seu uso diminui o tempo necessário para o sistema reacional atingir o equilíbrio químico mas não perturbam um sistema reacional em equilíbrio químico.	Enunciado da Tarefa 4 (parte 2) Computador Projetor Tarefa em suporte digital Material de escrita

Síntese final	10	Os alunos comparam as suas conceções e ideias com as apresentadas pelo professor na síntese final, expondo as dúvidas que ainda possam ter.	O professor faz uma síntese final dos conceitos abordados na aula e um resumo das principais ideias e conclusões.	Confrontar e completar as suas conceções com as apresentadas na síntese final.	Computador Projetor Quadro Apresentação em *PowerPoint*
Reflexão final: Trabalho individual autónomo Questão 7: Que dificuldades sentiste? Como ultrapassaste essas dificuldades? Questão 8: De que modo as representações e combinações utilizadas (figuras, tabelas, gráficos, esquema, equação química) te ajudaram a compreender as questões analisadas?	10	Os alunos refletem e respondem individualmente às questões. **Dificuldades:** - Em refletir sobre as suas dificuldades e aprendizagens, organizar ideias e expressar a sua opinião.	O professor solicita aos alunos uma reflexão sobre o trabalho desenvolvido, salientando a sua importância no processo de aprendizagem.	Refletir sobre o trabalho desenvolvido, as aprendizagens realizadas e dificuldades sentidas.	Enunciado da Tarefa 4 Material de escrita

Quadro A.5 – Desenvolvimento das aulas correspondentes à tarefa 5 – Síntese do Amoníaco.

Momentos da aula	Duração (min)	Atividade dos alunos e possíveis dificuldades	Atividade e respostas do professor	Objetivos e avaliação dos alunos	Recursos
<u>Aula 1</u> **Introdução da tarefa** Apresentação dos objetivos da tarefa Leitura do texto Visualização de um vídeo	20	Ouvir com atenção a explicação sobre o desenvolvimento da tarefa, colocando as dúvidas que surgirem. Organização em grupos de trabalho. Um aluno lê em voz alta o texto de introdução da tarefa. Os alunos ouvem com atenção a leitura do texto, expondo as suas dúvidas. Os alunos veem com atenção o vídeo, expondo as suas dúvidas. **Dificuldades:** - Compreender o texto. - Compreender o vídeo (falado e legendado em inglês).	O professor distribui os alunos por grupos de trabalho de três/quatro elementos. Apresenta a tarefa, informa os alunos acerca da sua duração e do modo de trabalho, indicando que a tarefa será recolhida, sendo importante que apresentem respostas completas no enunciado. Distribui o enunciado da tarefa em papel e pede a um aluno que faça a leitura do texto introdutório. Após análise do texto, o professor apresenta um vídeo para todos visualizarem. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - O professor convida os alunos a analisar o texto e exporem as suas dúvidas, solicitando a contribuição de todos os alunos no esclarecimento dessas questões. - O professor faz pausas no vídeo, a fim de explicar ou esclarecer alguma trecho, quando um aluno manifeste não estar a compreender ou acompanhar uma parte do mesmo.	Mostrar compreensão sobre o texto, vídeo visualizado e ideias-chave, e objetivos da tarefa.	Tarefa 5 – Síntese do Amoníaco Computador Projetor Tarefa em suporte digital https://www.youtube.com/watch?v=hK4vXKaBJko

Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 1: Considerando o Princípio de Le Châtelier, identifiquem os principais fatores que afetam a produtividade da síntese industrial do amoníaco.	10	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão. **Dificuldades:** - Entender a simulação. - Mobilizar conhecimento prévio. - Identificar todos os fatores que constituem variáveis na simulação, em vez de se focarem nos principais fatores.	O professor explica brevemente a simulação a toda a turma. O professor circula pelos diferentes grupos colocando questões orientadoras e esclarecendo eventuais dúvidas. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Incentiva os alunos a explorar a simulação, discutindo entre si os resultados. - Questiona os alunos sobre o que estudaram nas aulas anteriores procurando que mobilizem o conhecimento prévio na análise da questão.	Mobilizar o conhecimento prévio para responder à questão, identificando a temperatura e pressão como os principais fatores que afetam a produtividade da síntese industrial do amoníaco.	Enunciado da Tarefa 5 Computador Projetor Telemóveis Material de escrita https://www.learner.org/series/chemistry-challenges-and-solutions/control-a-haber-bosch-ammonia-plant/
Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 2: Avaliem o impacto da variação da pressão no processo de produção do amoníaco, apresentando um gráfico do rendimento da reação em função da pressão. O que concluem?	15	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão, construindo o gráfico através dos dados obtidos pela simulação. **Dificuldades:** - Em entender a questão. - Na utilização da simulação e entender que devem-se manter todas as variáveis constantes e variar apenas a pressão. - Não indicam os valores que fixaram para os parâmetros	O professor chama a atenção para alguns aspetos a ter em consideração na construção do gráfico, colocando questões orientadoras e esclarecendo eventuais dúvidas. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Questiona os alunos a respeito da informação essencial que tem que constar do gráfico: grandezas a representar e respetivas unidades, escala a utilizar, indicação dos valores dos outros parâmetros operacionais/variáveis.	Demonstrar compreensão sobre o modo de representação gráfica, associando à finalidade de comunicar e facilitar a interpretação de informação. Construção de gráficos. Serem capazes de usar uma representação (simulação) para extrair informação e apresentá-la noutro tipo de representação.	Enunciado da Tarefa 5 Computador Telemóveis Material de escrita https://www.learner.org/series/chemistry-challenges-and-solutions/control-a-haber-bosch-ammonia-plant/

		operacionais/variáveis (temperatura de reação, temperatura de arrefecimento, purga...) - Não identificam as grandezas nos eixos corretos. - Não identificam as unidades. - Não utilizam uma escala que facilite a leitura. - Em tirar conclusões.		Concluir que o rendimento da reação aumenta com a pressão.	
<u>Aula 2</u> **Desenvolvimento da tarefa:** Trabalho autónomo Questão 3: Avaliem o impacto da variação da temperatura no rendimento da reação e no tempo necessário para atingir o equilíbrio. Apresentem os dados de forma clara e organizada, justificando as vossas opções (sugestão: tabela e/ou gráfico). O que concluem?	15	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão, construindo um gráfico ou uma tabela através dos dados obtidos pela simulação. **Dificuldades:** - Em entender a questão. - Na utilização da simulação e entender que devem-se manter todas as variáveis constantes e variar apenas a temperatura. - Não indicam os valores que fixaram para os parâmetros operacionais/variáveis (pressão, temperatura de arrefecimento, purga...). - Não sabem como elaborar um gráfico com dois eixos Y.	O professor chama a atenção para alguns aspetos a ter em consideração na construção de um gráfico e tabela, colocando questões orientadoras e esclarecendo eventuais dúvidas. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Questiona os alunos a respeito da informação essencial que tem que constar num gráfico: grandezas a representar e respetivas unidades, escala a utilizar, indicação dos valores dos outros parâmetros operacionais/variáveis. - Incentiva os alunos a justificar o modo de apresentação dos dados.	Demonstrar compreensão sobre o modo de representação em tabela e/ou gráfica, associando à finalidade de comunicar e facilitar a interpretação de informação. Construção de gráficos. Serem capazes de usar uma representação (simulação) para extrair informação e apresentá-la noutro tipo de representação. Concluir que o tempo necessário para atingir o equilíbrio mas também o rendimento da reação diminuem com a temperatura.	Enunciado da Tarefa 5 Computador Telemóveis Material de escrita https://www.learner.org/series/chemistry-challenges-and-solutions/control-a-haber-bosch-ammonia-plant/

		- Não identificam as grandezas nos eixos corretos. - Não identificam as unidades. - Não utilizam uma escala que facilite a leitura. - Não identificam que dados correspondem a cada eixo Y. - Justificar a escolha de apresentação dos dados. - Em tirar conclusões.			
Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 4: Determinem e justifiquem, com base na simulação, a temperatura ótima que maximiza o lucro de produção do amoníaco.	10	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão. **Dificuldades:** - Compreender a questão em si. - Entender que o lucro de produção do amoníaco é máximo quando há um compromisso entre o rendimento da reação e o tempo necessário para atingir o equilíbrio.	O professor circula pelos diferentes grupos, procurando orientar os alunos, colocando questões que os auxiliem a obter os dados necessários e interpretar essa informação. O professor chama a atenção para o facto da simulação não refletir corretamente o aumento dos custos variáveis com o aumento da pressão e da temperatura. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Questiona os alunos se o aumento de temperatura é acompanhado, em simultâneo, pelo aumento do rendimento da reação de síntese do amoníaco e diminuição tempo necessário para atingir o equilíbrio (situações que contribuem para o aumento do lucro de produção do amoníaco).	Concluir que a temperatura ótima que maximiza o lucro de produção do amoníaco é cerca de 450ºC. Demonstrar compreensão sobre os aspetos de compromisso relacionados com a temperatura na síntese do amoníaco.	Enunciado da Tarefa 5 Computador Telemóveis Material de escrita https://www.learner.org/series/chemistry-challenges-and-solutions/control-a-haber-bosch-ammonia-plant/

Discussão coletiva: Questões 1 a 4	10	Os alunos participam na discussão coletiva, partilham as suas respostas, ouvem os colegas e justificam as suas conclusões. **Dificuldades:** - Encontrar evidências que fundamentem as suas respostas.	O professor orienta uma discussão com a turma, pedindo aos alunos que partilhem as suas respostas à questão da tarefa. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Analisar respostas diferentes dos alunos solicitando evidências e argumentos que sustentem as suas respostas, bem como o raciocínio desenvolvido. - Solicitar as opiniões de diferentes grupos de trabalho.	Mostrar compreender aspetos de compromisso relacionados com a pressão e temperatura para maximização da produção do amoníaco.	Enunciado da Tarefa 5 Material de escrita
Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 5.1: Representem a reação, num sistema fechado, em termos pictóricos.	10	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão. **Dificuldades:** - Em entender o objetivo da questão. - Representar as moléculas em termos pictóricos. - Reconhecer que aspetos da reação devem ser considerados na representação. - Representar pictoricamente o caráter dinâmico do equilíbrio.	O professor circula pelos diferentes grupos, procurando orientar os alunos, colocando questões dos aspetos que são importantes transmitir e sobre a sua forma de representação. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Sugerir aos alunos que discutam entre si e decidam o que vão representar: moléculas, proporção entre moléculas, seu movimento, que reações, e como vão representar. - Sugerir aos alunos que consultem a tarefa 2 analisando as representações ao nível molecular.	Compreenderem o equilíbrio químico como um fenómeno dinâmico procurando evidenciar na representação a nível molecular a ocorrência de duas reações em simultâneo.	Enunciado da Tarefa 5 Material de escrita

<u>Aula 3</u> **Desenvolvimento da tarefa:** Trabalho autónomo Questão 5.2: Justifiquem, com base no Princípio de Le Châtelier, a variação do rendimento da reação com a pressão e com a temperatura.	10	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão. **Dificuldades:** - Aplicar o Princípio de Le Châtelier à reação de síntese do amoníaco mobilizando o conhecimento prévio.	O professor circula pelos diferentes grupos colocando questões orientadoras e esclarecendo eventuais dúvidas. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Questionar os alunos como, de acordo com o Princípio de Le Châtelier, evolui uma reação exotérmica com o aumento de temperatura. - Questionar os alunos como, de acordo com o Princípio de Le Châtelier, evolui uma reação em que há diminuição da quantidade de matéria de moléculas de gases (no sentido direto) com o aumento de pressão.	Demonstrarem compreender que sendo a reação de síntese do amoníaco exotérmica o aumento de temperatura desloca o equilíbrio no sentido da reação inversa pelo que o rendimento da reação diminui com o aumento da temperatura. Demonstrarem compreender que na síntese do amoníaco a reação direta origina menor quantidade de moléculas gasosas pelo que o aumento de pressão favorece a produção de amoníaco aumentando o rendimento da reação.	Enunciado da Tarefa 5 Material de escrita
Desenvolvimento da tarefa: Trabalho autónomo Questão 5.3: Em termos industriais é frequente a adição de um reagente em excesso. Na síntese do amoníaco (NH_3) o dinitrogénio (N_2), reagente mais barato e	10	Os alunos trabalham em grupo para dar resposta à questão. **Dificuldades:** - Aplicar o Princípio de Le Châtelier à reação de síntese do amoníaco mobilizando o conhecimento prévio. - Compreender que a adição de um gás a volume constante resulta num aumento de pressão total do sistema	O professor circula pelos diferentes grupos colocando questões orientadoras e esclarecendo eventuais dúvidas. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Questiona os alunos qual seria a diferença se a adição de reagente se desse a pressão constante, em vez de volume constante, gerando a dúvida sobre a evolução do	Demonstrarem compreender que, de acordo com o Princípio de Le Châtelier, a adição de dinitrogénio favorece a reação direta com consequente aumento de produção de amoníaco. Revelar uma compreensão mais aprofundada do Princípio de Le Châtelier e limitações à sua aplicação.	Enunciado da Tarefa 5 Material de escrita

menos perigoso, é adicionado em excesso face ao di-hidrogénio (H_2), a temperatura e volume constantes. Justifiquem, com base no Princípio de Le Châtelier, a adição do reagente em excesso.		mas que, neste caso, resulta apenas no aumento de concentração do dinitrogénio e não de todas as espécies envolvidas como ocorreria por diminuição do volume (contração).	sistema quando se diminui a concentração de um reagente e produtos de reação em simultâneo.		
Discussão coletiva: Questão 5	10	Os alunos participam na discussão coletiva, partilham as suas respostas, ouvem os colegas e justificam as suas conclusões. **Dificuldades:** - Encontrar evidências que fundamentem as suas respostas. - Construir argumentos que justifiquem as suas opções.	O professor orienta uma discussão com a turma, pedindo aos alunos que partilhem as suas respostas à questão da tarefa. **Estratégia do professor para lidar com as dificuldades:** - Analisar respostas diferentes dos alunos solicitando evidências e argumentos que sustentem as suas respostas, bem como o raciocínio desenvolvido. - Solicitar as opiniões de diferentes grupos de trabalho.	Mostrar compreender o Princípio de Le Châtelier e sua aplicação na síntese do amoníaco.	Enunciado da Tarefa 5 Material de escrita
Síntese final	10	Os alunos comparam as suas conceções e ideias com as apresentadas pelo professor na síntese final, expondo as dúvidas que ainda possam ter.	O professor faz uma síntese final dos conceitos abordados na aula e um resumo das principais ideias e conclusões.	Confrontar e completar as suas conceções com as apresentadas na síntese final.	Quadro

Reflexão final: Trabalho individual autónomo Questão 7: Que dificuldades sentiste? Como ultrapassaste essas dificuldades? Questão 8: De que modo as representações e combinações utilizadas (vídeo, simulação, figura, tabelas, gráficos, equação química, representação pictórica) te ajudaram a compreender as questões analisadas?	5	Os alunos refletem e respondem individualmente às questões. **Dificuldades:** - Em refletir sobre as suas dificuldades e aprendizagens, organizar ideias e expressar a sua opinião.	O professor solicita aos alunos uma reflexão sobre o trabalho desenvolvido, salientando a sua importância no processo de aprendizagem.	Refletir sobre o trabalho desenvolvido, as aprendizagens realizadas e dificuldades sentidas.	Enunciado da Tarefa 5 Material de escrita

APÊNDICE B

TAREFAS DE AULAS

TAREFA 1 - REAÇÕES INCOMPLETAS E EQUILÍBRIO QUÍMICO

PARTE 1

Alguns óxidos gasosos de carbono e nitrogénio são poluentes atmosféricos. A reação do dióxido de nitrogénio com monóxido de carbono gera monóxido de nitrogénio e dióxido de carbono. Todas estas substâncias são gasosas à temperatura ambiente. O dióxido de nitrogénio possui cor castanho-avermelhada, enquanto as restantes substâncias gasosas são incolores. Num estudo dessa reação, realizada num recipiente fechado e a temperatura constante, foram determinadas as concentrações de todas as substâncias envolvidas, ao longo de 100 minutos, sendo esses dados apresentados na tabela 1. Ao longo da experiência observou-se e registou-se também a progressão da cor do sistema reacional.



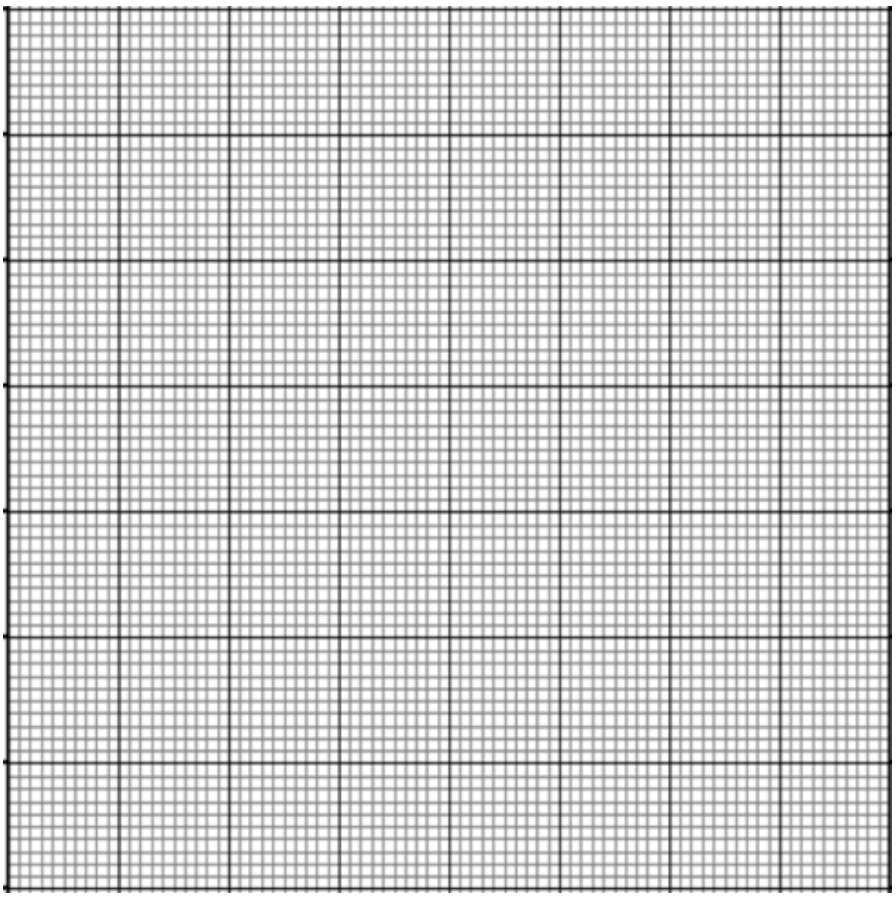
0 min 10 min 20 min 30 min 40 min 50 min 60 min 70 min 80 min 90 min 100 min

Tabela 1 – Concentrações das substâncias em função do tempo de reação.

Tempo de reação / min	[CO] / mol dm^{-3}	[NO_2] / mol dm^{-3}	[CO_2] / mol dm^{-3}	[NO] / mol dm^{-3}
0	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000
10	0,5701	0,5701	0,4299	0,4299
20	0,4003	0,4003	0,5997	0,5997
30	0,3198	0,3198	0,6802	0,6802
40	0,2802	0,2802	0,7198	0,7198
50	0,2600	0,2600	0,7400	0,7400
60	0,2599	0,2599	0,7401	0,7401
70	0,2600	0,2600	0,7400	0,7400
80	0,2601	0,2601	0,7399	0,7399
90	0,2599	0,2599	0,7401	0,7401
100	0,2600	0,2600	0,7400	0,7400

1. De acordo com a informação apresentada descreve a evolução do sistema reacional, explicando os dados observados e registados.

2. Esboça o gráfico da variação das concentrações das substâncias componentes da mistura, em função do tempo. O que concluis?



3. Explica a variação de concentração das substâncias envolvidas a partir dos 50 minutos.

4. Representa, em termos pictóricos, a reação ao nível molecular, nos instantes 30 min, 60 min e 100 minutos.

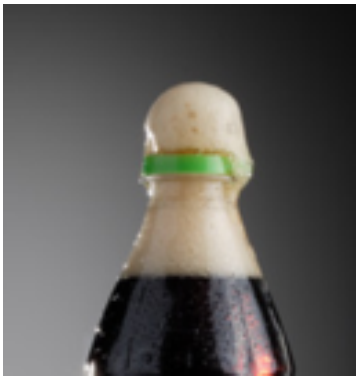
PARTE 2

5. Na reação em estudo todas as substâncias estão na mesma fase (gasosa). Será que em sistemas reacionais com reagentes e/ou produtos em diferentes fases também pode ocorrer o equilíbrio químico?

Para responderes à questão analisa a situação seguinte.
O ácido carbónico, H_2CO_3, encontra-se presente nos refrigerantes decompondo-se em dióxido de carbono, CO_2, e água, H_2O, segundo a reação reversível:

$$H_2CO_3\,(aq) \rightleftharpoons CO_2\,(g) + H_2O\,(l)$$

Quando se abre uma garrafa de refrigerante observa-se a libertação de gás, o dióxido de carbono. Se a garrafa for agitada antes de ser aberta essa libertação de gás pode ser descontrolada.
Se a garrafa for agitada, mas mantida fechada, observa-se a formação de muitas bolhas de gás, dióxido de carbono, que, no entanto, não se libertam para o ambiente, ficando retidas na garrafa. Se a garrafa ficar em repouso algum tempo volta à situação inicial, antes da agitação.
Atendendo à informação e figuras apresentadas, o que concluis?


Figura 1 - Abertura de garrafa de refrigerante.



Antes da agitação	Imediatamente após agitação	15 minutos após agitação	30 minutos após agitação	45 minutos após agitação	60 minutos após agitação

Figura 2 – Observação da garrafa de refrigerante, antes da agitação, e ao longo do tempo após a agitação.

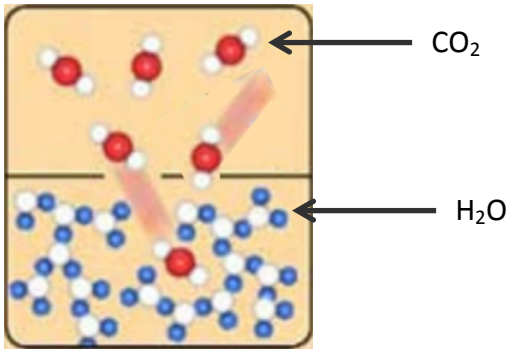


Figura 3 – Representação pictórica da fase aquosa e gasosa na garrafa de refrigerante.

Reflete

6. Que dificuldades sentiste? Como ultrapassaste essas dificuldades?

7. De que modo as representações e combinações utilizadas (figuras, tabelas, gráfico, animação) te ajudaram a compreender o equilíbrio químico?

Nome: _____

TAREFA 2 - EXTENSÃO DAS REAÇÕES QUÍMICAS

PARTE 1

1. Leiam atentamente o seguinte texto:

O equilíbrio químico começou a ser estudado em 1798, pelo químico francês Claude Louis Berthollet enquanto acompanhava Napoleão Bonaparte numa expedição ao Egito. Quando estudava alguns lagos de água salgada egípcios, Berthollet observou nas margens a presença de depósitos de carbonato de sódio (Na_2CO_3). O químico francês que já estava familiarizado com carbonato de sódio através de uma reação laboratorial conhecida, traduzida pela seguinte equação química:



Figura 1 – Lago Natron.

$$Na_2CO_3\ (s) + CaCl_2\ (aq) \rightarrow CaCO_3\ (s) + 2NaCl\ (aq)$$

propôs que o carbonato de sódio teria sido formado através da reação inversa, provocada pela elevada concentração de cloreto de sódio, NaCl, e de carbonato de cálcio, $CaCO_3$, resultante da lenta evaporação da água do lago. Berthollet viria a publicar, em 1803, estas observações no livro *Essai de Statique Chimique*, propondo que as quantidades relativas de NaCl, $CaCO_3$, Na_2CO_3 e $CaCl_2$ (cloreto de cálcio) determinam o sentido no qual a reação evolui e a composição final da mistura de reação. O raciocínio de Berthollet de que há reações reversíveis foi um passo importante na compreensão da reatividade química.

Posteriormente, baseados no trabalho de Berthollet os químicos noruegueses Cato Guldberg e Peter Waage publicaram, em 1864, a Lei de ação de massas que caracteriza quantitativamente o equilíbrio químico.

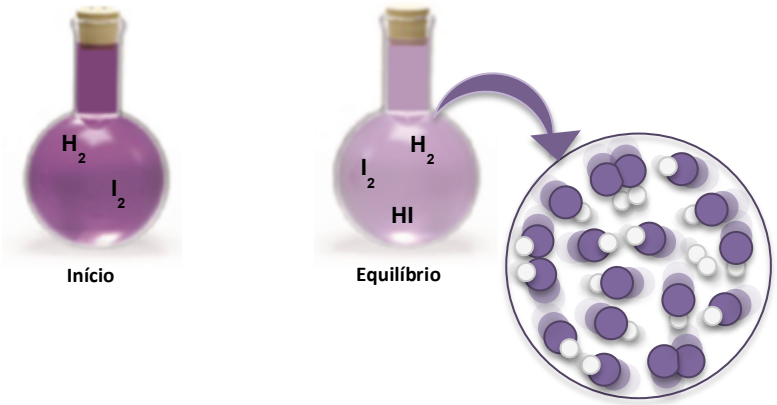
Adaptado da Revista de Ciência Elementar, 3(2), 2015

2. Formulem hipóteses para a caracterização quantitativa do equilíbrio químico.

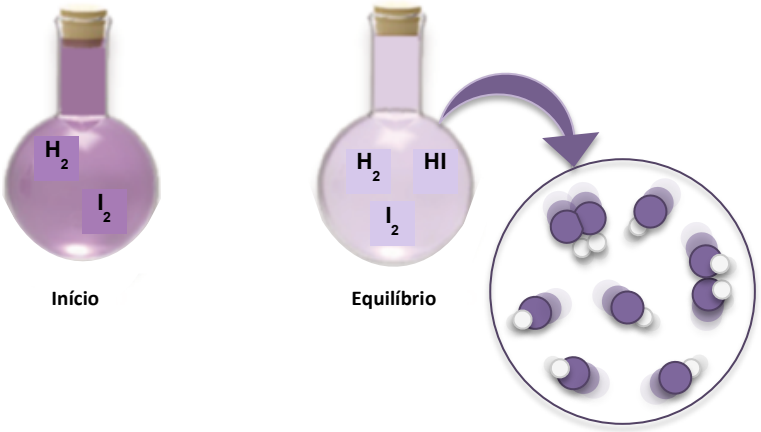
3. Realizem uma pesquisa que vos permita explicar a Lei da ação das massas e elaborem um texto com as vossas conclusões.

4. Interpretem e expliquem as situações representadas nas figuras abaixo, com base na Lei da ação das massas.

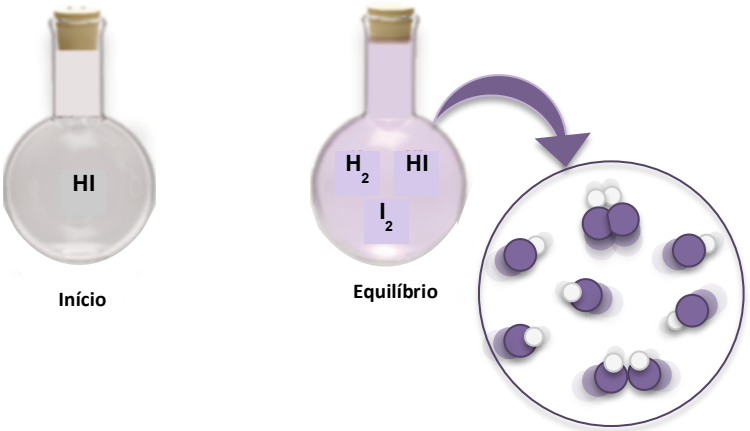
Situação 1:



Situação 2:



Situação 3:



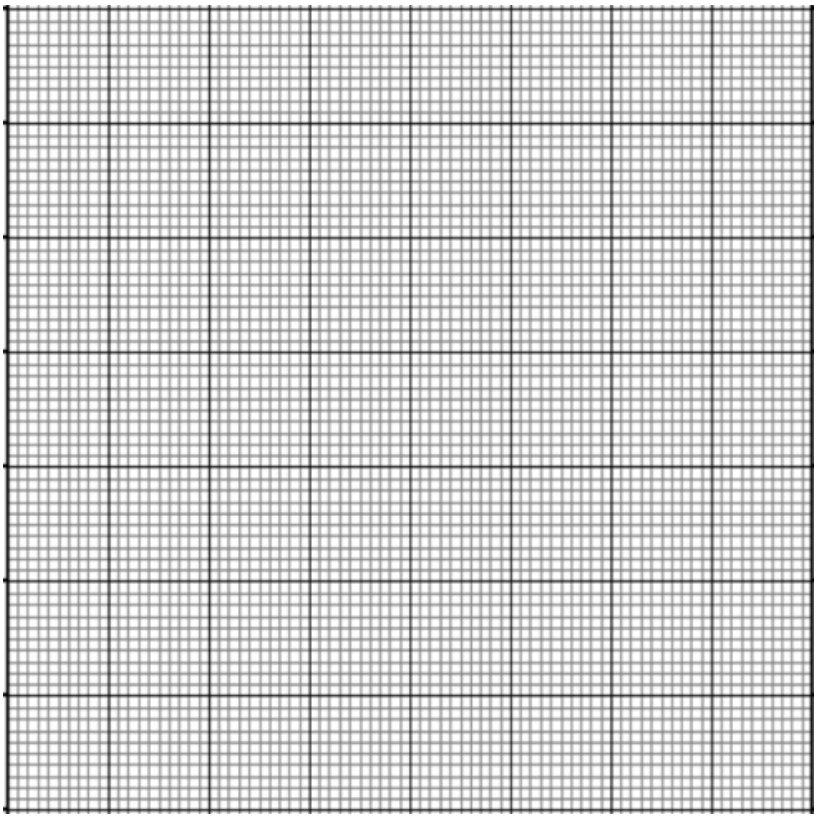
Legenda:

- HI (g) - H_2 (g) - I_2 (g)

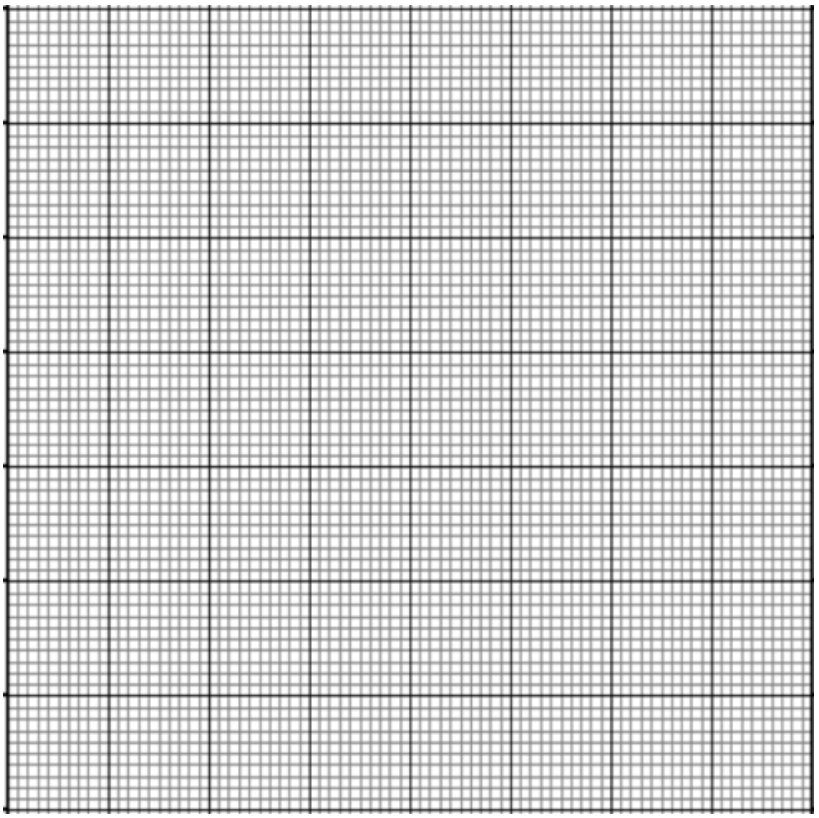
- Movimento translacional - Movimento vibracional - Movimento rotacional

5. Elaborem gráficos que exemplifiquem a evolução das reações atrás apresentadas, indicando as concentrações iniciais e finais de reagentes e produtos.

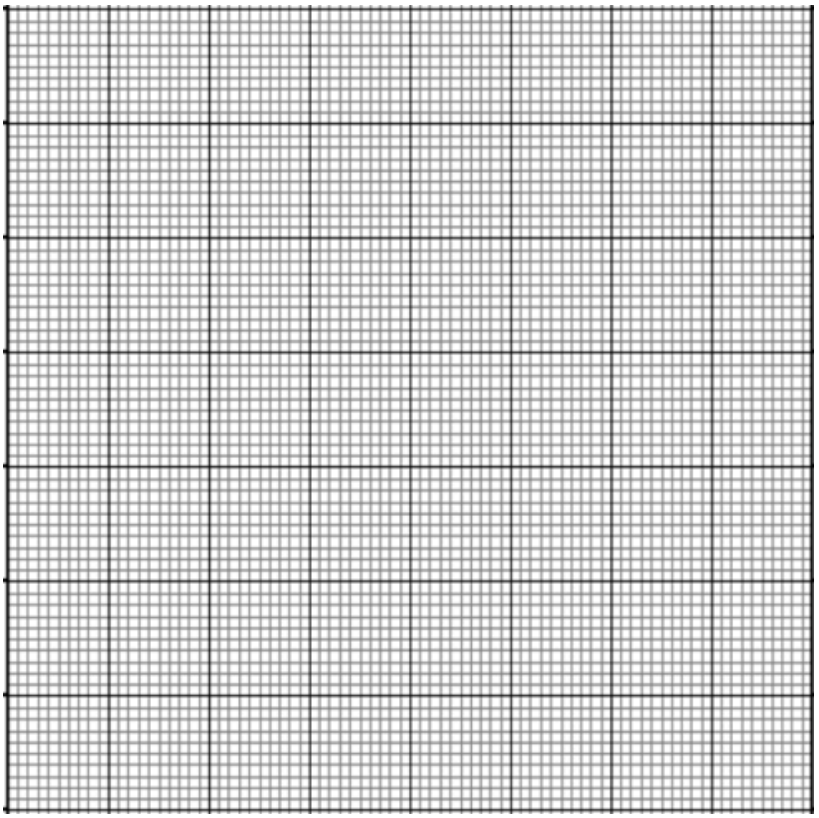
Situação 1:



Situação 2:



Situação 3:



6. Expliquem o vosso raciocínio.

PARTE 2

7. Observem a tabela com as concentrações em equilíbrio de reagentes e produtos, num sistema fechado, a diferentes temperaturas. Sabendo que a reação $H_2(g) + I_2(g) \rightleftharpoons 2HI(g)$, no sentido direto, é exotérmica, o que podem concluir acerca da extensão da reação? E para a reação inversa?

Apresentem os resultados que suportam as vossas conclusões de forma organizada (tabela, gráfico ou outra representação que considerem adequada).

T / K	Concentrações em equilíbrio / mol dm^{-3}		
	H_2 (g)	I_2 (g)	HI (g)
298	0,022	0,022	0,620
500	0,022	0,022	0,278
700	0,022	0,022	0,162

REFLETE

8. Que dificuldades sentiste? Como ultrapassaste essas dificuldades?

9. De que modo as representações e combinações utilizadas (figuras, tabelas, gráficos) te ajudaram a compreender o equilíbrio químico?

Nome: _____

TAREFA 3 – FATORES QUE ALTERAM O EQUILÍBRIO QUÍMICO

1. Leiam atentamente o seguinte texto:

Na indústria química, para tornar a produção de uma determinada substância mais rentável, é necessário considerar o compromisso entre o rendimento da reação de síntese, a velocidade da reação e os custos envolvidos. Para aumentar o rendimento da reação de síntese torna-se relevante o estudo dos fatores que podem aumentar a extensão da reação (direta). A variação das condições experimentais pode perturbar o equilíbrio químico, evoluindo o sistema no sentido de um novo estado de equilíbrio, dando origem a uma maior ou menor quantidade de produto. Assim, nos processos industriais, o equilíbrio químico é deliberadamente perturbado de modo a aumentar a extensão da reação direta e, consequentemente, o rendimento da reação.



Figura 1 – Fábrica de produção de ácido sulfúrico.

2. Formulem hipóteses sobre os fatores que podem perturbar o estado de equilíbrio químico de uma mistura reacional.

3. Trabalhando em grupos de quatro elementos e recorrendo aos dados fornecidos em anexo, planifiquem uma atividade experimental que vos permita testar as hipóteses formuladas. Esquematizem o procedimento experimental que prepararam. Partilhem o esquema do procedimento que elaboraram no *padlet* (https://padlet.com/InstEduc/3h5fgdaly2m7xnz4).

4. Realizem a atividade de acordo com a vossa planificação, efetuando um registo fotográfico das várias etapas. Organizem os dados e resultados obtidos numa tabela.

5. Interpretem e expliquem os resultados que obtiveram, apresentando as equações químicas das reações que ocorreram.

6. Elaborem, com recurso às fotos que tiraram, um relatório sobre a atividade experimental que realizaram.

REFLETE

7. Que dificuldades sentiste? Como ultrapassaste essas dificuldades?

8. De que modo as representações e combinações utilizadas (esquema, fotos, tabelas, equações químicas) te ajudaram a compreender o equilíbrio químico?

9. Em relação ao trabalho de grupo, assinala com X o nível que te parece corresponder melhor a cada uma das afirmações.

	Pouco	Suficiente	Muito
Contribuí com ideias e sugestões para o trabalho de grupo.	_____	_____	_____
Participei ativamente na atividade experimental.	_____	_____	_____
Prestei atenção e respeitei as opiniões dos meus colegas.	_____	_____	_____
Os meus colegas empenharam-se no trabalho de grupo.	_____	_____	_____

Nome: _____

ANEXO I

Dados:

O cloreto de cobalto hexahidratado, $CoCl_2.6H_2O$, é um sólido cristalino de cor rosa, solúvel em água e etanol. Em solução aquosa, este composto reage, segundo um processo reversível, com ácido clorídrico concentrado formando o ião tetraclorocobaltato, $[CoCl_4]^{2-}$, e água. O ião tetraclorocobaltato em solução aquosa, apresenta cor azul.
A reação de formação do ião tetraclorocobaltato descrita é endotérmica.

O cloreto de ferro (III), $FeCl_3$, é um sólido, solúvel em água. Uma solução aquosa diluída de cloreto de ferro (III) apresenta cor amarela. Em solução aquosa, este composto reage, segundo um processo reversível, com o tiocianato de amónia, NH_4SCN, formando o ião tiocianato de ferro, $[Fe(SCN)_6]^{3-}$, que em solução aquosa apresenta cor vermelha.
O cloreto de ferro (III) reage também com hidróxido de sódio, NaOH, formando hidróxido de ferro (III), $Fe(OH)_3$, insolúvel em água.

O dióxido de nitrogénio, NO_2, é um gás de cor castanho-avermelhado. Encontra-se na atmosfera em cidades muito poluídas, contribuindo para fenómenos com elevado impacto ambiental, como as chuvas ácidas.
Em laboratório, o dióxido de nitrogénio pode formar-se por reação entre o cobre (sólido) e o ácido nítrico, HNO_3, formando dióxido de nitrogénio gasoso, água, H_2O, e nitrato de cobre (II), $Cu(NO_3)_2$, solúvel em água.
As moléculas de dióxido de nitrogénio reagem entre si, num processo reversível, formando tetróxido de nitrogénio, N_2O_4, que é um gás incolor. A reação de formação do tetróxido de nitrogénio a partir do dióxido de nitrogénio é exotérmica.

Atenção: Consultem as fichas de dados de segurança (FDS) e informações de perigo dos produtos químicos e reagentes utilizados, bem como dos produtos de reação formados (https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov), e observem os pictogramas de perigo que constam dos rótulos das embalagens.

TAREFA 4 – PRINCÍPIO DE LE CHÂTELIER

PARTE 1

Tal como vocês, também o químico francês Henri Le Châtelier estudou experimentalmente os fatores que podem perturbar o estado de equilíbrio de uma mistura reacional e como o sistema evolui no sentido de restaurar esse equilíbrio. As suas conclusões basearam-se na indução e generalização dos casos estudados levando-o a formular uma lei qualitativa do equilíbrio químico, que ficou conhecida como o **Princípio de Le Châtelier.**



Figura 1 – Henri Le Châtelier.

1. Realizem uma pesquisa que vos permita explicar o Princípio de Le Châtelier e apresentem as vossas conclusões de forma esquemática. Partilhem o vosso esquema no *padlet* (https://padlet.com/InstEduc/2yhgt1c pjurdfe6m).

2. Leiam atentamente o seguinte texto:

No organismo humano, um exemplo importante de equilíbrio químico ocorre nas trocas gasosas nos alvéolos pulmonares, e corresponde ao equilíbrio estabelecido entre a hemoglobina (Hb), o dioxigénio (O_2) e a oxi-hemoglobina ($Hb(O_2)_4$). A hemoglobina, uma proteína presente no sangue, reage com o oxigénio, num processo reversível, formando a oxi-hemoglobina, que transporta o oxigénio até às células.



Figura 2 – Monte Everest.

À altitude do nível da água do mar, a pressão parcial de oxigénio na atmosfera é suficiente para manter o equilíbrio anterior. No entanto, a altitudes elevadas ocorre a hipoxia (redução de concentração de oxigénio nas células e tecidos do corpo) que causa sintomas como náuseas, vómitos, dores de cabeça, fadiga e até perda de consciência. Assim, os alpinistas quando se preparam para escalar montanhas de grandes altitudes necessitam de fazer uma adaptação lenta e gradual, ao longo de semanas, a altitudes cada vez mais elevadas, com acampamentos intermédios.

Adaptado da Revista de Ciência Elementar, 3(2), 2015

Analisem a informação da figura e tabela seguidamente apresentadas.

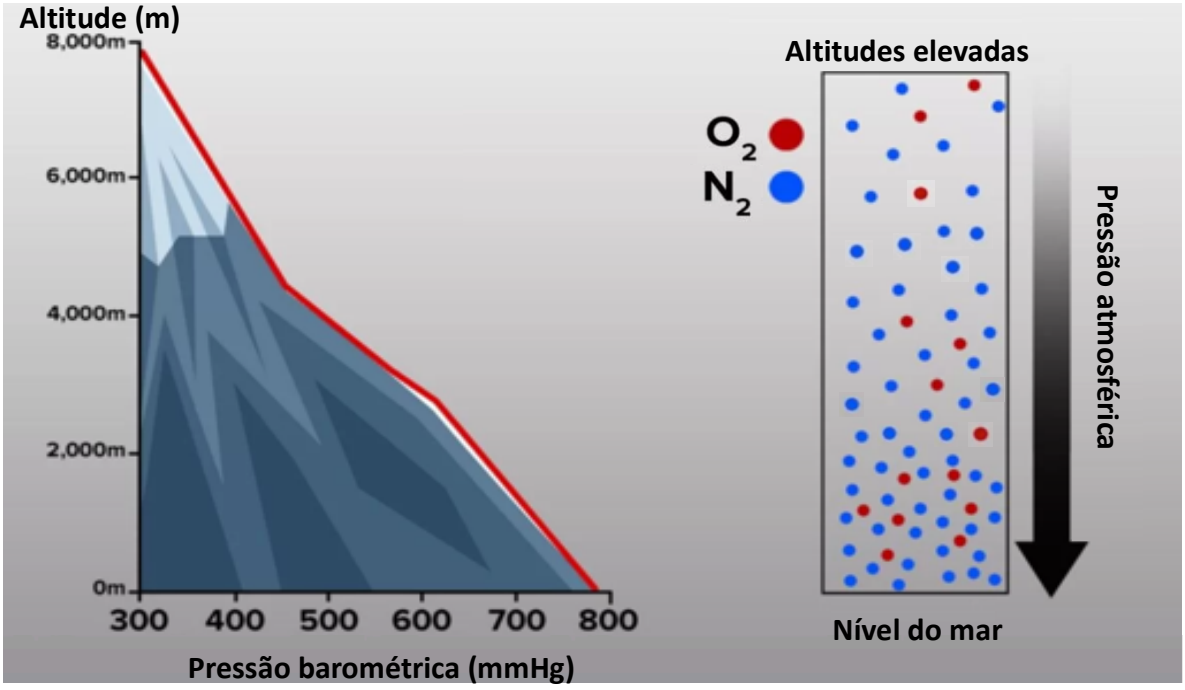
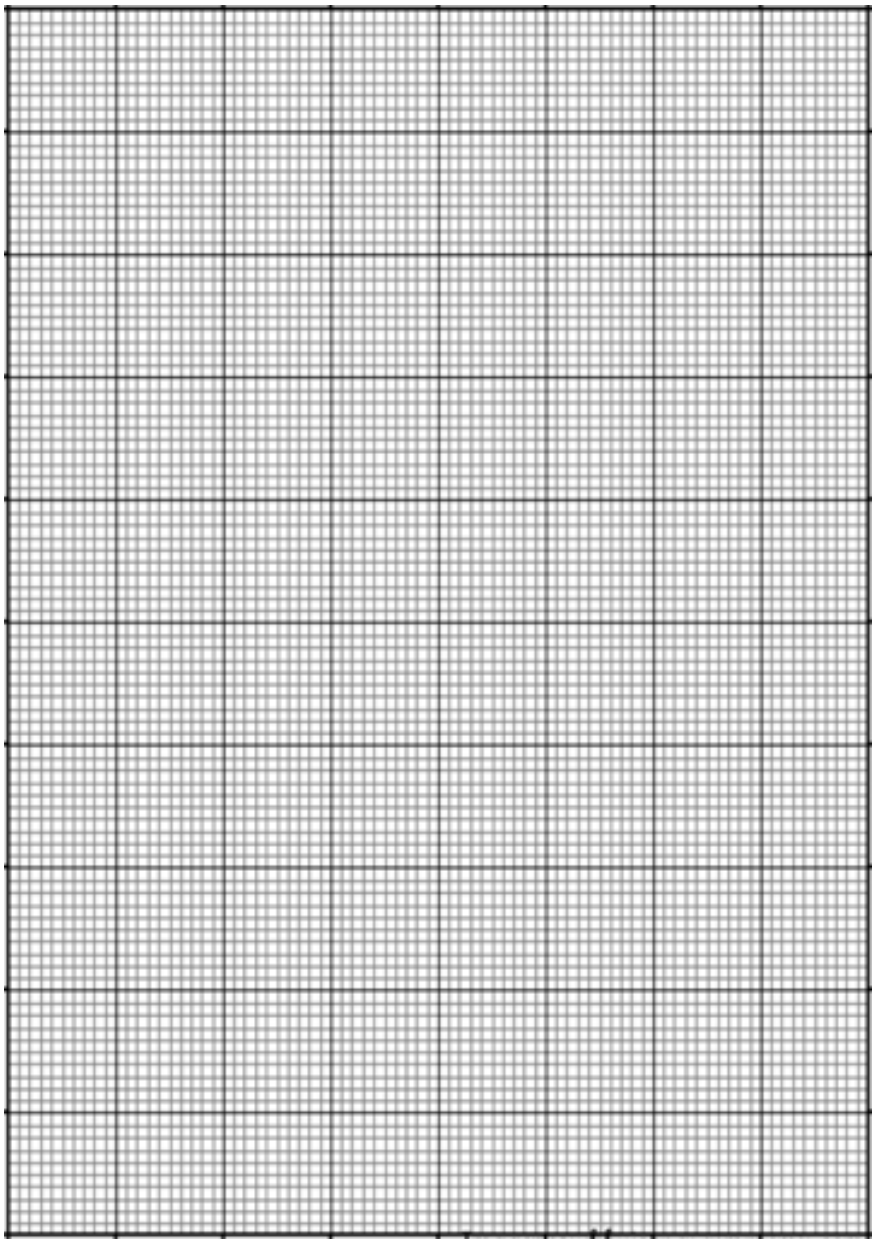


Figura 3 – Disponibilidade de dioxigénio de acordo com a altitude e pressão atmosférica.
(Imagem: Adaptado de https://www.koaa.com/news/covering-colorado/oxygen-and-altitude-why-do-you-get-so-winded-when-you-climb)

Tabela 1 - Valores típicos de pressão e saturação da hemoglobina, em função da altitude, num indivíduo saudável sujeito a hipoxia. (Fonte: Revista da UNIFA, 31(1), 2018)

Altitude (m)	Pressão barométrica / mmHg	Pressão parcial do oxigénio inspirado / mmHg	Pressão parcial do oxigénio no sangue arterial / mmHg	Saturação da hemoglobina com oxigénio / %
0	760	148	95	96
2400	565	108	56	92
4500	429	80	37	79
5500	380	69	32	63
6000	349	63	29	44

3. Elaborem um gráfico que relacione a pressão barométrica e a saturação da hemoglobina com oxigénio com a altitude.



4. Com base no Princípio de Le Châtelier, expliquem a ocorrência de hipoxia a grandes altitudes e a necessidade de adaptação prévia dos alpinistas a altitudes gradualmente mais elevadas.

PARTE 2

5. Leiam atentamente o seguinte texto e analisem as figuras apresentadas.

O dióxido de carbono, CO_2, produzido pela respiração celular, é transportado para os pulmões através do sangue, sendo excretado pelo processo de expiração. Uma parte do dióxido de carbono liga-se à hemoglobina (Hb) sendo transportado pelos glóbulos vermelhos, mas a maior parte (~70%) é transportado no sangue como ião bicarbonato, HCO_3^-. Para tal, o dióxido de carbono reage com a água, H_2O, sendo convertido em ácido carbónico, H_2CO_3, num processo reversível, catalisado pela enzima anidrase carbónica. Essa reação ocorreria naturalmente, mas tão devagar que seria incompatível com as trocas de gases que ocorrem constantemente para a manutenção da vida. Com o catalisador anidrase carbónica a reação é cerca de 10^7 vezes mais rápida. Em água, o ácido carbónico dissocia-se no ião bicarbonato, HCO_3^- e no ião oxónio, H_3O^+, num processo reversível.

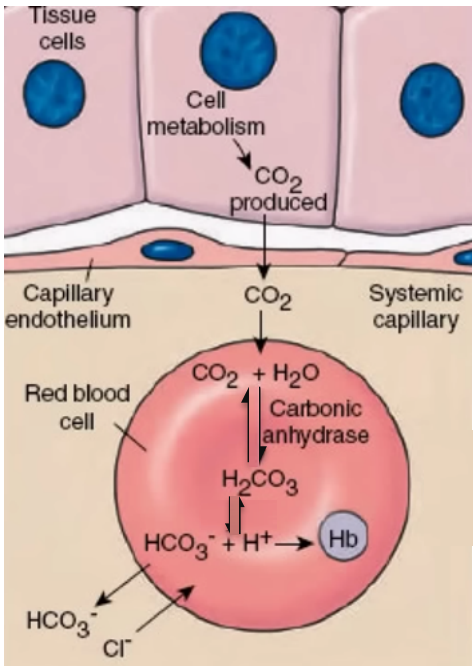


Figura 4 – Transporte de dióxido de carbono no sangue. (Imagem: Adaptado de Gregory Kluthe, @AnatomyOnDemand)

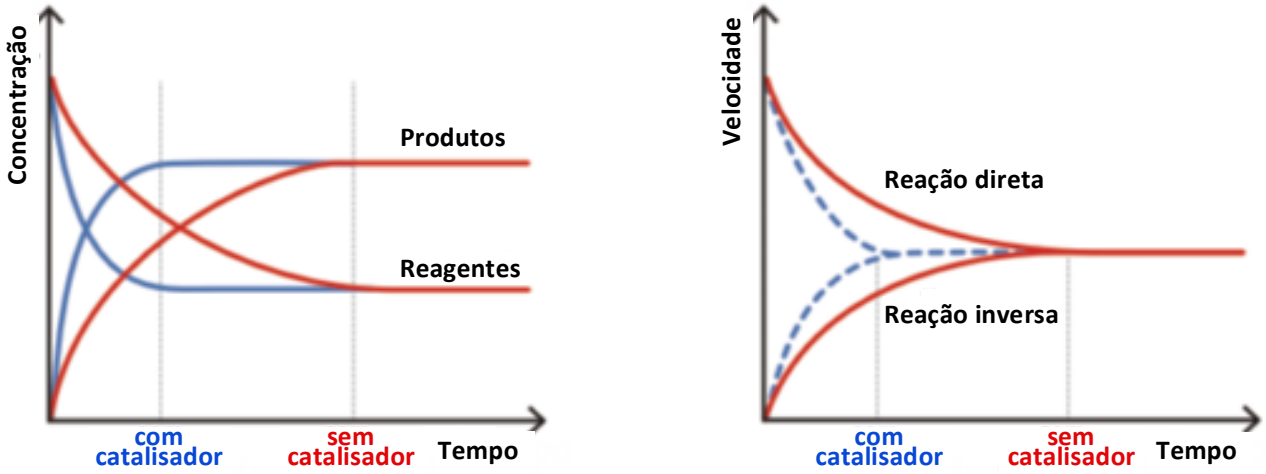


Figura 5 – Evolução das concentrações de reagentes e produtos da reação, e velocidade das reações direta e inversa, ao longo do tempo, numa reação reversível com catalisador, e sem catalisador.
(Imagem: Química em Reação 11, Porto Editora, 2022)

6. A adição de catalisador numa mistura reacional em equilíbrio químico pode provocar uma perturbação desse equilíbrio? Com base na informação apresentada expliquem o papel dos catalisadores no equilíbrio químico.

REFLETE

7. Que dificuldades sentiste? Como ultrapassaste essas dificuldades?

8. De que modo as representações e combinações utilizadas (figuras, tabelas, gráficos, esquema, equação química) te ajudaram a compreender as questões analisadas?

Nome: _____

TAREFA 5 – SÍNTESE DO AMONÍACO

PARTE 1

Leiam atentamente o seguinte texto:

Henri Le Châtelier é mais conhecido pelo estudo do equilíbrio químico mas dedicou também um extenso trabalho à indústria. Em 1901, na tentativa de produzir amoníaco (NH_3), combinou dois gases, dinitrogénio (N_2) e di-hidrogénio (H_2), a uma pressão de 200 atm e 600°C, na presença de um catalisador de ferro metálico. No entanto, ocorreu uma terrível explosão que quase matou um assistente seu e o levou a abandonar esse projeto. Uns anos mais tarde, Fritz Haber conseguiu produzir amoníaco à escala laboratorial, reconhecendo que o relato da tentativa fracassada de Le Châtelier havia acelerado as suas pesquisas. O processo foi aperfeiçoado industrialmente nos anos seguintes por Carl Bosch, ficando a síntese industrial do amoníaco conhecida pelo nome de **processo de Haber-Bosch**. Este processo foi um marco na química industrial.

Perto do fim de sua vida, Le Châtelier escreveu: "Deixei a descoberta da síntese do amoníaco escapar de minhas mãos. Foi o maior erro da minha carreira científica".

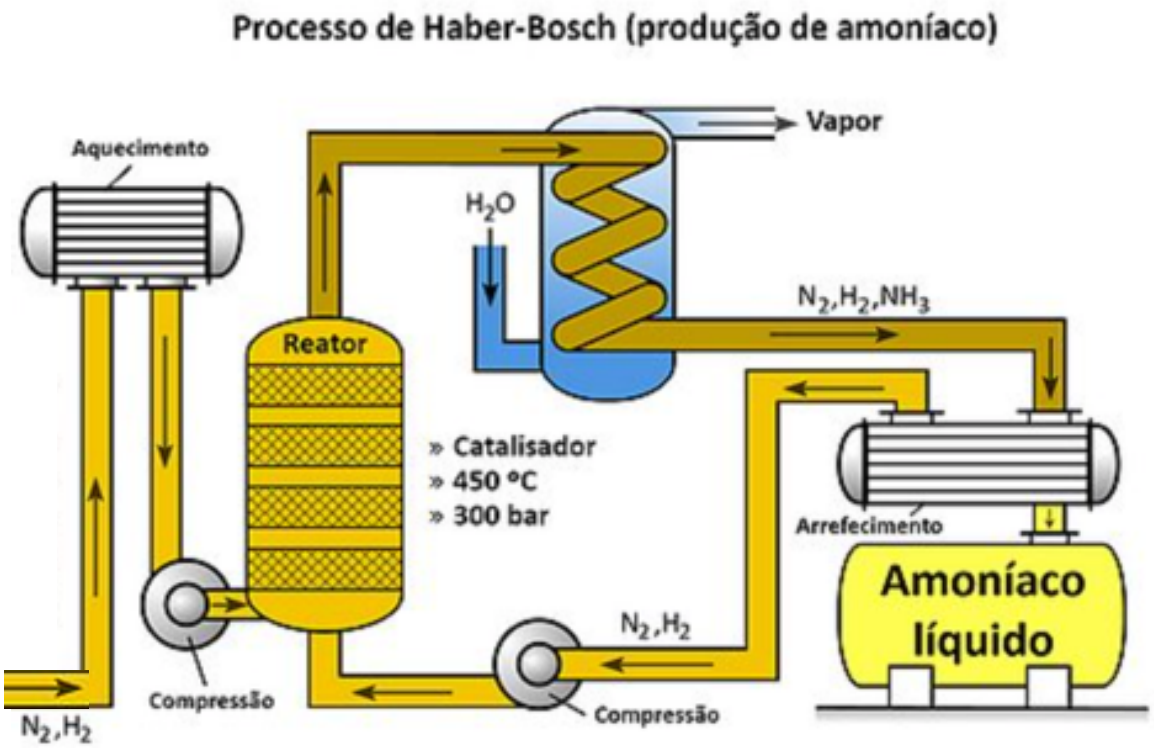


Figura 1 – Síntese industrial do amoníaco pelo processo de Haber-Bosch.
(Imagem: Adaptado da Revista de Ciência Elementar, 1(1), 2013

Vamos descobrir porque razão a síntese do amoníaco é tão importante visualizando o vídeo:

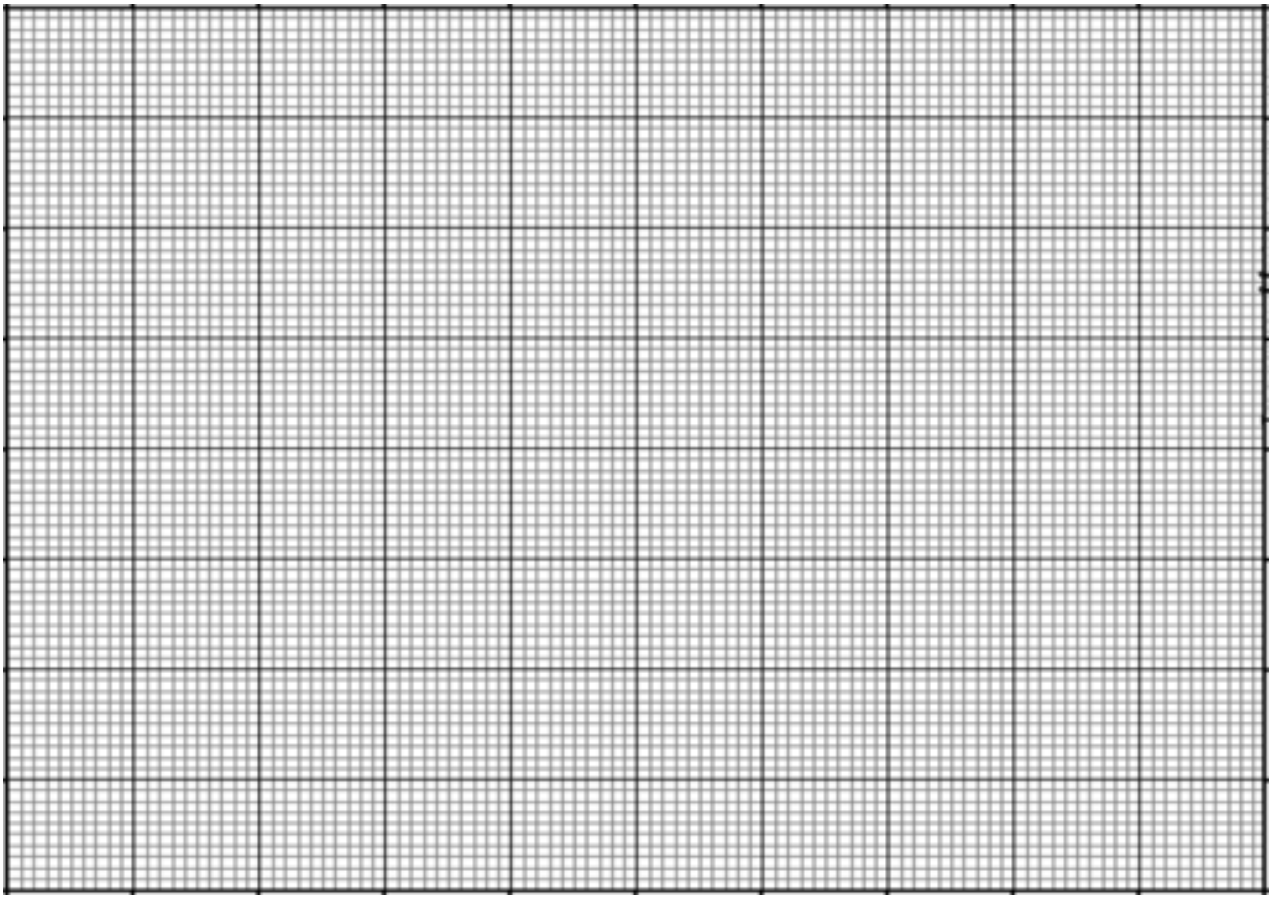
https://www.youtube.com/watch?v=hK4vXKaBJko

1. Para melhor entenderem a gestão de uma fábrica de síntese de amoníaco, pelo processo de Haber-Bosch, procurando alcançar o melhor compromisso entre o rendimento e custo de produção do amoníaco, explorem a simulação *Control a Haber-Bosch Ammonia Plant* (https://www.learner.org/series/chemistry-challenges-and-solutions/control-a-haber-bosch-ammonia-plant/).

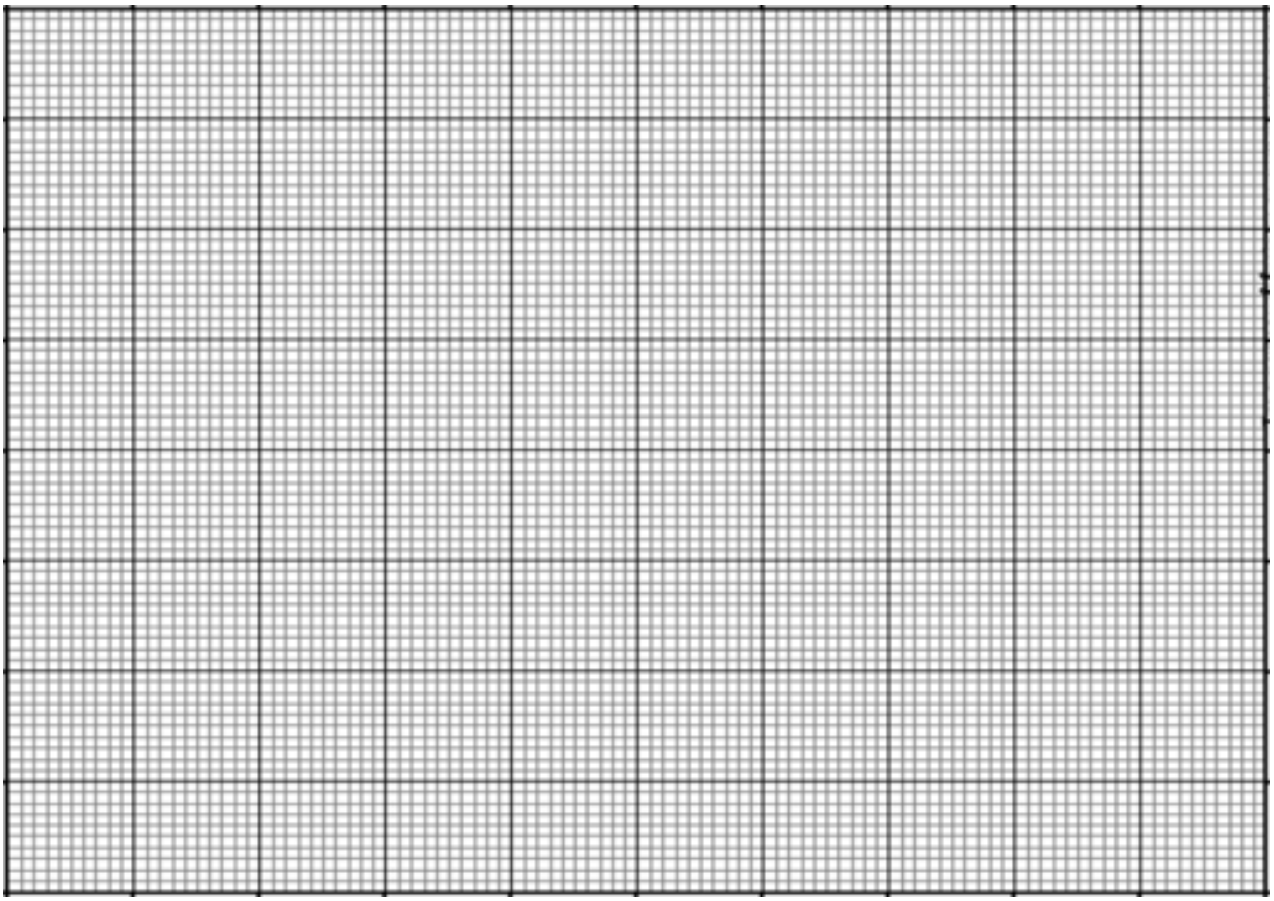
Considerando o Princípio de Le Châtelier, identifiquem os principais fatores que afetam a produtividade da síntese industrial do amoníaco.

Sugestão: Experimentem variar apenas cada um dos fatores de cada vez para verificarem como é que a sua variação afeta os outros fatores.

2. Avaliem o impacto da variação da pressão no processo de produção do amoníaco, apresentando um gráfico do rendimento da reação em função da pressão. O que concluem?



3. Avaliem o impacto da variação da temperatura no rendimento da reação e no tempo necessário para atingir o equilíbrio. Apresentem os dados de forma clara e organizada, justificando as vossas opções (sugestão: tabela e/ou gráfico). O que concluem?



4. Determinem e justifiquem, com base na simulação, a temperatura ótima que maximiza o lucro de produção do amoníaco.

PARTE 2

5. A reação de síntese do amoníaco é exotérmica podendo ser representada simbolicamente através da equação seguinte:

$$N_2\,(g) + 3\,H_2\,(g) \rightleftharpoons 2\,NH_3\,(g)$$

5.1 Representem a reação, num sistema fechado, em termos pictóricos.

5.2 Justifiquem, com base no Princípio de Le Châtelier, a variação do rendimento da reação com a pressão e com a temperatura.

5.3 Em termos industriais é frequente a adição de um reagente em excesso. Na síntese do amoníaco (NH_3) o dinitrogénio (N_2), reagente mais barato e menos perigoso, é adicionado em excesso face ao di-hidrogénio (H_2), a temperatura e volume constantes. Justifiquem, com base no Princípio de Le Châtelier, a adição do reagente em excesso.

REFLETE

6. Que dificuldades sentiste? Como ultrapassaste essas dificuldades?

7. De que modo as representações e combinações utilizadas (vídeo, simulação, figura, tabelas, gráficos, equação química, representação pictórica) te ajudaram a compreender as questões analisadas?

Nome: _____

APÊNDICE C

WAT

1. Associa todas as palavras que te lembres à seguinte palavra estímulo:

PRESSÃO

2. Escreve uma frase em que associes a palavra estímulo a cada palavra resposta:

1. Associa todas as palavras que te lembres à seguinte palavra estímulo:

EQUILÍBRIO QUÍMICO

2. Escreve uma frase em que associes a palavra estímulo a cada palavra resposta:

1. Associa todas as palavras que te lembres à seguinte palavra estímulo:

CONCENTRAÇÃO

2. Escreve uma frase em que associes a palavra estímulo a cada palavra resposta:

1. Associa todas as palavras que te lembres à seguinte palavra estímulo:

REAÇÃO REVERSÍVEL

2. Escreve uma frase em que associes a palavra estímulo a cada palavra resposta:

1. Associa todas as palavras que te lembres à seguinte palavra estímulo:

EXTENSÃO DA REAÇÃO

2. Escreve uma frase em que associes a palavra estímulo a cada palavra resposta:

1. Associa todas as palavras que te lembres à seguinte palavra estímulo:

TEMPERATURA

2. Escreve uma frase em que associes a palavra estímulo a cada palavra resposta: