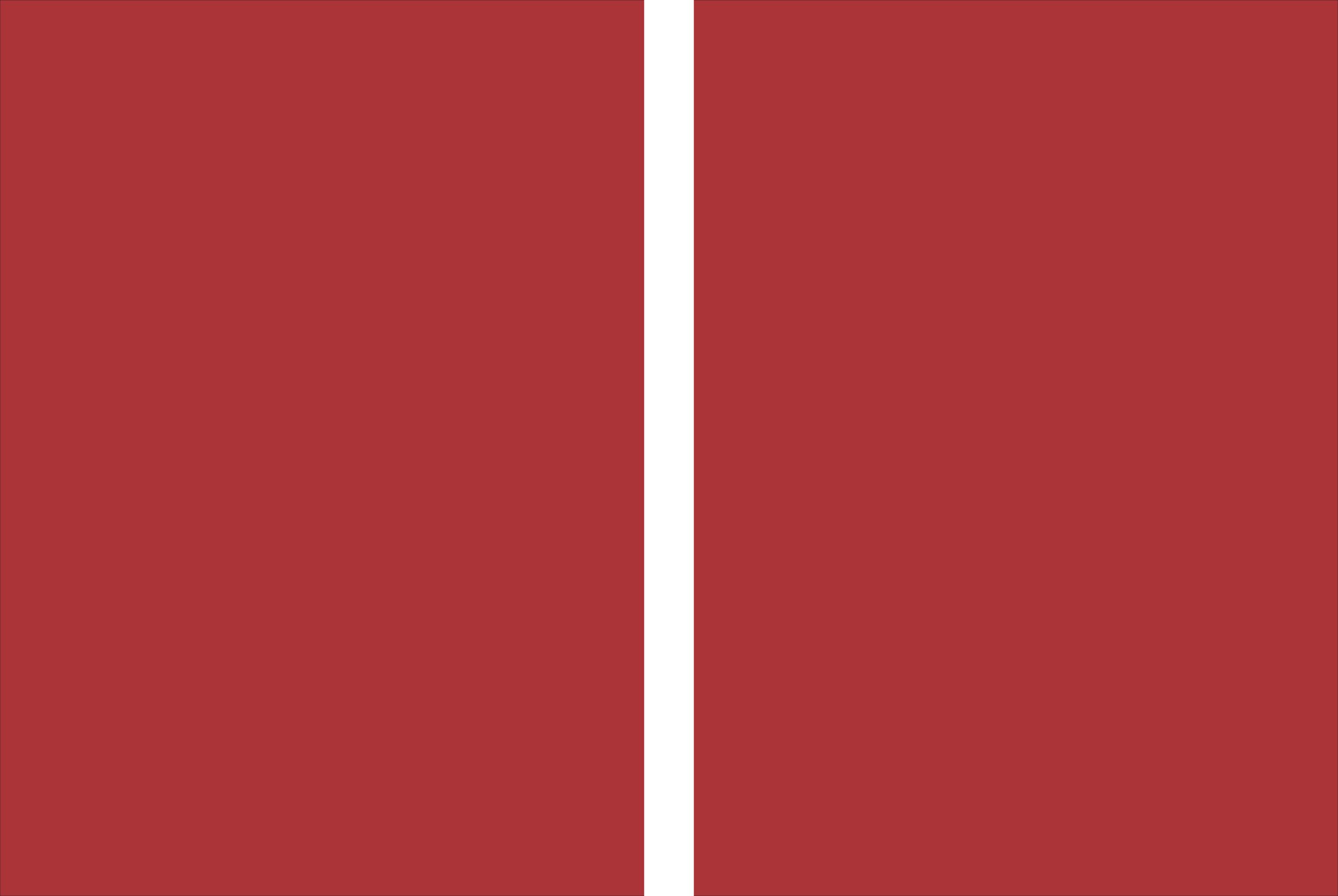




Universidade do Minho
Instituto de Educação

José Arão

**A formação inicial de professores
e as analogias: um estudo centrado
em universidades moçambicanas**





Universidade do Minho
Instituto de Educação

José Arão

**A formação inicial de professores
e as analogias: um estudo centrado
em universidades moçambicanas**

Tese de Doutoramento
Doutoramento em Ciências da Educação
Especialidade de Educação em Ciências

Trabalho efetuado sob a orientação da
Professora Doutora Laurinda Leite
e da
Professora Doutora Emília Afonso Nhalevilo

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-Compartilhalgal

CC BY-NC-SA

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Para que um trabalho de investigação desta natureza chegue a bom termo, é necessário contar com o apoio e a colaboração de muitas pessoas. A todas gostaria de expressar o meu agradecimento.

Agradeço a Deus por ter me dado a saúde e a coragem imprescindíveis para a realização da investigação e a conclusão desta Tese.

À minha orientadora Professora Laurinda Leite, agradeço por ter reservado tempo para me orientar e por me ter encorajado, para que não me faltasse ânimo, nos momentos mais difíceis da realização deste trabalho. Valeu a pena tê-la conhecido e foi bom ter aceite orientar-me na realização desta Tese.

À Professora Emília Afonso Nhalevilo, minha coorientadora, agradeço pelo apoio prestado durante a realização do trabalho e pela rapidez e profissionalismo com que sempre reagiu às solicitações que lhe foram apresentadas.

À Universidade Pedagógica e à Universidade Licungo agradeço pela concessão da bolsa de estudos que permitiu a realização deste doutoramento.

Aos especialistas que participaram na validação dos guiões das entrevistas, agradeço a disponibilidade e os comentários que me ajudaram a repensar alguns aspetos e a melhorar as mesmas.

A todos os professores e estudantes que participarem nesta investigação, o meu obrigado pelo tempo que me disponibilizaram e pela generosidade com que o fizeram.

À minha esposa, Julieta Ernesto Arão, e aos meus filhos, Nilton Arão José, Nilsa Ernestina Arão, Nivaldo Clemente Arão e Neusa Julieta Arão, agradeço a compreensão e o incondicional apoio, mesmo nos momentos em que sei que sentiam a minha ausência e que precisavam de mim ao seu lado.

Aos meus pais, Arão Nhutene Matova e Helena Herene Davissone, agradeço o encorajamento que sempre me deram; sei que compreendem por que razão, em ocasiões em que necessitaram do meu apoio, eu não pude estar presente.

Ao meu tio Luís Jone de Carvalho e ao meu sogro Ernesto Manuel Lourenço, os dois a título póstumo, agradeço pelos ensinamentos e pelo apoio que me deram e que foram muito importantes para que chegasse a esta fase da vida.

Ao meu cunhado Manuel Ernesto e aos meus colegas Félix Marecha e Inácio Mugabe agradeço por terem estado próximos sempre que precisei de ajuda.

A todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para este trabalho e que aqui não foram nomeados, peço que se revejam neste *Bem hajam!*

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES E AS ANALOGIAS: UM ESTUDO CENTRADO EM UNIVERSIDADES MOÇAMBICANAS

RESUMO

No contexto de ensino e da aprendizagem, uma analogia pode ser concetualizada como uma comparação entre dois domínios do conhecimento, um que é familiar aos alunos e outro que lhe é desconhecido, mas que ele precisa entender. Apesar de as analogias serem uma faca de dois gumes, se usadas apropriadamente, elas podem desempenhar um valioso papel na facilitação da compreensão de conceitos científicos. Isto é especialmente verdadeiro no caso da química, que lida com conceitos associados a entidades sub-microscópicas, não passíveis de serem visualizados pelos alunos. Um exemplo de tais conceitos é o conceito de átomo, um conceito-chave de química, de cuja compreensão depende a aprendizagem de outros conceitos. As analogias podem facilitar a aprendizagem do conceito de átomo. No entanto, não se conhecem estudos sobre a formação facultada a futuros professores de química, nomeadamente moçambicanos, para ensinarem sobre o átomo com recurso a analogias.

O objetivo geral desta investigação é avaliar a formação de futuros professores de química, de universidades moçambicanas, para o uso didático de analogias sobre o átomo e a estrutura atômica. Para alcançar este objetivo foram realizados três estudos, complementares, envolvendo professores e estudantes de uma licenciatura em ensino de química, de quatro universidades moçambicanas.

O primeiro estudo recorreu a observação de aulas de dois professores de química geral de duas universidades (C e D), seguida de uma entrevista aos mesmos. Constatou-se que os professores usaram diferentes números de analogias nas suas aulas, algumas destas tinham problemas formais e científicos, usavam as analogias espontaneamente e afirmaram que não as planificavam, mas antes as inventavam quando sentiam que os alunos tinham dificuldade em compreender os conceitos.

No segundo estudo foram entrevistados 11 professores de didática de química de quatro universidades (A, B, C e D). Verificou-se que os professores não abordavam a temática das analogias nas suas aulas e apresentavam algumas dificuldades concetuais bem como algum desconhecimento da temática.

No terceiro estudo foram entrevistados 17 estudantes finalistas da licenciatura em causa, de duas universidades (C e D). Constatou-se que os estudantes não foram capazes de fazer uma análise crítica de duas analogias sobre o átomo, com problemas diversos, inseridas em manuais escolares de química.

Em conclusão, pode-se afirmar-se que: os professores de química não estavam preparados para ensinar sobre o átomo com base em analogias; os professores de didática de química não tinham formação nem programas para ensinar os seus estudantes a ensinar química nas escolas secundárias com base em analogias; os estudantes não estavam preparados para ensinar química com recurso a analogias. Parece, portanto, necessário facultar formação aos professores e alterar os programas de didática de química, a fim de que contemplem a temática das analogias e os futuros professores sejam bem formados neste assunto.

Palavras-chave: analogias; átomo, didática de química, formação inicial de professores, química.

INITIAL TEACHER EDUCATION AND ANALOGIES: A STUDY FOCUSED ON MOZAMBICAN UNIVERSITIES

ABSTRACT

Within the context of teaching and learning, an analogy can be conceptualized as a comparison between two knowledge domains, being one of them familiar to the learners and the other one unknown to them. Analogies facilitate the learners' task to grasp unfamiliar knowledge even though, from an educational point of view, they are a twofold sword. However, if they are appropriately used, they can play an important role in facilitating the learners' understanding of scientific concepts. This is especially true in chemistry as it deals with concepts which are associated with sub-microscopic entities that cannot be observed. The atom is an example of such concepts. In addition, it is a key chemistry concept which works as a prerequisite for the learning of other concepts. Even though analogies can facilitate learning about the atom, research on prospective chemistry teachers' education to teach it with analogies is not available, namely in Mozambique.

This research aims at evaluating prospective chemistry teacher education conveyed by Mozambican universities so that newly formed teachers can use analogies to teach about the atom and the atomic structure. Three complimentary research studies were carried out to attain this objective. They involved students attending an undergraduate chemical education programme in four Mozambican universities and some of their teachers. This programme aims at training secondary school chemistry teachers.

In study 1, the classes on the atom and atomic structures taught by two general chemistry teachers, belonging to two (C and D) universities, were observed. Afterwards, the teachers were interviewed. Teachers used different amounts of analogies, some of which were inaccurate from a formal or a scientific point of view. Besides, they used analogies spontaneously and stated that they were not used to plan for their presentation but rather were used to invent them when they feel that it is hard for students to understand the concepts.

To attain the objectives of the second study, 11 chemical education teachers belonging to four universities (A, B, C and D) were interviewed. Data indicate that teachers were not used to teach about analogies, and that they show some conceptual difficulties and seemed to be unfamiliar with the theme.

For the third study, 17 students, attending the final curriculum year of the undergraduate programme that is at stake at two universities (C and D), were interviewed. They were unable to critically analyse two inaccurate analogies about the atom that are included in school chemistry textbooks.

As a way of synthesis, it can be stated that: chemistry teachers were not prepared to teach about the atom based on analogies; chemical education teachers were not trained and had not a syllabus compelling them to teach their students how to teach school chemistry based on analogies; and students were not prepared to teach chemistry based on analogies. Hence, it seems that it is necessary to train university teachers and to change the chemical education syllabus so that they can included the analogies theme and prospective teachers become better prepared to teach according to this issue.

Keywords: analogies; atom, chemistry education, initial teacher education, chemistry.

ÍNDICE

	Pág.
Direitos de autor e condições de utilização do trabalho por terceiros	ii
Agradecimentos	iii
Declaração de integridade	iv
Resumo	v
Abstract	vi
Índice	vii
Lista de tabelas	xi
Lista de figuras	xiv
CAPÍTULO I – CONTEXTUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO	1
1.1. Introdução	1
1.2. Contextualização geral da investigação	1
1.2.1. Finalidades do ensino e da aprendizagem das ciências: o caso da química	1
1.2.2. Dificuldades e desafios de aprendizagem da química	6
1.2.3. As analogias e o seu papel no ensino e na aprendizagem da química	8
1.3. Objetivo da investigação	12
1.4. Importância da investigação	13
1.5. Limitações da investigação	14
1.6. Plano geral da Tese	16
CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1. Introdução	18
2.2. As analogias como recurso educativo	18
2.2.1. Vantagens e desvantagens do uso de analogias	18
2.2.2. Tipologias de analogias e sua relevância didática	22
2.3. Os manuais escolares de ciências e as analogias	25
2.3.1. Os manuais escolares de ciências como recurso didático	25
2.3.2. As analogias nos manuais escolares de ciências	29
2.4. Conceções e práticas referentes ao uso didático de analogias	35
2.4.1. Conceções sobre o conceito de analogia e o seu papel no ensino e aprendizagem das ciências	35
2.4.2. Práticas e representações de práticas de utilização de analogias no ensino e na aprendizagem das ciências	40
2.5. As analogias nos cursos de formação inicial de professores de ciências	45

CAPÍTULO III – METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO	49
3.1. Introdução	49
3.2. Síntese da investigação	49
3.3. Estudo 1: Utilização de analogias nas aulas de química geral	51
3.3.1. População e amostra	51
3.3.2. Técnicas e instrumentos de recolha de dados	53
3.3.3. Procedimentos de recolha de dados	56
3.3.4. Procedimentos de tratamento de dados	57
3.4. Estudo 2: Formação facultada a futuros professores para o uso didático de analogias	59
3.4.1. População e amostra	59
3.4.2. Técnica e instrumento de recolha de dados	60
3.4.3. Procedimentos de recolha de dados	62
3.4.4. Procedimentos de tratamento de dados	63
3.5. Estudo 3: Preparação de futuros professores para o uso didático de analogias	64
3.5.1. População e amostra	64
3.5.2. Técnica e instrumento de recolha de dados	65
3.5.3. Procedimentos de recolha de dados	67
3.5.4. Procedimentos de tratamento de dados	67
CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	68
4.1. Introdução	68
4.2. Resultados obtidos no estudo sobre utilização de analogias nas aulas de química geral	68
4.2.1. Concepções de professores de química geral sobre o conceito de analogia	68
4.2.2. Utilidade e potencialidades das analogias na investigação em química e no seu ensino	70
4.2.3. Perspetivas de professores de química geral sobre limitações e riscos das analogias em investigação em química e no seu ensino	72
4.2.4. Formação de professores de química geral para o uso de analogias	75
4.2.5. Representações das práticas e práticas de professores sobre a utilização de analogias no ensino de química geral	75
4.2.6. Materiais a que professores de química geral diziam recorrer para usarem analogias nas aulas	88
4.2.7. Seleção e avaliação de analogias que professores de química geral diziam usar nas aulas	91
4.2.8. Perspetivas de professores de química geral sobre o uso de analogias	92

4.3. Resultados obtidos no estudo sobre formação facultada a futuros professores para o uso didático de analogias	95
4.3.1. Conceções dos professores de didática de química sobre o conceito de analogia	95
4.3.2. Utilidade e potencialidades das analogias na investigação em química e no seu ensino	104
4.3.3. Perspetivas dos professores sobre as limitações e riscos das analogias em investigação em química e no seu ensino	109
4.3.4. Formação dos professores de didática para o uso de analogias	115
4.3.5. Representação das práticas dos professores sobre a utilização de analogias no ensino de didática da química	118
4.3.6. Materiais a que os professores de didática de química diziam recorrer para usarem analogias nas aulas	130
4.3.7. Seleção e avaliação de analogias que os professores de didática de química diziam usar nas aulas	137
4.3.8. Perspetivas que os professores de didática de química diziam ter sobre o uso que vão fazer de analogias e por parte dos estudantes que concluírem o curso	143
4.4. Resultados obtidos no estudo sobre preparação de futuros professores para o uso didático de analogias	149
4.4.1. Conceções dos estudantes sobre o conceito de analogia	149
4.4.2. Perceções dos estudantes sobre a abordagem das analogias nas aulas de didática de química	151
4.4.3. Perspetivas dos estudantes sobre as potencialidades das analogias no contexto de ensino de química	152
4.4.4. Perspetivas dos estudantes sobre limitações e riscos do uso de analogias para o ensino de química	154
4.4.5. Conhecimento que os estudantes apresentam das analogias sobre o átomo e/ou a estrutura atómica	156
4.4.6. Avaliação crítica, pelos estudantes, das analogias sobre o átomo e/ou estrutura atómica apresentadas pelos ME de química	159
4.4.7. Perspetivas que os estudantes dizem ter sobre o uso de analogias, no futuro	172
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES	179
5.1. Introdução	179
5.2. Conclusões	179
5.2.1. Conclusões do estudo sobre utilização de analogias nas aulas de química geral	179
5.2.2. Conclusões do estudo sobre formação facultada a futuros professores para o uso didático de analogias	181
5.2.3. Conclusões do estudo sobre preparação de futuros professores para o uso didático de analogias	183

5.2.4. Conclusão geral da investigação	184
5.3. Implicações educacionais da investigação	185
5.4. Sugestões para futuras investigações	187
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	190
ANEXOS	204
Anexo 1. Guião da entrevista realizada a professores de química geral	205
Anexo 2. Transcrição da entrevista realizada a um professor (PA) de química geral	208
Anexo 3. Guião da entrevista realizada a professores de didática de química	215
Anexo 4. Transcrição da entrevista realizada a um professor (P11) de didática de química	218
Anexo 5. Guião da entrevista realizada a estudantes finalistas do curso de licenciatura em ensino de química	229
Anexo 6. Transcrição da entrevista realizada a um estudante (E1) finalista	231

LISTA DE TABELAS

Tabela	Pág.
1 Estrutura geral da investigação	50
2 Características dos professores que participaram no estudo 1	52
3 Matriz da entrevista realizada a professores de química geral	55
4 Características dos professores que participaram no estudo 2	60
5 Matriz de entrevista realizada a professores de didática de química	62
6 Características dos estudantes que participaram no estudo 3	65
7 Matriz da entrevista realizada a estudantes finalistas da licenciatura em ensino de química	66
8 Síntese das analogias usadas pelo professor PA nas aulas observadas	77
9 Mapeamento estrutural da analogia usada por PA para lecionar o terceiro postulado de Bohr	78
10 Síntese das analogias usadas pelo professor PB nas aulas observadas	79
11 Mapeamento estrutural da analogia usada por PB para lecionar as consequências da absorção e da posterior libertação de energia por um eletrão	82
12 Conceções dos professores de didática sobre o conceito de analogia	95
13 Perceções dos professores de didática sobre as características de uma boa analogia para produção de conhecimento em química	97
14 Perceções dos professores de didática sobre as características de uma boa analogia em ensino de química	99
15 Perspetivas dos professores sobre a existência de relação entre analogias, metáforas e modelos	101
16 Perceções dos professores de didática que relacionam analogias e metáforas entre sobre as características da relação que pensam existir entre elas	101
17 Perceções dos professores de didática sobre as características da relação entre analogias e modelos na perspetiva dos professores que os relacionam entre si	102
18 Perspetivas dos professores sobre a utilidade relativa das analogias, metáforas e modelos em investigação em química	104
19 Perspetivas dos professores sobre as potencialidades das analogias no contexto da investigação em química	106
20 Perspetivas dos professores sobre as potencialidades das analogias no contexto de ensino de química	107
21 Perspetivas dos professores sobre as limitações das analogias na investigação em química	109
22 Perspetivas dos professores sobre as limitações das analogias no ensino de química	111
23 Perspetivas dos professores sobre os riscos das analogias em investigação em química	112
24 Perspetivas dos professores sobre os riscos das analogias no ensino de química	114
25 Caracterização da formação dos professores de didática para uso de analogias em investigação em química	116

26	Caracterização da formação dos professores de didática para uso de analogias em ensino de química	116
27	Perspetivas dos professores sobre as aprendizagens realizadas para uso de analogias em ensino de química	116
28	Utilização de analogias para ensinar conteúdos de didática de química	118
29	Explicitação da utilização de analogias pelos professores que afirmaram que as usavam, pelo menos algumas vezes, nas aulas de didática de química	120
30	Conteúdos em que os professores dizem usar analogias nas aulas de didática de química	121
31	Uso de analogias sobre átomo e a estrutura atômica, nas aulas de didática de química	122
32	Exemplos de analogias sobre átomo e a estrutura atômica recordados pelos professores que disseram que usavam analogias nas aulas de didática	123
33	Número médio de analogias que os professores que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, dizem utilizar nas aulas de didática	125
34	Uso de analogias pelos professores que afirmaram que usavam analogias, pelos menos algumas vezes, na lecionação dos diversos temas de didática de química	125
35	Dificuldades que os professores que afirmaram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, dizem enfrentar nas aulas de didática	126
36	Momento em que os professores que afirmaram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, dizem decidir usá-las nas aulas de didática	128
37	Fontes a que os professores de didática que afirmaram que usavam analogias, pelos menos algumas vezes, disseram recorrer para selecionar as analogias a usar nas aulas	130
38	Importância que os professores de didática de química dizem atribuir às analogias apresentadas nos livros de química e de didática de química	130
39	Uso das analogias apresentadas nos livros de química e de didática de química pelos professores que diziam atribuir importância às analogias neles apresentadas	131
40	Avaliação das analogias incluídas nos livros de didática de química pelos professores de didática de química que afirmaram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes	132
41	Avaliação das analogias incluídas nos ME de química do ESG pelos professores de didática de química	133
42	Importância e compreensão que os professores de didática pensavam que os alunos apresentavam das analogias inseridas nos livros de química	134
43	Importância e compreensão que os professores de didática de química pensavam que os alunos apresentavam das analogias inseridas nos livros de didática de química	135
44	Importância e compreensão que professores de didática pensavam que os alunos apresentavam das analogias inseridas nos ME de química	136
45	Crítérios que os professores de didática, que afirmaram que usavam analogias, disseram que adotavam para selecionarem as analogias a usar nas suas aulas	137

46	Realização de avaliação do efeito das analogias na aprendizagem, por parte dos professores que afirmaram que usavam analogias nas aulas	140
47	Solicitação de utilização de analogias nas aulas de didática de química, pelos professores que afirmaram que usariam analogias	141
48	Percepções dos professores de didática de química sobre as dificuldades dos alunos quando solicitados a produzir analogias	142
49	Perspetivas que os professores de didática de química dizem ter face ao uso de analogias pelos seus futuros estudantes	143
50	Perspetivas dos professores de didática de química face à possível influência da abordagem, nas suas aulas, do tema referente às analogias, pelos alunos	145
51	Concepções dos estudantes sobre o conceito de analogia	149
52	Percepções dos estudantes sobre a abordagem das analogias nas aulas de didática de química	151
53	Perspetivas dos estudantes sobre as potencialidades das analogias no contexto do ensino da química	153
54	Perspetivas dos estudantes sobre as limitações das analogias para o ensino de química	154
55	Razões que levaram os estudantes a afirmar que o uso de analogias no ensino de química apresentava limitações	154
56	Perspetivas dos estudantes sobre os riscos do uso de analogias no contexto de ensino de química	155
57	Conhecimento que os estudantes apresentavam de analogias sobre o átomo e a estrutura atômica	156
58	Analogias sobre o átomo e a estrutura atômica apresentadas pelos estudantes	157
59	Analogias que os estudantes dizem que seus professores usaram para abordar o átomo e/ou a estrutura atômica	158
60	Mapeamento estrutural da analogia 1	160
61	Opiniões dos estudantes sobre a validade da analogia 1	161
62	Perspetivas dos estudantes sobre os riscos da analogia 1	164
63	Perspetivas dos estudantes sobre a possibilidade de melhorar a analogia 1	166
64	Mapeamento estrutural da analogia 2	167
65	Opiniões dos estudantes sobre a validade da analogia 2	167
66	Opiniões dos estudantes sobre a utilidade da analogia 2	168
67	Perspetivas dos estudantes sobre os riscos da analogia 2	170
68	Perspetivas dos estudantes sobre a possibilidade de melhorar a analogia 2	171
69	Perspetivas que os estudantes dizem ter sobre a utilização de outras analogias para além das apresentadas pelos ME	172
70	Perspetivas dos estudantes sobre analogia(s) que pretendiam usar	174

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Analogia em que se centra a questão 13 da entrevista	159
2	Analogia em que se centra a questão 15 da entrevista	166

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

1.1. Introdução

Este primeiro capítulo tem como finalidade contextualizar a investigação e apresentar os objetivos a alcançar com a sua realização. O capítulo inicia-se com uma contextualização da investigação (1.2), considerando o estado da arte no que concerne ao conhecimento em educação em ciências e à realidade moçambicana, país em que se centra a investigação. De seguida, são apresentados os objetivos da investigação (1.3) e é discutida a sua importância (1.4). Finalmente, são apresentadas as principais limitações da investigação (1.5) e o plano geral da tese (1.6).

1.2. Contextualização geral da investigação

1.2.1. Finalidades do ensino e da aprendizagem das ciências: o caso da química

Desde o século XIX, têm proliferado apelos, de proveniências distintas (políticos, empregadores, cientistas, educadores e meios de comunicação social), no sentido da concretização de uma educação em ciências alargada a toda a população. A razão subjacente a tais apelos é a necessidade de preparação para a participação em tomadas de decisão sobre aspetos do quotidiano de todos os membros das atuais sociedades democráticas (Jenkins, 1990; Severo, 2011), ainda que estas possam ter diferentes níveis de desenvolvimento científico e tecnológico. Essa preparação só será possível se se adotar um ensino que privilegie recursos e estratégias que requeiram uma participação ativa do aluno na construção do seu conhecimento, reconhecendo-o como um dos principais responsáveis pela sua própria formação, enquanto cidadão.

Assim, vale a pena realçar que, por um lado, um ensino das ciências que procure apenas transmitir aos alunos os conhecimentos disponíveis numa determinada área tem pouca probabilidade de conduzir à compreensão dos conceitos e dos processos científicos, bem como de desenvolver a capacidade de raciocínio e pensamento crítico (Hamrich, 1998; Kyle, 1995; Norris & Phillips, 2003; Tiruneh, Elen & Verburgh, 2014; Muhlisin et al, 2016; Stephenson & Sadler-McKnight, 2016). Por essa razão, há cerca de 30 anos, Gago (1990) defendia já que os professores de ciências deviam ajudar os alunos a adquirir, tanto o conhecimento científico sobre o mundo, como os hábitos mentais que a ele conduziram, a fim de os tornarem cidadãos que Chassot (2003) consideraria cidadãos cientificamente cultos.

O sentido que aqui se dá à expressão ‘cidadão cientificamente culto’ é concordante com o expresso por Hodson (2010) quando considera que, para formar cidadãos cientificamente cultos, a educação em ciências deve incluir três dimensões: i) aprender ciências, o que implica preparar os alunos para que sejam capazes de testar e, eventualmente, reformular as ideias prévias, aprender “novas” ideias e usar ideias cientificamente aceitas; ii) aprender a fazer ciências, o que envolve levar os alunos a aprender os métodos e processos das ciências e, por isso, requer que os alunos aprendam, entre outros, a resolver problemas e a construir e a avaliar argumentos empiricamente fundamentados; iii) aprender acerca das ciências, o que exige levar os alunos a compreender, não só o papel e a natureza dos modelos e das teorias científicas na evolução do conhecimento científico, mas também a relação dos dados com as evidências e as conclusões e, ainda, a interdependência entre as ciências, a tecnologia, a sociedade e o ambiente.

Neste contexto, especialmente ao nível da escolaridade obrigatória, têm sido defendidas práticas educativas que, valorizando os contextos e os problemas reais, favoreçam a inclusão social de todos os cidadãos, preparando-os para desempenharem os papéis que lhes cabem enquanto indivíduos e enquanto membros de sociedades democráticas (Aikenhead, 2003). Além disso, e como afirmou Matthews (1992), o trabalho dos homens e das mulheres em ciências, como em qualquer outra atividade humana, não acontece à margem da sociedade em que vivem; pelo contrário, é influenciado, logicamente, pelos problemas e circunstâncias do momento histórico, da mesma forma que a sua ação tem uma clara influência sobre o meio físico e social em que se inserem.

Como foi referido acima, diversos autores têm argumentado que o ensino de ciências deve contribuir para a formação de cidadãos capazes de tomar decisões fundamentadas relativamente a temas de cariz sócio científico, contribuindo, assim, para uma desejável educação em ciências para a cidadania. Millar (2003) refere diversos argumentos que justificam uma educação em ciências alargada a todos os alunos. Esses argumentos são de natureza económica, utilitária, cultural, democrática e moral.

De acordo com o argumento económico, a educação em ciências deve assegurar um fluxo constante de engenheiros e cientistas, capazes de garantirem o desenvolvimento científico e tecnológico e, conseqüentemente, a prosperidade económica e a competitividade internacional do país. Segundo esta perspetiva, o ensino das ciências deverá proporcionar uma preparação científica especializada que permita seleccionar os alunos mais aptos para uma carreira científica. Contudo, se este objetivo fosse considerado isoladamente, poderia levar a uma educação em ciências de cariz muito académico e não explicitamente relacionada com o ambiente do aluno.

O argumento utilitário defende que a educação científica deve proporcionar conhecimentos e

desenvolver capacidades e atitudes indispensáveis à vida diária dos cidadãos. De acordo com este argumento, qualquer cidadão necessita de:

- a) conhecimentos científicos sobre diversos assuntos (ex.: eletricidade, anatomia e fisiologia humanas, microbiologia, fotossíntese, radiação e poluição) que lhe permitam um relacionamento informado com o mundo natural, bem como a utilização de equipamentos e processos tecnológicos com que os cidadãos se deparam no dia-a-dia;
- b) capacidades intelectuais que lhe permitam a resolução de problemas do seu quotidiano;
- c) atitudes e valores que, na sua vida diária e no trabalho, lhe permitam relacionar-se adequadamente com os outros e com o ambiente.

Segundo o argumento cultural, as ciências constituem um aspeto marcante da nossa cultura, pelo que todos os cidadãos devem ter oportunidades *de* e possuir capacidades *para* as apreciar e, como tal, as ciências terem um espaço no currículo. De acordo com este argumento, numa sociedade em que os temas de ciências ocupam um tempo crescente nos meios de comunicação social, para que as pessoas acompanhem criticamente o que aparece nesses meios e possam emitir opiniões fundamentadas, sobre o que leem, ouvem e/ou veem, a educação em ciências deve promover a divulgação e a compreensão das ciências, o que implicará:

- a) proporcionar aos alunos alguns conhecimentos sobre a relação entre as teorias e as evidências científicas, bem como sobre a história das ciências, a ética em ciências, a argumentação em ciências e as controvérsias científicas;
- b) colocar uma ênfase maior do que a habitual na dimensão humana das ciências e uma ênfase menor nas ciências enquanto corpo de conhecimentos.

O argumento democrático propõe uma educação científica para todos, como forma de assegurar a construção de uma sociedade mais democrática, onde todos os cidadãos se sintam capacitados para participar, de forma crítica e reflexiva, em discussões, debates e processos decisórios sobre assuntos de natureza sócio científica. Na verdade, numa sociedade, marcada por diversos dilemas morais e políticos, suscitados pelo crescimento científico e tecnológico, só será verdadeiramente democrática quando as decisões sobre as opções científicas e tecnológicas deixarem de ser entendidas como responsabilidade exclusiva de especialistas, de governos nacionais ou instâncias internacionais e passarem a ser encaradas como direito e um dever de todos os cidadãos. A este propósito, a Declaração de Budapeste (UNESCO, 2003) afirmava que:

“Para que um país tenha a capacidade de atender às necessidades básicas da sua população, a educação em ciências e tecnologia é um imperativo estratégico. Como parte dessa educação, os estudantes devem aprender a solucionar problemas específicos e a tratar das necessidades da sociedade através do uso de conhecimentos e

técnicas científicas e tecnológicas.” (p.50).

Finalmente, de acordo com o argumento moral, a educação científica justifica-se por permitir aos alunos o contacto com a prática científica e com todo um conjunto de normas, de obrigações morais e de princípios éticos a ela inerentes que são considerados úteis para a vida em sociedade.

Uma educação em ciências que responda a todos estes argumentos é uma educação em ciências promotora da literacia científica (Kolstø, 2000; Sengul, 2019). No entanto, e dado que o significado de literacia científica não é consensual (Jenkins, 1990; Hodson, 1998; DeBoer, 2000), convém esclarecer o entendimento que lhe é atribuído no contexto desta tese.

De facto, esta última expressão (*scientific literacy*), comumente utilizada nos Estados Unidos da América, tem um significado semelhante ao da expressão ‘compreensão pública das ciências’ (*public understanding of science*), usada na Grã-Bretanha, e ao da expressão ‘cultura científica’ (*la culture scientifique*), usada em França (Durant, 1993), sendo que todas elas partilham entre si a ideia de capacidade de ler e escrever. Recorrendo à raiz latina dos termos ‘literacia’ e ‘científica’, alguns autores (Durant, Evans & Thomas, 1992; DeBoer, 2000) definiram o conceito de literacia científica ou literacia em ciências como tendo a ver com a capacidade de ler, escrever e compreender o conhecimento humano sistematizado nas ciências. Assim, possuir literacia científica significa possuir conhecimentos científicos, conhecimentos procedimentais, conhecimentos epistemológicos e conhecimentos atitudinais, bem como a capacidade de os aplicar (Carter, 2005), designadamente, na resolução de problemas do quotidiano. O programa PISA 2015, que avalia, entre outros, a literacia científica de jovens de 15 anos de países da OCDE, adota uma definição da literacia científica como a “capacidade de um indivíduo para se envolver em questões sobre ciência e compreender ideias científicas, como um cidadão reflexivo, sendo capaz de participar num discurso racional sobre ciências e tecnologia.” (Marôco et al, 2015, p.3).

Em Moçambique, a Lei 6/92, Lei do Sistema Nacional de Educação parece consistente com as perspetivas de educação em ciências para a literacia científica, uma vez que os números 2 e 3 do artigo 10.º apontam como finalidades do Ensino Geral (da 1.ª à 12.ª classe):

“dar uma formação integral aos cidadãos para que adquiram e desenvolvam conhecimentos e capacidades intelectuais e físicas, bem como uma educação politécnica, ética e estética que responda às necessidades materiais e culturais do desenvolvimento económico e social de Moçambique:

- a) conferindo ao cidadão conhecimentos e desenvolvendo nele capacidades, hábitos e atitudes necessárias à compreensão e à transformação da sociedade;
- b) preparando o cidadão para o estudo e o trabalho independentes, desenvolvendo as suas capacidades de inovar e pensar com lógica e rigor científico;
- c) desenvolvendo uma orientação vocacional que permita a harmonização entre as necessidades do país e as aptidões de cada um.”.

Nesta linha, a Agenda 2025 (República de Moçambique, 2003), que explicita metas a alcançar

até 2025, apresenta argumentos económicos, utilitários, culturais, democráticos e morais semelhantes aos anteriormente mencionados, para justificar a necessidade de educação (incluindo de educação em ciências) para todos. Por seu lado, o Programa Quinquenal do Governo 2015-2019 (Governo de Moçambique, 2015) defende a promoção de um ambiente macroeconómico equilibrado e sustentável, o que requer que seja considerado, não só o desenvolvimento económico, mas também as consequências ambientais (ex.: exploração desenfreada da madeira e/ou de recursos minerais) que dele advêm, o que, em nossa opinião, requer educação em ciências.

De acordo com o Plano Estratégico da Educação (MINED, 2012), para o sector da educação, o governo moçambicano reconhece o valor da educação para a vida, ao afirmar que:

“a educação e a formação devem dar valor preponderante à capacitação do cidadão moçambicano, fornecendo, especialmente aos adolescentes e jovens, os instrumentos práticos e teóricos de que necessitam para serem bem-sucedidos na vida para continuarem a construção da sociedade moçambicana e o combate à pobreza no país” (p.17).

Assim, a educação em ciências não poderá ser uma educação académica, centrada em conteúdos e técnicas desligadas da realidade dos alunos; deverá, antes, atender à realidade dos alunos de modo a ser percebida como útil nessa mesma realidade.

Nesse contexto, seria de esperar que os programas de química reconhecessem a importância de ensinar conhecimentos químicos socialmente relevantes para todos cidadãos, na linha do defendido pela Associação Europeia para as Ciências Químicas e Moleculares (EuCheMS), na Declaração Internacional de Química de Sevilha, emitida em 2016.

Em Moçambique, o ensino da química é feito no 1.º (8.ª a 10.ª classes) e no 2.º (11.ª e 12.ª classes) ciclos do Ensino Secundário Geral (ESG). Em qualquer um destes ciclos, visa, essencialmente, a formação de cidadãos capazes de atuar, de forma competente, a partir da prática, à medida que investigam e aprendem sobre factos reais do seu quotidiano social e cultural (MINED, 2010). Assim, segundo os programas em vigor (MINED, 2010), pretende-se:

“desenvolver, nos alunos a capacidade de interpretar cientificamente o mundo, explicando, do ponto de vista químico, o movimento da matéria; proporcionar aos alunos conhecimentos sólidos e de máximo rigor científico sobre teorias e leis fundamentais, da classificação de fenómenos e substâncias, mostrando a sua diversidade; capacitar os alunos para a correta utilização das teorias e leis na resolução de problemas práticos e na explicação dos fenómenos que ocorrem na natureza [...] valorizar o uso sustentável de recursos disponíveis e sua proteção.” (p.10).

Os programas defendem, portanto, que os conhecimentos da química sejam estudados pelos alunos em articulação com o seu quotidiano social e cultural, o que inclui os conhecimentos e as linguagens do dia-a-dia. Contudo, há diferenças importantes entre os conhecimentos do dia-a-dia, centrados em aspetos macroscópicos, e os conhecimentos do âmbito da química, que têm como objeto

o mundo sub-microscópico. Esta diferença coloca muitas dificuldades e desafios aos alunos, não só porque têm que estudar o domínio do não diretamente observável, mas também porque, por vezes, este parece contraditório com o observável.

1.2.2. Dificuldades e desafios de aprendizagem da química

Nas últimas décadas a escola passou a ser apenas um dos muitos lugares onde os jovens podem aprender. Esses outros lugares (ex.: internet, museus de ciências, centros de ciências, televisão, rádio, revistas, filmes, de ficção ou de outra natureza, e livros não escolares) rivalizam com as escolas no que diz respeito a conteúdos abordados, meios técnicos utilizados e metodologias usadas para fazer com que os alunos aprendam (Cardellini, 2012; Hui, Salleh & Bte. 2015; Adesoji, 2017; Ayotte-Beaudet, Potvin & Riopel, 2019). Na prática, esses conteúdos, bem como os meios e as metodologias são muito motivadores para os alunos, entrando em contraste com o que eles encontram nas salas de aula.

Na verdade, frequentemente, os programas escolares não têm em conta os interesses reais dos alunos (Banda, Mumba & Chabalengula, 2014; Cheung, 2017) continuando, por exemplo, a incluir exclusivamente assuntos de física clássica e química clássica, enquanto que os meios de comunicação social abordam questões da atualidade, como desastres nucleares, questões relativas a organismos geneticamente modificados, genoma humana, nano-partículas, etc. Por sua vez, esses outros lugares não só recorrem a linguagens e representações múltiplas, que captam a atenção dos alunos e facilitam a sua tarefa de aprendizagem, como lhes permitem escolher se querem, ou não, aprender.

Por outro lado, sabe-se que as expectativas e os conhecimentos prévios dos alunos influenciam a aprendizagem (Aubusson, Treagust & Harrison, 2009; Hasni & Potvin, 2015; Rochera et al, 2019). Por isso, a escola precisa de ser capaz de envolver os alunos, motivando-os para aprender (Hui, Salleh & Bte, 2015), e os professores precisam de se informar sobre os conhecimentos que os alunos levam para a escola (Johnstone, 1997; Sirhan, 2000). Estes últimos, ao serem desenvolvidos com base em experiências sensoriais, realizadas em contextos culturais específicos, ou induzidos por meios de comunicação social, podem não ser consistentes, ou ser mesmo incompatíveis, com os conhecimentos cientificamente aceites (Chandrasegaran, Treagust & Mocerino, 2008) e, por conseguinte, impedir a aprendizagem destes.

Acresce que há uma ideia generalizada de que as ciências são só para sobredotados (Johnstone, 2000; Lyons & Quinn, 2010; Bøe et al, 2011; Hui, Salleh & Bte, 2015; Bianchini, 2017;) ou, pelo menos, são difíceis de aprender (Fincham, 1988; Zoller, 1990; Taber, 2002; Taber, 2017; Schubatzky, Rosenberger & Haagen-Schützenhöfer, 2019), entre outras razões, por terem a ver com matemática.

Aquela ideia é reforçada por alguns tipos de práticas pedagógicas que, por vezes, sugerem que as ciências, ou algumas delas, se destinam, por exemplo, mais a homens do que mulheres (Miller, Blessing & Schwartz, 2006; Brotman & Moore, 2008; Bianchini, 2017).

Além disso, as ciências adotam ideias que ; parecem contraintuitivas, uma vez que há casos em que o que se passa não é o que se vê (como por exemplo, acontece no casos de reações químicas), recorrem a modelos (Taber, 2017; Yavuz & Savaşçı-Açıklı, 2018) e a evidências indiretas (Taber, 2017) que são difíceis de relacionar com a realidade, e incluem conhecimentos científicos que podem ser usados com fins (ex.: produção de armas químicas) ou de modo prejudicial (ex.: uso inadequado de adubos; lançamento para a atmosfera de gases destruidores da camada de ozono) para as pessoas e para o ambiente. Problemas deste tipo, se não forem adequadamente tratados, obscurecem a relevância social das ciências, em geral, e da química, em particular, a qual, como convém lembrar, contribui, por exemplo, para a produção de medicamentos.

Por esta razão, alguns autores (Hui, Salleh, & Bte, 2015) defendem que o ensino de ciências precisa de deslocar o seu foco da aprendizagem de conceitos científicos para a aprendizagem do uso de conceitos científicos, de modo a que os alunos não se limitem, apenas, a ter conhecimentos científicos, mas antes saibam usá-los em contextos, não só acadêmicos, mas também, e acima de tudo, quotidianos.

A química apresenta dificuldades e desafios comuns às diversas ciências (ex.: uso de conceitos abstratos, ou seja, sem exemplares observáveis) mas apresenta dificuldades específicas que decorrem da natureza do seu objeto de estudo. De facto, a química centra-se no domínio sub-microscópico, lida com o não observável diretamente, recorrendo, por isso, a evidências indiretas, e trabalha com vários tipos de representação (Liu & Taber, 2016; Taber, 2017), desde o nível macroscópico ao sub-microscópico e ao simbólico (Johnstone, 1982; Talanquer, 2011; Treagust, 2018).

O nível macroscópico tem a ver com as substâncias que podem ser vistas, manuseadas e manipuladas no quotidiano do aluno e também no laboratório. Contudo, quando se pretende entender como ocorrem as transformações de substâncias, é preciso entrar no nível do invisível, do não observável, e recorrer a modelos baseados em entidades sub-microscópicas (ex.: átomos, moléculas, iões, eletrões, etc.). Além disso, a química usa uma linguagem simbólica (Gilbert & Treagust, 2009; Bradley, 2016; Allred & Bretz, 2019), constituída por símbolos e fórmulas químicas, que a tornam uma ciência sem fronteiras, mas que tem que ser aprendida antes de poder ser usada como linguagem de comunicação científica.

Os alunos precisam, não só de conhecer os três níveis de representação, mas também a relação entre eles (Johnstone, 1991; Gabel, 1992; Harrison & Treagust, 2000; Ebenezer, 2001; Ravialo, 2001;

Treagust et al, 2003; Bradley, 2016), pois a existência de dificuldades com um dos níveis pode influenciar o conhecimento do conteúdo do outro nível (Treagust, 2018).

Apesar de a química estar em todo lado (Taber, 2009; Taber, 2017) e ter muita importância para as pessoas, a sociedade e o ambiente, o que é certo é que os alunos não conseguem, muitas vezes, aperceber-se da importância da química no seu quotidiano. Isso é fruto, por um lado, de uma prática de ensino mecanicista, em que os alunos são obrigados a decorar fórmulas químicas, conceitos e modelos, para serem avaliados através de testes que se centram na capacidade de memorização dos alunos, em vez de se centrarem na avaliação da competência de utilização contextualizada do conhecimento, de forma crítica e reflexiva.

Infelizmente, o ensino de tipo memorístico é ainda prevalecente em diversos países, incluindo em Moçambique. Na verdade, analisando os programas de química do ensino secundário (MINED, 2010) constata-se que é dada mais importância ao conhecimento concetual do que ao conhecimento procedimental, embora, como refere Taber (2017), este seja fundamental para ajudar os alunos a relacionar as evidências macroscópicas da ocorrência de um fenómeno com as entidades sub-microscópicas envolvidas nesse fenómeno, os modelos adotados para o explicar e a linguagem usada para o representar.

As propostas mais recentes para o ensino da química defendem que os alunos devem ser ativamente envolvidos na aprendizagem (Taber, 2017), significando isso que o professor precisa de criar oportunidades para que eles transitem entre níveis de representação (Ch et al, 2018), descrevam e expliquem o que veem, re(construam) as suas conceções sobre conceitos a estudar, sintam à vontade para exprimirem as suas dificuldades, etc. Neste processo, assume especial importância a linguagem, pois é ela que dá acesso ao pensamento do aluno (Dias, 2002; Bradley, 2016) e é com ela que o professor pode ajudar ao aluno a (re)construir as suas conceções (Bradley, 2016). Devido aos diversos níveis de representação que a química usa (Taber, 2017, Treagust, 2018), a linguagem analógica pode fomentar o envolvimento dos alunos na aprendizagem dos diversos conteúdos de química por poder facilitar, quer a explicação de conceções, quer o relacionamento de diferentes níveis de representação.

Na secção que se segue, será abordado o contributo que o uso de analogias pode dar para a aprendizagem da química.

1.2.3. As analogias e o seu papel no ensino e na aprendizagem da química

Uma analogia é uma comparação entre dois domínios do conhecimento (Duit, 1991), um que é familiar ao sujeito e outro que é desconhecido ou não familiar (Dagher, 1995; Gentner & Holyoak, 1997)

e que o sujeito pretende ou deveria compreender. Em termos gerais, numa analogia existe uma relação entre um elemento pertencente ao domínio familiar, também chamado domínio de base, e um elemento correspondente ao domínio não familiar, também designado por domínio desconhecido ou de destino (Gentner, 1983; Curtis & Reigeluth, 1984; Duit, 1991; Glynn, 1991; Gentner et al, 1997; Nagem, Carvalhães & Dias, 2001). O elemento do domínio familiar é normalmente designado por veículo, fonte ou análogo e o elemento do domínio não familiar é normalmente designado por alvo (Duit, 1991; Gentner et al, 1997).

Numa analogia, o análogo partilha certos aspetos com o alvo, ou seja, existem similaridades entre análogo e alvo que podem ter a ver tanto com aspetos superficiais, como com aspetos mais profundos, nomeadamente estruturais, funcionais ou outros. As representações mentais que o indivíduo possui sobre o análogo são os pontos de partida para qualquer processo de raciocínio analógico (Gentner, 1983; Holyoak, 1985). Se o análogo não for familiar ao sujeito, a analogia não será compreendida e não funcionará enquanto facilitadora da compreensão do alvo e, conseqüentemente, da aprendizagem.

Em muitas publicações de educação em ciências, o termo analogia é usado como se fosse sinónimo de metáfora (Glynn, 2007). Na verdade, e como afirmam Gentner et al (2001), as metáforas e as analogias são ambas baseadas em comparações entre domínios diferentes. No entanto, elas distinguem-se em dois aspetos (Aubusson, Harrison & Ritchie, 2006): por um lado, uma metáfora afirma que A é B (ex.: o átomo é o sistema solar) e uma analogia afirma que A é como B (ex.: um átomo é como o sistema solar); por outro lado, numa metáfora, as comparações são implícitas, enquanto que, numa analogia, as comparações são explícitas.

Além disso, o significado de uma metáfora vai para além do sentido literal da frase que a apresenta. Como referem alguns autores (Gentner et al, 2001; Haglund, 2013), se um subordinado afirma 'o meu chefe é um porco', o subordinado não tem a intenção de afirmar que seu superior imediato é um mamífero suíno, como a interpretação literal da frase sugeriria; ele pretenderia, muito provavelmente, referir-se ao comportamento e/ou ao caráter moral questionável ou, possivelmente, à higiene pessoal, do chefe. A utilização da palavra porco, em sentido figurado, é o que faz com que a afirmação em causa seja uma metáfora.

Embora tanto as analogias como as metáforas impliquem uma comparação entre elementos de dois domínios diferentes, a metáfora impõe-se mais pelo que sugere do que pelo que expressa (Aubusson, Harrison & Ritchie, 2006), ou seja é mais sintética, enquanto que a analogia é mais sistemática, pois evidencia de maneira explícita, as relações entre os dois domínios.

Segundo Ogborn e Martins (1996), uma metáfora envolve um certo tipo de comparação, como

acontece em 'a ignorância é uma doença'. No entanto, estes autores alertam para o facto de o alvo e o análogo não poderem ser demasiado diferentes, sob pena de não ser possível estabelecer qualquer relação entre eles, como aconteceria, por exemplo, na frase 'uma fotografia é uma doença'.

Há 30 anos, Cachapuz (1989) argumentava que, na educação em ciências, as analogias são, geralmente, mais exploradas do que as metáforas, talvez pelo seu carácter mais estruturante: nas analogias, a transferência de significados de um domínio para outro diz respeito, sobretudo, a relações; nas metáforas essa transferência incide sobre atributos. Além disso, segundo Aubusson, Harrison e Ritchie (2006), as metáforas são frequentemente associadas a perspetivas sobre o ensino (ex.: o professor é o capitão do navio) enquanto que as analogias são frequentemente associadas à explicação dos conteúdos científicos (ex.: o corpo humano é como uma máquina). Acresce que as metáforas e as analogias são permeáveis à cultura, o que significa que as metáforas e as analogias usadas e compreendidas numa dada cultura podem não o ser em outra cultura diferente (Cachapuz, 1989). Essa dificuldade de compreensão é mais provável no caso das metáforas do que no das analogias, devido ao facto de, nas primeiras, a comparação ser implícita.

As analogias aparecem também associadas a modelos. Um modelo é uma representação material (ou física) ou mental de uma ideia, um objeto ou um processo (Gilbert, Boulter & Elmer, 2000). Tal como os cientistas (Coll et al, 2005), os professores usam modelos para explicarem, aos estudantes, conteúdos não observáveis e/ou abstratos (Duit, 1991; Chassot, 2003). Os modelos, por um lado, simplificam uma realidade a complexa, e, por outro lado, representam (com um maior ou menor grau de aproximação) a realidade quando pouco se conhece sobre ela (Chassot, 2003). Com base em modelos os cientistas fazem previsões, elaboram e testam hipóteses, descrevem, interpretam, explicam fenómenos e formulam questões a respeito do mundo (Gilbert, Boulter & Elmer, 2000; Gilbert & Treagust 2009). A maior parte dos modelos requer o estabelecimento de uma comparação entre o modelo e a realidade que ele representa, pelo que, um modelo nessas condições pode ser considerado um modelo analógico (Harrison & Jong, 2005).

Neste trabalho consideram-se apenas as analogias e os modelos analógicos, que envolvem analogias e que são usados no processo de ensino e aprendizagem das ciências, em geral, e da química, em particular, para uma variedade de propósitos e numa vasta gama de níveis educacionais. Por todos eles envolverem comparações de aspetos semelhantes entre uma base e um alvo serão todos abrangidos pela designação de analogias.

As analogias são recursos didáticos que podem contribuir para que os estudantes compreendam o conhecimento científico, relacionando-o com conhecimentos de domínios que lhes são familiares

(Ferraz & Terrazzan, 2003; Körhasan & Hıdır, 2019), sendo, por isso, fundamentais para o tratamento de temas complexos, não familiares (Bozelli & Nardi, 2006). Temas como estrutura atômica e ligação química são exemplos de temas complexos em cujo desenvolvimento os cientistas fizeram uso de analogias (Coll, 2006; Sendur, Toprak & Pekmezb, 2011), pelo que o seu ensino através de analogias significaria seguir passos algo semelhantes aos os cientistas. Na verdade, o desenvolvimento do modelo da estrutura atômica ilustra muito bem como as analogias estiveram sempre presentes na evolução do conhecimento científico. Além disso, a análise dessas analogias pode ajudar os alunos a descobrir como os cientistas desenvolveram os sucessivos modelos da estrutura atômica (ex.: Dalton, átomo como esfera maciça; Thompson, átomo como pudim de ameixas ou de passas).

No entanto, alguns autores (Duit, 1991; Akaygun et al, 2018) alertam para o facto de o uso de analogias poder ser problemático por poder conduzir a resultados não desejados e /ou não antecipados. Um dos problemas que se coloca com o uso de analogias e modelos analógicos tem a ver com o facto de os alunos identificarem o alvo com o análogo e confundirem o modelo com a realidade (Grosslight et al, 1991). Assim, há algumas condições a que as analogias devem obedecer para que a aprendizagem com analogias resulte, designadamente:

- a) o análogo deve ser mais familiar que o alvo, pelo que na seleção do domínio base deve dar-se preferência a situações do quotidiano (Duit, 1991);
- b) os elementos da analogia devem ser representados através de imagens (Dupin & Joshua, 1989; Duit, 1991);
- c) o análogo e o alvo não devem apresentar grandes diferenças, apesar de não serem iguais (Stavy & Tirosh, 1992);
- d) os alunos devem aceitar as semelhanças entre os dois domínios ou seus elementos (Sousa, Justi & Ferreira, 2006).

O uso de analogias no ensino de ciências pode apresentar alguns riscos associados: à própria analogia, por esta poder não representar fielmente o objeto ou a realidade a comparar; ao professor, pela forma como este a apresenta aos alunos; aos manuais escolares (ME), pela forma como eles apresentam e/ou representam; ao estudante, pela forma como a interpreta (Duit, 1991; Sendur, Toprak & Pekmezb, 2011).

Quando se usa analogias, é importante não esquecer que, numa analogia, o domínio base (e os seus elementos) e o domínio de destino (e seus elementos) apresentam semelhanças, mas não são iguais. Assim, o importante é que os intervenientes (designadamente, professores e alunos) conheçam e/ou descubram as limitações da analogia (Kim, Kim & Noh, 2019), para evitarem (ou, pelo menos

minimizarem) os potenciais riscos decorrentes das diferenças entre os dois domínios. Contudo, apesar dos riscos associados ao uso de analogias, elas podem desempenhar um papel fundamental no ensino da química, desde que se reconheça as limitações que estas podem apresentar e se atue em conformidade.

As analogias são reconhecidas como recurso didático pelos currículos ou programas de diversos países (Duit, 1991; Aubusson, Harrison & Ritchie, 2006; Akaygun et al, 2018). Na mesma linha, os ME (Curtis & Reigeluth, 1984; Glynn, 1989; Duit, 1991; Thiele & Treagust, 1995), incluindo os moçambicanos (Arão, 2010), recorrem a analogias, embora nem sempre o façam da melhor forma. Por outro lado, as analogias são usadas em muitas salas de aula, por iniciativa de professores (Duit 1991; Leite, 2006) e de alunos (Duit, 1991; Leite, 2006), embora, por vezes, sejam inadequadamente formuladas ou exploradas, como será discutido no capítulo II.

Assim, as analogias podem ser úteis no ensino e na aprendizagem, mas podem também conduzir a aprendizagens não desejadas, pelo que são uma faca de dois gumes (Glynn, 1989; Aubusson, Harrison & Ritchie, 2006). Por isso, é preciso saber usá-las e ter muita consciência das suas potencialidades, mas também das suas limitações e dos riscos associados ao respetivo uso. Esses riscos podem ter a ver com a forma como o professor usa as analogias, a forma como os alunos as entendem e a forma como professor e aluno interpretam as analogias existentes nos ME. Por isso, atendendo às potencialidades, mas também à complexidade que o uso didático de analogias comporta, é preciso que a problemática do uso didático de analogias faça parte dos currículos de formação inicial de professores.

1.3. Objetivos da investigação

No contexto anteriormente referido, e atendendo às potencialidades, às limitações e aos riscos da utilização das analogias, bem como às exigências e desafios que o seu uso coloca aos professores, o objetivo geral desta investigação é: avaliar a formação de futuros professores de química, de universidades moçambicanas, para o uso didático de analogias sobre o átomo e a estrutura atómica. Este objetivo geral concretiza-se através dos seguintes objetivos específicos:

- Averiguar as analogias sobre o átomo e a estrutura atómica que professores de química geral utilizavam nas suas aulas;
- Caracterizar as analogias, em geral, e sobre o átomo e a estrutura atómica, em particular, que os mesmos professores diziam utilizar nas aulas da disciplina de química geral, da licenciatura em ensino de química;

- Compreender o modo como os professores em causa usavam as analogias;
- Averiguar o modo como os professores de didática da química diziam lidar com a temática de analogias nas suas aulas;
- Averiguar em que medida os estudantes finalistas da (LEQ) eram capazes de avaliar as potencialidades e as limitações de analogias, em geral, e das analogias sobre o átomo incluídas em manuais escolares de química do ESG, em particular.

1.4. Importância de investigação

O recurso ao uso de analogias no ensino das ciências e de química em particular é mencionado em muitos estudos que datam de há algumas décadas. No entanto, não se conhecem estudos sobre a realidade de Moçambique, que se centrem na utilização de analogias no ensino das ciências, em geral, nem no ensino da química, em particular. Também não se teve acesso a estudos sobre o modo como os estudantes de universidades do referido país se comportavam face às analogias nem sobre o modo como avaliavam as potencialidades e as limitações das analogias existentes nos ME de química em uso no ESG.

Sabendo que os professores tendem a ensinar como foram ensinados (Freitas & Lima, 2014) e que o uso de analogias, para ter utilidade educativa, precisa ser devidamente planeado e implementado (Rodriguez & Towns, 2019), importa averiguar em que medida e como os futuros professores de química estão a ser familiarizados na temática das analogias durante a sua formação inicial, pois isso poderá influenciar o modo como, no futuro, irão usar esse recurso didático. Caso essa familiarização não esteja a acontecer, ou não esteja a acontecer da melhor forma, então os resultados desta Investigação poderão ser úteis para desencadear ações que visem alterar práticas letivas no ensino superior moçambicano, de modo a melhorar a formação dos futuros professores.

Averiguar como decorre a referida familiarização requer que sejam estudados três aspetos, com importância nacional e internacional: o modo como os professores de química geral das universidades em causa usam analogias relacionadas com o conceito de átomo e a estrutura atómica nas suas aulas; o modo como os docentes de didática de química, do curso de licenciatura em ensino de química das universidades selecionadas, lidam com a temática das analogias nas aulas; e, por fim, o modo como os futuros professores avaliam as potencialidades e limitações das analogias existentes nos ME de química do ESG. Os resultados do primeiro estudo informam sobre o modo com as analogias são usadas para ensinar química no ensino superior moçambicano e fornecem algumas indicações sobre o que, provavelmente, se passará em outros países, nas aulas de química geral. Os resultados do segundo

estudo informam sobre a formação que está a ser dada aos futuros professores de química, de modo a que estes, nas suas práticas letivas, no ensino secundário, usem analogias de modo planeado. No entanto, estes resultados dão também algumas indicações sobre a pertinência de realizar investigações, em outros países, acerca do modo como os professores de didática de química usam (ou não usam) analogias para ensinarem temas da sua disciplina, aspeto que poderá influenciar, também, as práticas letivas dos seus estudantes, futuros professores profissionalizados de química. Finalmente, refira-se que o modo e os resultados referentes a como os futuros professores, na fase final da sua formação universitária, avaliam as potencialidades e as limitações das analogias existentes nos ME de química do ESG dá uma informação relevante sobre a preparação que levam para o contexto profissional e sobre a eventual necessidade de revisão das práticas adotadas no ensino superior, quer por docentes de química quer por docentes de didática da química. Sendo este aspeto pouco investigado a nível internacional, o seu estudo fornece indicações, nomeadamente ao nível da recolha e da análise de dados, que poderão ser transferíveis para outros contextos.

Considerando as universidades envolvidas, esta investigação poderá contribuir para que, num futuro próximo, os professores de química geral e os seus estudantes, os professores de didática de química e os estudantes finalistas do curso de licenciatura em ensino de química façam análises mais críticas das suas práticas e tomem mais consciência do modo como usam as analogias nos processos de ensino e de aprendizagem. Espera-se, também, que esta investigação contribua para o reforço da abordagem da temática de analogias, na formação inicial dos professores de química, licenciados pelas universidades moçambicanas, no que diz respeito ao uso didático de analogias.

1.5. Limitações da investigação

Todas as investigações, incluindo a que aqui se relata, têm limitações, embora estas possam ser mais ou menos severas. Vamos referir aqui as que consideramos mais importantes, pelo efeito que podem ter tido na qualidade do trabalho. Elas têm a ver com a amostra, os procedimentos de recolha de dados e os procedimentos de análise de dados.

Assim, uma das principais limitações da investigação teve a ver com as características da amostra de professores de didática de química. Para aumentar a probabilidade de eles terem formação no assunto em causa e também porque o desejável é que os professores universitários tenham o grau de doutor, pretendia-se que todos os que participassem nesta investigação tivessem o grau de doutor em ensino de química. Como isso não foi possível, por haver falta de doutores em ensino de química, recorreu-se a mestres que tinham formação em ensino de química e que estivessem a lecionar a disciplina de didática

de química há mais de dois anos. Feito o levantamento dos recursos humanos disponíveis, com as características exigidas, constatou-se que apenas 11 docentes satisfaziam os requisitos e que apenas um deles tinha o grau de doutor em ensino de química. Os restantes 10 professores eram apenas detentores do grau de mestre em ensino de química, pelo que os dados podem diferir dos de outros países em que os professores de didática são especializados nessa área.

O facto de a investigação envolver colegas, docentes universitários de didática, que eram ou antigos professores do investigador ou antigos estudantes deste, pode ter causado dificuldade em explorar profundamente algumas das questões por falta de vontade dos participantes no estudo. Esta dificuldade traduziu-se, principalmente na impossibilidade de insistir para obter respostas mais completas, quando se sentia que a resposta não fosse satisfatória.

No caso dos estudantes finalistas (estudantes que estavam a frequentar o último ano do curso de licenciatura em ensino de química e que já tinham participado no estágio pedagógico, em escolas secundárias), por razões de conveniência, trabalhou-se com duas universidades, que, no seu conjunto, tinham apenas 17 estudantes que satisfaziam as condições impostas. Assim as conclusões obtidas com estes estudantes dificilmente serão generalizáveis para os estudantes universitários que frequentam o curso de licenciatura em ensino de química em Moçambique. Acresce que, também neste caso, o facto de o investigador ser conhecido dos estudantes e identificado como docente da universidade a que pertenciam, pode tê-los levado a pensar que estavam a ser avaliados e a evitar responder sempre que não tinham certeza da resposta, para não correrem risco de serem prejudicados.

No que diz respeito à amostra de professores e de alunos de química geral, por razões de conveniência, ela centrou-se nas mesmas duas universidades que a amostra de estudantes finalistas, tendo envolvido um professor com grau de doutor e outro com o grau de mestre em educação em química e com respetivos estudantes. Se houvesse possibilidades de trabalhar com dois professores com o grau de doutor ou com mais professores, os dados recolhidos seriam, possivelmente, diferentes. Também neste caso, com os professores, não pode haver insistência para aprofundar algumas respostas, dado que os entrevistados eram colegas do investigador e sentiam-se pouco à vontade. Por outro lado, a amostra de estudantes, foi condicionada pela escolha dos professores, a qual, por sua vez, foi condicionada pela disponibilidade dos professores para abrirem a sua sala de aula ao investigador.

Decorre do que acaba de ser dito que houve limitações comuns à recolha de dados com as diversas amostras, que decorrem, não só da delimitação geográfica (por razões económicas e de gestão do tempo) e da dificuldade em aprofundar as respostas dos participantes, por falta de vontade, mas também da dificuldade de expressão, esta especialmente sentida no caso de estudantes.

Contudo, a escolha com base nos critérios acima referidos fez, também, com que os docentes fossem conhecidos do investigador e isso pode ter contribuído para que não se sentissem muito à vontade durante a observação das aulas. Essa limitação também foi sentida durante as entrevistas com os dois professores e com os professores de didática de química que foram entrevistados. Possivelmente os resultados poderiam ser diferentes dos que se obtiveram se existisse maior número de professores e houvesse possibilidade para que os professores voluntariamente fizessem uma inscrição livre para serem observados durante a leção. Devido ao número reduzido de professores que foram observados os resultados deste estudo não poderão ser generalizados para outras universidades, embora possam dar alguma informação sobre o que possivelmente acontecerá nelas.

No que respeita à análise de dados, convém referir que foram recolhidos dados verbais que, por exemplo, devido a dificuldades de expressão de alguns dos respondentes, precisavam de ser interpretados ao nível do latente. Assim, apesar de o investigador ter adotado diversas estratégias que adiante serão mencionadas, com vista a minimização da subjetividade, é possível que não a tenha eliminado totalmente, o que poderá afetar a qualidade dos resultados, o que, segundo Bardin (2007), normalmente acontece.

Apesar das limitações acima apresentadas, importantes, mas semelhantes às que se verificam em outros estudos, a investigação aqui relatada origina conhecimento útil sobre a formação de futuros professores moçambicanos, de química, para o uso didático de analogias sobre o átomo e a estrutura atômica, e dá indicações sobre o que se poderá passar em outros contextos ou sobre o que valerá a pena estudar para compreender o uso de analogias nesses mesmos contextos.

1.6. Plano geral da Tese

Esta tese está organizada em cinco capítulos. O primeiro capítulo visa contextualizar o trabalho e apresentar os objetivos da investigação. O capítulo inicia-se com uma breve introdução (1.1), que apresenta o seu objetivo e estrutura, e continua com a contextualização geral da investigação (1.2). Nesta contextualização são abordadas as finalidades do ensino e da aprendizagem das ciências, em geral, e da química, em particular (1.2.1), as dificuldades e desafios de aprendizagem da química (1.2.2) e as analogias e o seu papel no ensino e na aprendizagem da química (1.2.3). O capítulo continua com a apresentação dos objetivos da investigação (1.3), bem como da importância (1.4) e limitações (1.5) desta. Finalmente, é apresentada a estrutura geral da tese (1.6).

O segundo capítulo tem como objetivo apresentar o estado da arte na área de investigação em que incide esta tese, para permitir contextualizar e fundamentar teórica e metodologicamente a

investigação e criar bases para discutir os resultados da mesma. O capítulo inicia-se com uma pequena introdução que descreve os objetivos e a estrutura geral do capítulo (2.1) e inclui quatro subcapítulos centrados em diferentes aspetos da temática em causa: as analogias como recurso educativo (2.2); os manuais escolares de ciências e as analogias, com especial incidência na química (2.3); as concepções e práticas de utilização de analogias nas aulas de ciências, com especial incidência na química (2.4); formação inicial de professores de ciências para utilização de analogias (2.5).

O terceiro capítulo tem como objetivo apresentar a metodologia usada na investigação. Tal como os anteriores, inicia-se com uma introdução (3.1) que apresenta os objetivos e que descreve a organização do capítulo. Neste caso, depois de uma síntese da investigação (3.2), há três subcapítulos, cada um deles centrado num dos três estudos que compõem a investigação: estudo com professores de química geral (3.3), estudo com professores de didática de química (3.4) e estudo estudantes finalistas da licenciatura em ensino de química. Cada um desses três últimos subcapítulos inclui secções relativas a população e amostra, técnica e instrumento de recolha de dados, os procedimentos de recolha de dados e procedimentos de tratamento de dados.

O quarto capítulo tem como objetivo apresentar e analisar os dados e discutir os resultados obtidos. O capítulo inicia-se com uma pequena introdução que descreve os objetivos e a estrutura geral do capítulo (4.1) e, tendo em conta os objetivos da investigação, inclui três subcapítulos, referentes aos resultados obtidos no estudo realizado com: professores de química geral (4.2); professores de didática de química (4.3); e estudantes finalistas do curso de licenciatura em ensino de química (4.4). Cada um dos subcapítulos divide-se em secções que decorrem das dimensões consideradas no instrumento de recolha de dados.

O quinto e último capítulo tem o propósito de apresentar as principais conclusões da investigação, as implicações desta e, ainda, sugestões para futuras investigações. Assim, depois de uma pequena introdução, que descreve os objetivos e a estrutura geral do capítulo (5.1), faz-se a apresentação das conclusões (5.2), começando com as conclusões de cada estudo, atendendo aos objetivos específicos de investigação, e terminando com a conclusão geral da investigação, de modo a responder ao seu objetivo geral. De seguida, apresentam-se as implicações da investigação (5.3) e, por fim, algumas sugestões para futuras investigações (5.4).

A tese termina com a lista das referências bibliográficas dos trabalhos que foram mencionados ao longo do texto e com os anexos considerados relevantes para a compreensão deste trabalho de investigação. Estes últimos incluem os instrumentos de recolha de dados utilizados nesta investigação e algumas transcrições, a título de exemplo, de entrevistas realizadas no âmbito dos diferentes estudos.

CAPÍTULO II

REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Introdução

O objetivo deste segundo capítulo é apresentar o estado da arte na área de investigação em que incide esta tese, de modo a recolher informação que permita contextualizar e fundamentar, teórica e metodologicamente, a investigação a realizar e a criar condições para discutir os resultados obtidos com a mesma. O capítulo inclui os seguintes subcapítulos: as analogias como recurso educativo (2.2); os manuais escolares de ciências e as analogias, com especial incidência na química (2.3); as conceções e práticas de utilização de analogias nas aulas de ciências, com especial incidência na química (2.4); e a formação de professores de ciências para utilização de analogias (2.5).

2.2. As analogias como recurso educativo

Neste subcapítulo começar-se-á por abordar as vantagens e desvantagens do uso de analogias enquanto recurso didático para ensino das ciências (2.2.1) e, em seguida, apresentar-se-ão as principais tipologias de analogias e discutir-se-á a sua relevância didática (2.2.2).

2.2.1. Vantagens e desvantagens do uso de analogias

O uso de analogias no ensino e na aprendizagem de ciências pode apresentar vantagens e desvantagens. No que respeita às vantagens, diversos autores (Duit, 1991; Monteiro & Justi, 2000; Nagem et al, 2003; Dilber & Duzgun, 2008; Bozelli & Nardi, 2012; Akaygun et al, 2018; Rodríguez & Towns, 2019; Kim, Kim & Noh, 2019) realçam que as analogias podem: tornar o conhecimento a aprender mais inteligível e mais plausível; desenvolver capacidades cognitivas nos estudantes; ativar o seu raciocínio e organizar a sua perceção; facilitar a visualização e a consequente compreensão de conhecimentos abstratos por parte dos estudantes; e, por envolverem conhecimentos do dia-a-dia, requerem que o professor tenha em conta os conhecimentos prévios dos estudantes, podendo, por isso, facilitar a mudança concetual destes.

Para que o uso de analogias promova a visualização de conceitos abstratos, ele deve fomentar a comparação de aspetos concretos do mundo real dos estudantes com os novos conceitos a aprender por esses mesmos estudantes. Desta forma, os estudantes tomam consciência do modo como estes novos conceitos se relacionam com o seu quotidiano e com os conhecimentos prévios que nele desenvolveram (Dilber & Duzgun, 2008; Bozelli & Nardi, 2012; Körhasan & Hıdır, 2019). Como afirma

Glynn, Duit e Thiele (1995), as analogias ajudam o estudante a compreender os novos conceitos e a resolver novos problemas com base em situações ou experiências do passado dos estudantes. Na verdade, Dilber e Duzgun (2008) constataram que as dificuldades apresentadas por 78 alunos, turcos, de um curso de física do ensino médio, em compreender conceitos relacionados com eletricidade (designadamente, o conceito de circuito elétrico) desapareceram quando o professor introduziu analogias entre o circuito elétrico e, por um lado, a circulação do comboio na linha férrea e, por outro lado, a circulação de água nos tubos de uma canalização.

De igual modo, um trabalho realizado por Sita e Barreto (2007), com dois professores e com estudantes com dificuldades de aprendizagem, do segundo ano do ensino médio de um colégio brasileiro, sugere que os estudantes aprenderam facilmente, não só sobre os conceitos de reagente, reação química e fórmula química, mas também a acertar equações químicas, com base na analogia de preparação de uma sanduiche. Segundo esta analogia, cartolinas, de diferentes cores e em diferentes proporções, são usadas com os ingredientes de uma sanduiche, a qual, por sua vez, é comparada com o produto da reação. Mais recentemente há ainda a destacar o estudo realizado por Adzape e Akpoghol (2015), com 66 estudantes nigerianos, de química, cujos resultados mostraram que os estudantes do grupo experimental, que usou analogias para a aprendizagem dos diferentes conceitos de química (ex.: átomo, molécula, elemento químico, substância composta, mistura de substâncias, orbital, mole), obteve melhores resultados na avaliação das aprendizagens do que o grupo de controlo, que não usou analogias. Este resultado evidenciou que as analogias ajudaram a superar as dificuldades que os estudantes apresentavam na aprendizagem dos conceitos acima referidos.

Segundo alguns autores (Nagem et al, 2003; Freitas, 2011), as analogias servem, também, para verificar a aprendizagem realizada pelos estudantes. De facto, a explicação de uma analogia dada ou a formulação de uma nova analogia pelos estudantes, sobre um dado assunto, podem ser usadas como indicadores das aprendizagens realizadas pelos estudantes sobre esse assunto. A este respeito, refira-se um estudo realizado por Lancor (2014), com 250 estudantes americanos, de ciências (química, biologia e física), em que os estudantes foram capazes de formular diferentes analogias sobre o conceito de energia, em vários contextos. Este resultado foi considerado como uma evidência da aprendizagem dos estudantes sobre desse conceito.

Ainda no que concerne ao uso de analogias para verificação da aprendizagem dos estudantes, um estudo realizado por Souza-Souza (2015), com 55 estudantes do ensino primário de Trindade Sul (Brasil), em que os estudantes foram solicitados a gerar analogias sobre diversos conceitos e a discutilas, mostrou que a maior parte dos estudantes gerou analogias que se relacionavam com o seu dia-a-

dia. Este resultado foi tomado como um sinal de que os estudantes aprenderam os conceitos em estudo e como um indicador de que as experiências que os estudantes levam para a escola deveriam ser aproveitadas pelos professores para promoverem a aprendizagem das ciências.

Apesar de poderem existir inúmeras vantagens no uso de analogias, o uso incorreto deste recurso didático pode causar aprendizagens indesejadas e/ou equivocadas, o que é desvantajoso para o processo de ensino e aprendizagem das ciências. Na verdade, diversos investigadores (Duit, 1991; Bachelard, 1996; Junior, Francisco & Oliveira, 2012; Freitas, 2011) concluíram que as desvantagens do uso de analogias são devidas: a desconhecimento do análogo pelo estudante, o que faz com que este não entenda a analogia ou questione a sua validade; ao facto de alguns atributos superficiais poderem chamar mais a atenção dos estudantes do que os que são relevantes do ponto de vista analógico, com a consequência de os estudantes recordarem mais aqueles do que os relevantes; ao não reconhecimento pelo estudante de que está perante uma analogia; à não explicitação das limitações da analogia, o que tem como consequência a transferência de todas as características do análogo para o alvo, durante o processo de aprendizagem, por parte dos estudantes.

Para alguns autores (Duit, 1991; Monteiro & Just, 2000; Junior, 2009; Akaygun et al, 2018), o uso inadequado das analogias pode ter a ver com a possibilidade de: existirem diferenças não explicitadas entre a analogia e o que se pretende que o estudante aprenda com ela; características do domínio análogo, não compartilhadas com o alvo, serem indevidamente atribuídas a este; o análogo ser identificado (ou confundido) com o alvo, ou seja com o conceito a estudar; os detalhes, mais ou menos pitorescos, da analogia, se sobreporem aos elementos chave, impedindo a analogia de ser verdadeiramente compreendida.

Para Bachelard (1996), quando mal utilizadas, na investigação científica ou na sala de aula, as analogias criam obstáculos epistemológicos à construção de conhecimento, o que, em seu entender, impede tanto a evolução do conhecimento científico como a aprendizagem das ciências pelos estudantes. Na educação em ciências, as analogias podem originar obstáculos epistemológicos especialmente quando são usadas repetidas vezes e durante muitos anos, sem se reavaliar a sua adequação às novas realidades em que os estudantes se encontram e/ou à evolução do conhecimento científico. Com a evolução social, científica e tecnológica e com a proliferação das novas tecnologias de informação e comunicação, deveria pensar-se em outras comparações para os modelos atómicos que fossem suportadas por pacotes informáticos ou por outros meios tecnológicos, de modo a atrair mais os estudantes e a facilitar a aprendizagem desses conteúdos.

Bozelli e Nardi (2012) e Dilber e Duzgun (2008) alertam para o facto de nenhuma analogia

apresentar uma combinação de características do análogo exatamente semelhante às características do alvo. Geralmente, há características do alvo que são diferentes das do análogo, o que pode, se não for devidamente trabalhado, induzir os estudantes em erro. Estes autores alertam, ainda, para os perigos que decorrem do facto de os estudantes poderem levar a analogia longe demais, explorando relações entre elementos que não são, de facto, análogos, e de poderem confundir o análogo com o alvo, lembrando-se apenas do análogo, em vez de se lembrarem do novo conceito que se pretendia que aprendessem por comparação com esse análogo. Por exemplo, quando se usa a comparação do átomo com a bola de bilhar, os alunos podem inferir que o átomo é redondo e tem as cores características da bola do bilhar. Outro exemplo problemático acontece quando se compara o modelo atómico de Rutherford com o sistema solar, comparação essa que leva alguns estudantes afirmarem que o átomo é como sol, cheio de raios.

Refira-se que as desvantagens do uso de algumas analogias podem dever-se ao facto de elas só poderem ser entendidas, não apenas no contexto histórico em que foram elaboradas, mas, acima de tudo, no contexto da comunidade que as elaborou (Glynn, 1989; Souza, Justi & Ferreira, 2006; Dilber & Duzgun, 2008). Assim, algumas das analogias que foram usadas ao longo da história das ciências e que estão associadas à evolução dos modelos atómicos podem não ter sentido para os atuais estudantes, apesar de ainda serem inseridas, em alguns manuais escolares, como a analogia de “pudim de passas”. Esta analogia é usada várias vezes nos ME e pouco tem a ver com a realidade dos estudantes do Brasil ou de Moçambique. Contudo, em outras partes do mundo é uma analogia que se usa há bastante tempo, tanto por professores, como por autores de ME (Monteiro & Justi, 2000).

Finalmente, deve ser realçado que o fraco domínio dos cuidados a ter com o uso desta ferramenta e, principalmente, o seu uso de forma espontânea (Thagard, 1992; Glynn, 1991; Nagem et al, 2003), por parte dos professores, podem contribuir para uma indesejada interpretação da analogia pelos estudantes. Em muitos estudos baseados na observação de aulas (por ex.: Thiele & Treagust, 1994b; Harrison & Treagust, 1996; Orgill, Bussey & Bodner, 2015; Rodríguez & Towns, 2019) verificou-se que os professores usaram analogias de uma forma espontânea, por não terem conhecimento formal sobre como usar esta ferramenta. Verificou-se ainda que a aprendizagem não foi tão eficaz como poderia ter sido se o uso de analogias tivesse sido planificado e se os professores soubessem como elas devem ser usadas para serem pedagogicamente úteis.

No entanto, apesar das desvantagens referidas, quando bem integradas no texto dos ME e adequadamente planificadas e exploradas na sala de aula, as analogias são uma ferramenta muito poderosa no processo de ensino e aprendizagem das ciências (Mól, 1999; Mendonça, Justi & Oliveira,

2006; Dilber & Duzgun, 2008; Akçay, 2016) que poderá ajudar os estudantes a realizar aprendizagens bem-sucedidas.

2.2.2. Tipologias de analogias e sua relevância didática

As analogias podem ter estruturas e objetivos diversos, pelo que têm sido classificadas por diferentes autores com base em diversos critérios. Nesta investigação referiremos algumas tipologias de analogias que resultam de critérios de classificação diferentes e que são relevantes no contexto do ensino e da aprendizagem das ciências. A primeira classificação que se conhece foi elaborada por Curtis e Reigeluth (1984) para análise de 216 analogias presentes em 26 ME de ciências que estavam em uso na América. Estes autores categorizaram e organizaram essas analogias com recurso a um sistema de classificação que, até agora, se considera ser a base da classificação de analogias. Esse sistema incluía seis critérios de classificação, sendo que cada um dos quais conduzia a diversos tipos de analogias.

O critério relativo ao formato de apresentação das analogias origina os seguintes três tipos de analogias:

- Analogias verbais que são apresentadas através de palavras, em comunicação oral ou escrita;
- Analogias pictóricas (ou gráficas) que são apresentadas através de imagens (fotografias, esquemas, desenhos);
- Analogias pictórico-verbais (ou gráficas-verbais) que são apresentadas através de uma combinação de imagens e de palavras.

Por sua vez, o critério referente à condição ou natureza do alvo e do análogo gera quatro tipos de analogias:

- Analogia concreta-concreta que compara dois elementos concretos, isto é, tanto o análogo como o alvo têm existência material;
- Analogia abstrata-abstrata que compara dois elementos abstratos, isto é, tanto o análogo como o alvo são abstratos, não tendo, por isso, existência material;
- Analogia concreta-abstrata que compara um elemento concreto (análogo) e um elemento abstrato (alvo);
- Analogia abstrata-concreta que compara um elemento abstrato (o análogo) e um elemento concreto (o alvo).

Por seu turno, o critério referente à organização das analogias origina os seguintes três tipos de analogias:

- Analogias simples que fazem comparações de uma estrutura do domínio alvo com outra

estrutura do domínio análogo, baseadas em um único atributo;

- Analogias enriquecidas que fazem o mapeamento explícito de um ou mais atributos do domínio alvo e do domínio análogo, ou seja, especificam correspondência(s) para a(s) relação(ões) analógicas entre o alvo e o análogo, podendo conter informação sobre os limites de validade dessas comparações;
- Analogias estendidas em que vários atributos do alvo são explicitados e relacionados com atributos do análogo, através de um encadeamento de comparações de elementos do alvo e do análogo.

O critério referente ao tipo de relação analógica estabelecida entre o análogo e o alvo origina os seguintes três tipos de analogias:

- Analogias estruturais que comparam a estrutura física do análogo e a estrutura física do alvo;
- Analogias funcionais que comparam as funções do análogo com as funções do alvo;
- Analogias estruturais-funcionais que comparam, simultaneamente, entre si, estruturas e funções do análogo e do alvo.

Por sua vez, considerando o critério posição da analogia no texto obtêm-se os seguintes três tipos de analogias:

- Analogia organizador avançado, incluída no início do texto, apresenta informações básicas necessária para a aprendizagem de um novo conceito, não familiar ao estudante;
- Analogia ativador embutido ou incorporado, integrada ao longo do texto, concretiza conteúdo abstrato e/ou difícil para o estudante;
- Analogia sintetizador final, apresentada no fim do texto, sintetiza a informação que lhe precede e conclui o tópico em estudo.

Finalmente, considerando o critério orientação pré tópico, ou seja, a orientação que a analogia faculta para o tema que vai ser estudado, obtêm-se dois tipos de analogias:

- Analogias com explicação do domínio de destino, que, sendo usadas antes da apresentação do tópico, facilitam a compreensão deste pelo estudante;
- Analogias com descrição da estratégia a adotar no uso, que incluem uma descrição das estratégias a adotar para o seu uso adequado, bem como informação básica sobre os atributos relevantes do domínio alvo, para que o estudante se concentre nestes.

As classificações de analogias acima mencionadas têm vindo a ser usadas por diversos autores (ex.: Gentner, 1989; Duit, 1991; Nagem, Carvalhães & Dias 2001; Ferraz & Terrazzan, 2001), que as consideraram adequadas para analisar analogias usadas por professores ou inseridas em ME. No

entanto, Thiele & Treagust (1994) acrescentaram dois novos critérios de classificação de analogias, aumentando de seis para oito esses critérios.

Um desses novos critérios refere-se à advertência para a presença de limitações na analogia e conduziu a dois tipos de analogias: analogias com e analogias sem indicação da existência de limitações. Note-se que uma analogia explicita as suas limitações quando alerta para a presença de atributos do domínio alvo que não são comparáveis ou transferíveis para o domínio análogo ou vice-versa.

O outro critério diz respeito à localização da analogia na página do manual. Este critério conduz a dois tipos de analogias: analogias integradas no texto; e analogias colocadas nas margens da página. Este último tipo de analogias, abrange analogias com um estatuto secundário, por serem colocadas à margem do texto e não dialogarem com ele.

As classificações das analogias serviram para dar mais credibilidade ao uso deste recurso didático no ensino das ciências, na medida em que tornam evidente que não se pode falar, simplesmente, em analogias, uma vez que, qualquer que seja o critério de classificação considerado, há analogias diferentes, com potencialidades didáticas muito diversas. Assim, estudos centrados na classificação de analogias disponibilizaram informações sobre a eficácia relativa dos diferentes tipos de analogias no processo de ensino das ciências, permitindo aprimorar conhecimentos sobre as condições em que uma dada analogia é mais benéfica no processo de ensino e aprendizagem das ciências. Foi com base na classificação de analogias que se criaram critérios relativos à inclusão da explicação das diferentes analogias, à natureza dos atributos compartilhados entre alvo e análogo, ao nível de enriquecimento e ainda às limitações das analogias, o que ajudaria a tornar o seu uso mais eficaz (Thiele & Treagust, 1994b). Também foi com base na classificação de analogias que foram elaboradas instruções para facilitar o seu uso eficaz (relativas, por exemplo a: que natureza deve ter o análogo; que limitações apresenta; qual o melhor formato das analogias; como coloca-las no texto). Acresce que a classificação de analogias também serve para aconselhar os autores de ME e os professores no que concerne aos tipos de analogias mais eficazes no ensino de conceitos do âmbito das ciências.

Didaticamente, a classificação de analogias ajuda o professor, na sala de aula, e os autores de ME, pois permite-lhes saber quais os aspetos a ter em consideração no uso de analogias. Na verdade, orientam os professores e os autores de ME no sentido de que poderão: acrescentar uma explicação auxiliar durante o uso ou a inserção nos ME de uma analogia; explicitar as limitações das analogias a usar ou inserir nos ME; usar ou inserir nos ME analogias enriquecidas por serem mais benéficas. Estas orientações tornaram-se possíveis graças ao conhecimento produzido através de estudos sobre a classificação de analogias e seriam dificilmente disponibilizadas sem a realização dos mesmos.

2.3. Os manuais escolares de ciências e as analogias

Neste subcapítulo começar-se-á por fazer uma discussão do estatuto e funções do ME enquanto recurso didático, dando especial atenção aos ME de ciências (2.3.1). De seguida, abordar-se-á a problemática das analogias nos ME de ciências (2.3.2), considerando especialmente as analogias em ME de química.

2.3.1. Os manuais escolares de ciências como recurso didático

O tipo de livro que, em Moçambique, se designa livro escolar e, em Portugal, manual escolar (e que identificaremos neste trabalho, para os dois casos, pela sigla ME, já introduzida no capítulo anterior), tem outras designações em outros países. Por exemplo, no Brasil designa-se livro didático, em Espanha designa-se livro de texto e em Inglaterra é conhecido por livro de texto escolar. Neste trabalho, para este tipo de livro, adotaremos a designação ME, independentemente do país em causa, salvo em caso de citação de documentos em que manteremos a designação original.

Um ME é um livro que se destina aos alunos (Montagnes, 2001; Zambon & Terrazzan, 2012; Souza & Garcia, 2015; Sulaiman, 2015; Trebien & Garcia, 2015) e que alberga saberes que lhes devem ser veiculados pela escola (Bénitez, 2000; Choppin, 2009) porque fazem parte do currículo escolar (Bénitez, 2000). Choppin (2001) realça também o papel do ME enquanto veiculador de valores aceites pela sociedade que se pretende que os jovens adquiriram, nomeadamente, na escola.

O ME é um material impresso, intencionalmente estruturado para se inscrever num processo de aprendizagem, com o objetivo de melhorar a eficácia deste e aproximar, entre si, o conhecimento científico e os jovens, através de uma transposição didática (Montagnes, 2001; Gerard & Rogiers, 2009; Garcia, Heidemann & Barbosa, 2016; Zambon & Terrazzan, 2012; Souza & Garcia, 2015; Trebien & Garcia, 2015) mediada pelo professor.

Apesar dos avanços que se têm verificado ao nível das tecnologias de informação e comunicação, no século XXI, o ME continua a ser o recurso didático mais utilizado no mundo (Garcia, Heidemann & Barbosa, 2016; Trebien & Garcia, 2015; Vojíř & Rusek, 2019) e o ensino das ciências, em muitos casos, é organizado, não só com base nos conteúdos apresentados no ME, mas também no modo como são nele apresentados (Rego, Gomes & Balula, 2010; Souza & Garcia, 2015). Na verdade, apesar de, como referimos acima, se destinar aos alunos, o ME acaba por ser usado pelos professores, que o consideram um guia facilitador da preparação das suas aulas, o que resulta de, como refere Montagnes (2001), os ME de um dado país apresentarem uma interpretação, mais ou menos fiel e objetiva, do currículo oficial desse país. Quando os professores o transformam no livro base para a preparação e implementação das

suas aulas, então o ME passa a determinar, pelo menos em parte, o modo como o currículo em que se integra é interpretado e implementado nas escolas.

Os ME deveriam interpretar rigorosamente a filosofia subjacente ao currículo e apresentá-la sem distorção. Contudo, nem o currículo é ideologicamente neutro (Bénitez, 2000) nem os autores de ME são pessoas completamente objetivas e isentas. Assim, os ME acabam por ser influenciados pelas ideologias dominantes (Bénitez, 2000), bem como pela cultura do país em causa, a qual é apresentada nos ME sob a forma de expressões socioculturais do seu povo, e pelas respetivas atividades com potencial económico (Crawford, 2003).

Há cerca de 30 anos, Seguin (1989) defendia que os ME, dado que são auxiliares do processo de ensino e aprendizagem, devem ter correspondência com o currículo em vigor, nomeadamente ao nível dos objetivos, conteúdos e metodologias de ensino das respetivas disciplinas. Contudo, segundo Montagnes (2001), em 1996, em Moçambique, os ME, por um lado, seguiam o currículo, mas, por outro lado, eram muito teóricos e não tinham vínculo suficiente com experiências quotidianas dos alunos. Por essa razão, não espelhavam as características culturais e económicas do jovem país, que tinha conquistado a Independência há cerca de 20 anos. O autor realçava que, apesar dos grandes avanços científicos e tecnológicos ocorridos nas últimas duas ou três décadas e das mudanças introduzidas nos currículos de vários países, os conhecimentos científicos veiculados pelos ME de ciências e o modo como eram veiculados por esses manuais não mostravam uma mudança substancial (Montagnes, 2001), nomeadamente em Moçambique.

Há 20 anos, Amaral et al (1999) afirmaram que os ME enfatizavam o resultado alcançado em diversos domínios das ciências, de forma dogmática e com um apreciável desfasamento temporal, sem abrirem espaço para o questionamento por parte dos alunos, e que isso fazia com que o conhecimento científico parecesse imutável e os alunos desenvolvessem uma imagem inadequada das ciências e dos cientistas. Infelizmente, e como argumentam diversos autores (Souza & Garcia, 2015; Trebien & Garcia, 2015; Pérez & Lozano, 2016) desde então, a situação não se alterou muito.

Num nível de ensino em que a preocupação da escola seja a de formar cidadãos cientificamente cultos, os conteúdos dos ME de ciências não devem resultar de uma mera transposição didática dos conhecimentos científicos, mais ou menos atuais, que a escola é suposta veicular. Acima de tudo, devem explicitar a relação entre as ciências, a tecnologia, a cultura e a sociedade, para fomentarem o estabelecimento de ligações, por parte dos cidadãos, entre as práticas sociais e os conhecimentos escolares (Martins, Gouvêa & Vilanova, 2012) que lhes permitam compreender a relevância social das ciências, de modo contextualizado.

Além disso, atualmente, os ME disputam a atenção dos alunos com os *mass media* (rádios e televisões) e com a internet, que apresentam as novidades científicas e tecnológicas em tempo quase real. Por esta razão, devem ser criadas condições para que os ME apresentem informações interessantes para os alunos e continuem a ganhar ou, pelo menos, a ter espaço na escola (Choppin, 2009; Souza & Garcia, 2015; Trebien & Garcia, 2015), ajudando a motivar os alunos, não só para aprender, mas também para aprenderem mais e melhor.

Apesar de novos recursos didáticos, de cariz mais tecnológico, estarem a entrar nas escolas, os ME impressos continuam nas salas de aula, até porque, em alguns casos, é o próprio governo que os fornece aos alunos. O facto de os ME serem relativamente baratos, fáceis de usar e de transportar e de não exigirem eletricidade para serem usados constitui um aspeto ainda importante em alguns países (Montagnes, 2001; Garcia, Heidemann & Barbosa, 2016; Heidemann & Garcia, 2016), nomeadamente nos continentes africano e asiático. A sua persistência pode ter, também, a ver com o facto de os ME serem a única fonte de leitura para os jovens de algumas regiões de países pouco desenvolvidos (Choppin, 2009) e de serem um auxiliar importante, quando se introduz um novo currículo, para professores sem formação psicopedagógica e/ou científica (Montagnes, 2001), que também ainda existem em países em vias de desenvolvimento.

Pela importância educativa que tem e, também, por ser um veículo influenciador das novas gerações, o poder político, em muitos países, controla mais ou menos rigorosamente, os conteúdos científicos e ideológicos que os ME veiculam, criando leis que regulamentam a sua produção, adoção e utilização.

O ME é reconhecido como um recurso didático importante desde que foi publicada a primeira Lei de Bases do Sistema Educativo português (Lei n° 46/86, de 14 de outubro), que, no n° 2 do seu artigo 41°, considerava o ME como um recurso educativo privilegiado. Esta importância resistiu às alterações a essa lei, tendo mesmo sido reforçada, em 2005, quando, por meio da segunda alteração (Lei 49/2005, de 30 de agosto), essa lei passou a afirmar, no artigo 44°, que o ME é um recurso educativo privilegiado a exigir especial atenção.

Apesar de, em Moçambique, não existir uma Lei de Bases do Sistema Educativo, o governo moçambicano (através do Diploma Ministerial n° 19/2002, de 27 de fevereiro) publicou o Regulamento de Avaliação do Livro Escolar, onde se afirma que o governo distribui os ME, no âmbito das ações de melhoria da qualidade do ensino. Além disso, na Política do Livro e Estratégia da sua Implementação (Resolução n° 57/2011, de 11 de novembro), o governo moçambicano continuou a atribuir um importante papel ao ME, ao afirmar, no artigo n° 1 dessa Resolução, que:

“o livro, desde os primórdios da sua existência tornou-se um meio insubstituível para a transmissão do conhecimento, para o desenvolvimento da investigação, para a difusão da cultura e para a conservação do património nacional e para a formação de conceitos.”.

Apesar de existirem Leis, Diplomas Ministeriais e Resoluções que indicam que o ME é um recurso fundamental no processo de ensino e aprendizagem, no final do século XX (Seguin, 1989) e no início do século XXI (Montagnes, 2001), muitos países não conseguiam assegurar quantidades de ME suficientes para os seus sistemas educativos e/ou ainda forneciam ME inadaptados ao contexto social, cultural e educativo do país, recorrendo, por exemplo, a manuais de outros países. Uma parte destes problemas continuam a existir em alguns países, sendo apresentados em relatórios recentes da UNESCO (2015; 2017/8), nos quais se afirma que há países que não se preocupam em incluir nos manuais as suas realidades sociais e culturais e que há poucos sinais de apresentarem assuntos que tenham a ver com a coesão social dos respetivos países.

Apesar do esforço do governo moçambicano em criar condições para a produção, avaliação e distribuição de ME que respondam às preocupações e realidades do país, ainda há necessidade de aumentar, por um lado, a quantidade de ME, para suprir o défice que se tem registado, e, por outro lado, a sua qualidade, tornando-os mais adaptados ao contexto moçambicano.

Há quase 20 anos, Montagnes (2001) afirmava que muitos países em desenvolvimento já reconheciam que o aumento, principalmente, da qualidade e, em certos casos, da quantidade de ME é um fator decisivo para a melhoria do aproveitamento escolar. No caso de Moçambique, para melhorar a qualidade dos ME em circulação no país, o governo aprovou o regulamento de avaliação do livro escolar (Diploma Ministerial 19/2002) e o regulamento para a edição, aprovação, publicação e distribuição do livro escolar (Diploma Ministerial 20/2002), instrumentos estes em uso atualmente. Contudo, razões de diversa ordem, a que não estão alheias as questões financeiras e a escassez de recursos humanos qualificados, impedem o governo moçambicano de generalizar a disponibilização, aos alunos, de ME que sejam adequados ao currículo e devidamente contextualizados na realidade do país.

Ao longo dos tempos, o ME tem tido um papel informativo, por apresentar os conhecimentos a aprender, e um papel de guia de aprendizagem, por orientar o aluno no que concerne ao que deve aprender (Séguin, 1989; Garcia, Heidemann & Barbosa, 2016; Souza & Garcia, 2015; Pérez & Lozano, 2016), fazendo uma ligação, nem sempre ideal, dos conceitos com a vida quotidiana do aluno (Brigas & Martins, 1997). Bénitez (2000) realça, ainda, entre outras: a função social do ME, pelo contributo sociocultural que oferece às novas gerações; a função ideológica, pela hierarquia de valores que o ME veicula; e a função política, por os conteúdos a abordar e as metodologias propostas para os abordar serem regulados pelos poderes políticos. Uma das formas de os ME de ciências conseguirem

desempenhar essas funções implica um tratamento contextualizado dos conteúdos (Montagnes, 2001) que evidencie as suas ligações com o dia-a-dia dos cidadãos. Essa contextualização pode ser efetuada de várias formas, incluindo através da inserção de analogias nos ME de ciências.

2.3.2. As analogias nos manuais escolares de ciências

Devido à grande influência que os ME têm nos professores (Chiappetta, Fillman & Sethna, 1991) e, também, nos alunos (Garcia, Heidemann & Barbosa, 2016; Akçay, 2016), é fundamental que estes recursos didáticos tenham condições para desempenhar, de uma forma eficaz, o seu papel de auxiliar no processo de ensino e aprendizagem. Pela importância e, simultaneamente, pela complexidade do uso de analogias (já anteriormente referidas), uma das dimensões que merece ser objeto dessa análise são as analogias propostas pelos ME.

Na verdade, as analogias têm vindo a ser frequentemente usadas por autores de ME para explicar alguns conceitos do âmbito das ciências (Glynn, Duit & Thiele, 1995; Paris & Glynn, 2003; Sendur, Toprak & Pekmez, 2011; Akçay, 2016; Körhasan & Hıdır, 2019; Vojíš & Rusek, 2019). Segundo diversos autores (Curtis & Reigeluth, 1994; Iding, 1997; Monteiro & Justi, 2000; Junior, 2009; Bernardino, Rodrigues & Bellini, 2013), essa elevada frequência sugere que há uma crença implícita, por parte de autores e de editoras de ME, na eficácia das analogias no ensino e na aprendizagem das ciências.

De facto, as analogias podem fazer com que os ME sejam um recurso mais facilitador da aprendizagem, se forem adequadamente selecionadas e apresentadas e desde que os alunos sejam capazes de as compreender. Essa compreensão requer que os alunos consigam comparar eficazmente o conceito, a estrutura ou a função pertencente ao domínio análogo (familiar ao aluno) com o/a correspondente do domínio alvo (Orgill & Bodner, 2006), sobre o/a qual se pretende que o aluno aprenda.

Para alguns autores (Hulshof & Verloop, 2002; Orgill & Bodner, 2006), as analogias são recursos mais adequadas para serem usados num texto escrito do que para serem incluídos numa apresentação oral, dado que os textos escritos proporcionam mais tempo para o autor construir a analogia e para analisar o modo como a vai usar, antes de a apresentar ao destinatário, do que acontece numa apresentação oral. Nesta última situação, que abrange o uso de analogias pelo professor, na sala de aula, as analogias são, muitas vezes, apresentadas espontaneamente, sem que haja tempo para refletir sobre as mesmas, tanto por parte de quem as apresenta como por parte de quem a ouve.

No entanto, apesar de estarem escritas, as analogias incluídas nos ME podem ser interpretadas livremente pelos estudantes (Gilbert, 1989; Monteiro & Justi, 2000; Junior, Francisco & Oliveira, 2012;

Gonçalves & Julião, 2016), interpretações essas que podem ser indesejáveis e não antecipadas, pelos autores dos ME, ou, até mesmo, erradas (Thiele & Treagust, 1994; Dikmenli, 2015).

Segundo alguns autores (Thiele & Treagust, 1994b; Thiele & Treagust, 1995; Monteiro & Justi, 2000; Gonçalves & Julião, 2016), apesar de existirem várias analogias nos ME de ciências, o seu uso por estudantes e, em certos casos, por professores não tem sido eficaz. De facto, os estudantes ou leem as analogias nos ME ou as ouvem através dos seus professores, sem, no entanto, as analisarem e as entenderem (Thiele & Treagust, 1994b; Newton, 2003; Orgill & Bodner, 2006; Dikmenli, 2015; Akçay, 2016), o que cria dificuldades na aprendizagem e resulta na ineficácia das analogias. Por seu turno, os professores assumem que os alunos compreendem a analogia e que a interpretam como pretendido pelos autores de ME, sem que necessitem de a explicar, o que nem sempre ocorre. Esta afirmação é suportada pelo estudo realizado por Thiele e Treagust (1994b) em que todos os professores que foram observados usaram uma analogia existente num dos ME australianos, sem acrescentarem qualquer explicação face ao que o ME apresentava,

Acresce que, apesar de reconhecerem o potencial das analogias (Goswami, 1992; Monteiro & Justi, 2000; González & Martín, 2005; Silva, Lima & Silva, 2010; Sendur, Toprak & Pekmez, 2011), muitos autores de ME não as exploram adequadamente, de forma a reduzir a possibilidade de interpretações indesejáveis ou equivocadas. Um indicador da não exploração adequada de analogias pelos autores de ME é a repetição das mesmas analogias em vários ME de diferentes níveis de ensino, o que pode sugerir que não há evolução dos conhecimentos científicos abordados nesses níveis de ensino e não dá aos estudantes a possibilidade de contactarem com outras comparações.

Outro problema que foi encontrado por autores que estudaram as analogias presentes em ME foi a falta de explicitação das limitações dessas analogias. Estudos realizados, no Brasil, por Gonçalves e Julião (2016), com seis ME do ensino superior de química orgânica e de química-física, e por Monteiro e Justi (2000), com 11 coleções de ME de química do ensino médio, sugerem que somente dois dos seis ME e duas das 11 coleções apresentavam as limitações das analogias que incluíam. No entanto, um dos autores de ME envolvidos no segundo estudo e cujos ME explicitavam as referidas limitações, apresentou-as no rodapé, o que pode dar a entender que a explicitação dessas limitações não era considerada como algo importante. A ausência de explicitação adequada das limitações da analogia, pode levar os estudantes a fazer uma transferência inadequada de todos os atributos do domínio análogo para o domínio alvo, o que não deve acontecer porque nunca há uma correspondência total entre esses dois domínios.

Também o uso de ilustrações associadas às analogias pode ser problemático. No Brasil, Monteiro

e Justi (2000) constataram que, apesar de poder ser importante inserir ilustrações para reforçar a explicação analógica, na maior parte (em 65%) dos ME das 11 coleções analisadas, existiam ilustrações que foram inseridas sem necessidade e que, não só perturbavam a compreensão, como ainda induziam os estudantes em erros conceituais. Na verdade, em quase todos os ME analisados por estas autoras não havia uma explicação complementar que auxiliasse os estudantes a compreender a analogia, o que os obrigava a fazer, por si sós, a correspondência entre o alvo e o análogo de modo a chegarem às suas próprias conclusões sobre o conteúdo científico em causa.

Segundo alguns autores (ex.: Thiele & Treagust, 1995; Newton, 2003), a fraca exploração de analogias nos ME pode dever-se ao facto de os autores as usarem inconscientemente, sem realmente saberem que estão a usar uma analogia. Essa ideia é corroborada por outros autores (Orgill & Bodner, 2006) que afirmam que as analogias existentes nos ME de ciências, raramente são assumidas como analogias. Isto pode acontecer por falta de conhecimento e/ou de diretrizes que orientem os autores de ME sobre como devem apresentar e explorar as analogias nos seus ME. No entanto, a reduzida exploração ou a não exploração das analogias nos ME pode ter a ver com a pressão que os autores sofrem para não excederem o número máximo de páginas recomendadas pelas editoras (Thiele & Treagust, 1991; Thiele & Treagust, 1994b).

Uma consequência da não exploração das analogias pelos ME é que, tanto os estudantes como os professores, acabam por fazer interpretações livres das analogias, interpretações essas que são baseadas em ideias que ativam na memória e em associações que, no momento, lhes ocorrem, mas que podem ter pouco a ver com as que os autores, implicitamente talvez, pretendiam que fossem efetuadas. O mesmo pode acontecer quando os autores inserem, nos seus manuais, analogias consideradas clássicas, que se vêm perpetuando por décadas ou séculos, e que, em muitos casos, já não chamam a atenção dos estudantes (Curtis & Reigeluth, 1984; Stocklmayer & Treagust, 1994; Newton, 2003; Silva, Lima & Silva, 2010) por não fazerem parte da sua realidade. Estas analogias, além de não facilitarem a aprendizagem, podem mesmo criar-lhe entraves (Bachelard, 1996; Lopes, 1992) por recorrerem a análogos que os alunos desconhecem.

Alguns estudos realizados nas últimas décadas (ex.: Ferry & Nagem, 2008; Martins, Gouvêa & Vilanova, 2012; Santos, Terán & Silva-Forsberg, 2011; Bernardino, Rodrigues & Bellini, 2013; Silva, Lima & Silva, 2010; Goncalves & Julião, 2016; Akçay, 2016) indicam que os problemas com o uso de analogias em ME, que foram identificados há mais de trinta anos, permanecem nos ME atuais e continuam a constituir obstáculos à aprendizagem dos estudantes, nomeadamente quando está em causa a aprendizagem sobre o átomo e os modelos atómicos. Na verdade, a análise das analogias usadas

por ME para este efeito evidenciou diversos tipos de problemas.

Um desses problemas tem a ver com o facto de predominarem analogias simples. As analogias simples criam dificuldades no processo de ensino e aprendizagem (Curtis & Reigeluth, 1984; Sendur, Toprak & Pekmez, 2011) porque, por um lado, possuem um único atributo a comparar e, por outro lado, fazem uma única comparação de uma estrutura ou elemento do domínio alvo com uma estrutura/elemento do domínio análogo o que faz com que não existam outras possibilidades de comparação para os estudantes.

A este propósito, refira-se um estudo realizado no Brasil, em que Ferry e Nagem (2008) analisaram, em 12 ME de química, do ensino secundário, a analogia de pudim de passas. De acordo com esta analogia, o átomo, segundo Thomson, era semelhante a um pudim de passas, de tal modo que estas correspondiam aos eletrões e a massa do pudim corresponde à carga positiva.

Esta analogia é problemática por duas razões principais: em primeiro lugar, de acordo com a experiência do quotidiano, as passas distribuem-se na superfície da massa e não por toda a massa; em segundo lugar, a comparação entre a massa do pudim e a carga positiva pode fazer entender que o átomo, de acordo com Thomson, era formado, em grande parte, por cargas positivas, o que induz facilmente os estudantes em erro (Monteiro & Justi, 2000). Note-se que resultados de vários estudos com ME de ciências, que estavam em uso na Austrália (Thiele, Venville & Treagust, 1995), no Brasil (Monteiro & Justi, 2000; Junges, 2011; Bernardino, Rodrigues & Bellini, 2013; Gonçalves & Julião, 2016; Terrazan et al, 2012; Santos, Terán & Silva-Forsberg, 2011) e na Turquia (Akçay, 2016), também sugerem a existência de analogias simples nos ME.

O uso de linguagem metafórica foi também um problema identificado por alguns autores. No estudo anteriormente referido, Ferry e Nagem (2008) constataram que muitos dos termos usados para apresentar as analogias nos ME eram metafóricos (ex.: partículas incrustadas, mergulhadas, embebidas e recheadas), passíveis de criar equívocos na aprendizagem. Por exemplo, o verbo incrustar significa cobrir ou revestir alguma coisa com uma crosta ou rebocar, o que não acontece com os eletrões; os termos mergulhados, embebidos e recheados são muito metafóricos, dando a entender que os eletrões estão imersos dentro de um líquido ou de uma outra substância, o que na realidade não acontece.

Outro problema constatado tem a ver com o facto de o domínio alvo não ser familiar aos destinatários. Martins, Gouvêa e Vilanova (2012) analisaram as analogias utilizadas em quatro ME de química do ensino secundário, que estavam em uso num dos estados brasileiros, para averiguarem o tratamento do modelo atómico de Thomson. Estes autores verificaram que, em dois ME, as analogias usadas assentavam na comparação do modelo atómico de Thomson com o pudim de passas, o que,

para os investigadores, criava dificuldades aos estudantes (brasileiros), por não ter a ver com o seu quotidiano. Nos outros dois ME, as analogias usadas assentavam na comparação do átomo com o panetone, o que, para os investigadores, já se aproximava mais da realidade brasileira e, por isso, obedecia ao requisito de o domínio análogo dever ser familiar aos alunos.

Outros estudos evidenciaram o uso constante de certas analogias nos ME, sem, pelo menos aparentemente, ter em conta o nível de escolaridade a que se destina o ME. Estudos realizados com cinco ME brasileiros do ensino médio, por Siqueira, Nunes e Alves (2013), e com 11 coleções de ME de química de diferentes níveis de escolaridade, por Monteiro e Justi (2000), mostraram, que uns dos autores de ME compararam o átomo segundo Dalton com uma bola de gude ou de bilhar e os outros autores compararam o modelo atómico de Thomson com um pudim de passas. Finalmente, alguns autores compararam o modelo atómico de Rutherford com um pequeno sistema planetário. Acresce que essas analogias foram incluídas repetidas vezes nos ME e, em certos casos, foram usadas para ME de diferentes níveis de escolaridade. O uso frequente dessas analogias pode fazer com que os estudantes: não tenham possibilidades de usar outras comparações para entenderem o conceito de átomo e de modelo atómico; não percebam a evolução dos modelos atómicos, por serem usadas as mesmas analogias em ME de diferentes níveis de escolaridade.

A inserção de várias analogias nos ME analisados em diversos estudos (ex.: Curtis & Reigeluth, 1984; Santos, Terán & Silva-Forsberg, 2011; Terrazzan et al, 2012; Bernardino, Rodrigues & Bellini, 2013; Rosa, Cótica & Pereira, 2016; Akçay, 2016) parece evidenciar o reconhecimento de autores de ME da necessidade de inclusão de analogias nesses manuais, mesmo sem terem um verdadeiro conhecimento do valor e dos requisitos de uso destas. Na verdade, parece que a frequência com que os autores incluem analogias nos ME não se deve ao conhecimento que estes têm da possível utilidade pedagógica desse recurso didático, dado que estas ou aparecem colocadas aleatoriamente ou aparecem integradas em função das percepções dos autores sobre: as dificuldades que os alunos podem ter com a aprendizagem de um dado conteúdo; e a, conseqüente, necessidade de facilitarem a aprendizagem do conteúdo em causa (Hulshof & Verloop, 2002), com recurso a ferramentas que costumam usar nas suas aulas (nos casos em que, além de serem autores são, também, professores).

Assim, o número de analogias encontradas num dado ME de ciências e as suas características podem, por um lado, ser função das preferências individuais dos autores (Curtis & Reigeluth, 1984; Orgill & Bodner, 2006; Akçay, 2016) e, por outro lado, ser função da forma como um dado assunto tem sido tradicionalmente ensinado na sala de aula, independentemente se esse ensino ter sido bem ou mal apoiado por analogias e de estas serem adequadas ou inadequadas.

Há cerca de 50 anos, Piaget (1962) defendia que, por existirem muitas inconsistências e problemas relacionados com o uso de analogias por autores de ME, uma das soluções seria estes não usarem analogias nos seus manuais. Contudo, segundo o mesmo autor, isso não seria possível dado que muitos autores de ME, tal como os outros seres humanos, estão predispostos para pensar analogicamente e, por isso, naturalmente, usariam analogias nas explicações que apresentariam nos seus ME. Cerca de 20 anos depois, a ideia de Piaget foi corroborada por Lakoff e Johnson (1980), ao afirmarem que, em vez de se evitar o uso de analogias, a melhor solução seria adotar instruções que ajudassem os autores a integrar adequadamente as analogias nos textos de ciências. Esta é uma ideia que, em nossa opinião, pode ainda ser válida nos dias de hoje.

Refira-se que, diferentemente das analogias apresentadas oralmente pelos professores na sala de aula, que podem incluir instruções para interpretação das mesmas e que são acompanhadas de “feedback” e esclarecimentos (caso seja necessário), uma analogia escrita, incluída num texto (por exemplo, de um ME), não é acompanhada de mecanismos que permitam ao autor do texto ou ME obter “feedback” (Thiele & Treagust, 1994b) sobre o entendimento que o leitor ou os estudantes fizeram dela, nem que permitam aos estudantes obter esclarecimentos sobre eventuais dúvidas que a analogia lhes suscite. Assim, e uma vez que, no caso dos ME, os autores não têm como receber “feedback” sobre o modo como os alunos interpretam as analogias, eles deveriam antecipar as dificuldades dos alunos no estabelecimento das relações entre o alvo e o análogo (Terrazzan et al, 2005; Terrazzan et al, 2012) para encontrarem formas de as minimizar.

Relativamente a essa minimização, existe um certo consenso entre diversos especialistas (Curtis & Reigeluth, 1984; Thiele & Treagust, 1994b; Thiele & Treagust, 1995; Sendur, Toprak & Pekmez, 2011; Dikmenli, 2015) em torno da ideia de que os autores de ME devem incluir, nos seus manuais, analogias enriquecidas, que especifiquem as correspondência(s) para a(s) relações analógicas entre o alvo e o análogo, e analogias estendidas, nas quais vários atributos do conceito alvo sejam explicados com recurso a um encadeamento de comparações, de modo a melhorar a compreensão dos conceitos a aprender. Além disso, segundo os mesmos especialistas, os ME devem explicitar as limitações da analogia e/ou discutir estas e, quando necessário, incluir ilustrações que facilitem a sua compreensão. Como argumenta Monteiro e Justi (2000), uma ilustração, se adequadamente selecionada, integrada e explorada, pode facilitar a compreensão da analogia por parte dos estudantes e, até mesmo, por parte dos professores.

Em Moçambique, o Plano Curricular do Ensino Secundário Geral (PCESG) refere que os programas de ensino e os materiais escolares, sobretudo o ME, devem ser instrumentos que facilitam o

trabalho do professor. Contudo, apesar de os documentos oficiais (nomeadamente o PCESG e o Programa de ensino de química) referirem que os materiais escolares (onde se inclui o ME do aluno) devem ajudar e mostrar as diferentes possibilidades de abordagem integrada das diferentes unidades temáticas, não se encontraram, nos mesmos, referências ao uso de analogias. No entanto, os ME moçambicanos apresentam algumas analogias (Arão, 2010) que, em alguns casos, podem ser de difícil compreensão para os estudantes, por não pertencerem ao seu quotidiano (ex.: analogia do pudim de passas) e por não respeitarem um dos requisitos básicos no uso da analogia que advoga que o domínio análogo dever ser familiar aos estudantes.

2.4. Concepções e práticas referentes ao uso didático de analogias

Neste subcapítulo serão revistos estudos sobre o que pensam os intervenientes no processo de ensino e aprendizagem, especialmente os professores, acerca do uso didático das analogias (2.4.1) bem como sobre as práticas e representações de práticas de utilização de analogias no ensino e na aprendizagem das ciências (2.4.2).

2.4.1. Concepções sobre o conceito de analogia e o seu papel no ensino e aprendizagem das ciências

Os professores evidenciam diferentes concepções sobre o conceito de analogia, apesar de, frequentemente não atribuírem um significado muito claro ao respetivo termo (Santana et al, 2017). Além disso, tanto os professores como os estudantes, apresentam uma concepção parcial das funções que as analogias podem desempenhar no ensino e na aprendizagem de ciências (Duit, 1991; Mozzer & Justi, 2013; Orgill & Bodner, 2007; Richland & Simms, 2015).

Vários trabalhos foram realizados para compreender as concepções dos professores sobre o conceito de analogia (ex.: Treagust et al, 1989; Mozzer & Justi, 2013; Santana et al, 2017; Rodriguez & Towns, 2019; Körhasan & Hidir, 2019).

Uma análise dos resultados desses estudos sugere que eles estão familiarizados com o conceito, mas apresentam algumas dificuldades em defini-lo quando solicitados a tal (Treagust et al, 1989; Harrison & Treagust, 1996; Mozzer & Justi, 2013; Maharaj-Sharma & Sharma, 2015).

Estudos realizados por Santana et al (2017), com quatro professores de ciências (química e biologia), e por Mozzer e Justi (2013), com seis professores de química, todos de nacionalidade brasileira, concluíram que alguns participantes destes estudos não conheciam o conceito de analogia e, consciente ou inconscientemente, evitavam defini-lo. No primeiro destes estudos, um dos participantes afirmou que as analogias consistem no uso de termos análogos para auxiliar a aprendizagem dos conteúdos e outro

professor limitou-se a falar do papel das analogias, afirmando que servem para facilitar a aprendizagem dos conceitos difíceis, e não definiu o conceito. Os outros dois professores definiram aceitavelmente o conceito de analogia ao afirmarem que uma analogia envolve comparações entre factos do dia-a-dia com conteúdos que o aluno deve aprender e ou entre factos de um domínio não familiar e de um domínio familiar ao aluno.

No estudo realizado por Mozzer e Justi (2013), dois dos seis professores entrevistados sobre o conceito de analogia apresentaram concepções inadequadas, que evidenciavam confusão com outras ferramentas de ensino como exemplos e modelos. Um dos professores afirmou que analogias são como um casamento ou como a união de braços entre duas pessoas, e que são comparações usadas no estudo da ligação química por certos autores de ME, mas não definiu o conceito em causa. Os outros três professores definiram analogia como uma relação entre domínios diferentes, sem especificarem a relação dos estudantes com nenhum desses domínios.

Em estudos realizados por Treagust, Duit e Joslin (1992), com oito professores de ciências (química, biologia e biologia humana), sete de nacionalidade australiana e um de nacionalidade chinesa, e por Maharaj-Sharma e Sharma (2015), com seis professores de ciências de Trindade e Tobago (América do Sul), um dos entrevistados disse que uma analogia é uma comparação entre o domínio alvo e domínio análogo, mas os outros entrevistados afirmaram que as analogias são exemplos e são boas ferramentas para fazer comparações, não tendo explicitado que comparações nem entre o quê.

Refira-se que, nos estudos realizados por Farias e Bandeira (2009), com cinco professores de ciências, e por Farias, Godinho e Prochnow (2011), com 25 professores de ciências, todos de nacionalidade brasileira, os entrevistados, de uma forma geral, disseram que analogia é um termo que indica semelhanças, ou mesmo igualdade, entre duas entidades e que uma analogia é uma comparação entre factos e situações do dia-a-dia. Não foram explicitadas as características desses factos, nomeadamente no que respeita à familiaridade dos alunos com os mesmos. Na verdade, a ênfase parece ser posta no dia a dia, em vez de ser colocada na relação dos alunos com os factos e as situações comparadas.

Ainda com o propósito de estudar as concepções de professores sobre o conceito de analogia, um estudo realizado por Santana e Dias (2014), com oito professores de biologia de nacionalidade brasileira, mostrou que um dos professores definiu analogia como comparação do que se conhece com o que não se conhece ou como comparação entre os conteúdos mais complicados e o dia-a-dia. Embora esta resposta evidencie ideias pouco claras sobre o conceito em causa, outros professores disseram simplesmente que uma analogia é uma comparação, sem referirem que comparação está envolvida.

Oliva et al (2001) realizaram um estudo com 37 professores de ciências (química, biologia e física), de nacionalidade espanhola, tendo constatado que: alguns professores não conseguiram definir o conceito de analogia, recorrendo a exemplos de analogias que dizem usar na sala de aula como se fossem o conceito; outros professores afirmaram que as analogias são experiências, que as analogias são modelos ou que as analogias são artificios que o professor inventa para esclarecer ideias.

Em algumas investigações sobre as concepções de estudantes acerca do conceito de analogia (Orgill & Bodner, 2007; Harrisson & de Jong, 005) constatou-se que, também eles, apresentam dificuldades concetuais face a este conceito. Assim, uma investigação realizada por Orgill (2003) sugere que muitos estudantes de ciências de nacionalidade espanhola concebem as analogias como se fossem uma igualdade entre duas entidades, em vez de as interpretarem como sendo uma comparação entre duas entidades, ou parte delas, que apresentam semelhanças, mas que na realidade, são diferentes.

Um estudo realizado por Bozelli e Nardi (2007), com 30 estudantes universitários de física, de nacionalidade brasileira, sugeriu que os estudantes entrevistados tinham dificuldade em definir o conceito de analogia, o que é evidenciado pela inclusão, nas suas definições, das seguintes palavras, que são um sinal de insegurança: não sei exatamente; eu acho; e para mim é.

Contudo, um estudo realizado por Ramos, Mendonça e Mozzer (2019), com estudantes do 1º ano de um curso de química, mostrou que estes aprenderam facilmente sobre como se movimentavam os elétrões no modelo atômico de Thompson com base em analogias. Um outro estudo, realizado por Rahayu e Sutrisno (2019), avançou um pouco mais e mostrou que os 34 estudantes do grupo experimental, que aprenderam conceitos químicos com base em nove analogias, tiveram melhores resultados do que os 32 estudantes do grupo de controle que não usaram este recurso didático.

No entanto, apesar de os alunos e os professores evidenciarem concepções incompletas ou inadequadas sobre o conceito de analogia, algumas investigações sugerem que os estudantes, quando preparados para o uso correto de analogias, podem passar a usá-las de forma crítica e criativa (Treagust, 1993; Oliva et al, 2001; Orgill, Bussey & Bodner, 2015), pelo que é importante que se pense em preparar os estudantes para o uso desta ferramenta.

Como pode se notar pela análise de estudos realizados com professores de diferentes disciplinas, não existem grandes diferenças entre as suas concepções acerca do conceito de analogia. No entanto, apresentam diferentes perspetivas sobre o momento ou a ocasião em que as analogias devem ser usadas no ensino de ciências.

No que diz respeito a ocasiões em que as analogias devem ser usadas, 65 professores de física entrevistados no estudo desenvolvido por Maharaj-Sharma e Sharma (2017) e 140 professores de

ciências, de nacionalidades australiana, tailandesa, americana e turca, entrevistados por Akaygun et al (2018), afirmaram que as analogias devem ser usadas tendo em atenção: o contexto em que decorre a aula; a familiaridade dos estudantes com a analogia; e a capacidade que os estudantes possuem para fazer a devida transferência de atributos do domínio análogo ao domínio alvo.

Além da ocasião em que as analogias devem ser usadas, alguns estudos averiguaram a finalidade do uso de analogias. A este respeito, estudos realizados por Harrison e de Jong (2005), Orgill, Bussey e Bodner (2015), Jonãna (2015) e Maharaj-Sharma e Sharm (2017) sugerem que os professores entrevistados consideram que as analogias têm finalidades, tais como: facilitar a compreensão dos conhecimentos; ajudar na conexão entre os conceitos em estudo com algo que os estudantes já entendem; promover a aprendizagem dos conceitos abstratos e difíceis; envolver os estudantes na aprendizagem; ajudar os estudantes a superar equívocos; ajudar os estudantes na “visualização” de novos conceitos; fornecer uma explicação alternativa de um conceito quando os estudantes não compreenderam uma explicação mais direta; superar dificuldades dos estudantes; fazer com que conceitos difíceis sejam amigáveis para com os estudantes; desenvolver as capacidades de aprendizagem dos estudantes; e aumentar a atenção e interesse dos estudantes durante as aulas.

No entanto, apesar de quase todos os 13 professores entrevistados por Orgill, Bussey e Bodner (2015) acreditarem que o uso de analogias têm uma finalidade puramente pedagógica, um dos entrevistados mencionou a finalidade das analogias na investigação científica, ao afirmar que tinha a crença de que as analogias são frequentemente usadas nessa área para: fornecer uma melhor compreensão de um conceito que está em investigação; para visualizar um novo conceito; e para permitir a comunicação sobre um novo conceito em investigação.

Quando solicitados a indicar as potencialidades das analogias, os entrevistados no estudo realizado por Orgill, Bussey e Bodner (2015), de uma forma geral, não conheciam as potencialidades das analogias apesar de terem afirmado anteriormente que as usavam com a intenção de melhorar a compreensão de conceitos difíceis e abstratos. No entanto, para os autores do estudo o desconhecimento das potencialidades das analogias para o desenvolvimento de conhecimentos não surpreende, dado que os professores por si entrevistados não possuíam formação em matéria de uso das analogias.

No estudo realizado por Jonãna (2015), a maior parte dos professores de física (73% dos 35 entrevistados) que participaram no estudo afirmou que as analogias têm grandes potencialidades no ensino e aprendizagem, dado que os estudantes se lembram e repetem mais uma analogia, durante muito tempo, depois de esta ser usada no ensino de um dado conceito. Os participantes no referido estudo afirmaram que, quando as analogias são bem usadas, apresentam a potencialidade de

desenvolver uma aprendizagem mais rápida no aluno.

Ainda sobre as potencialidades das analogias, em alguns estudos (ex.: Ferraz & Terrazan, 2002; Mozzer & Justi, 2013), os entrevistados, em geral, disseram que elas têm a potencialidade de diminuir a abstração e de auxiliar na introdução de novos conteúdos e na compreensão de conceitos abstratos.

Num estudo realizado por Farias e Bandeira (2009), apenas um dos cinco professores mencionou que as analogias têm potencialidades por desenvolverem a imaginação e aumentarem a capacidade de abstração; quatro professores não conseguiram explicitar nenhuma potencialidade das analogias, afirmando, somente, que são boas para a aprendizagem de ciências.

Apesar de, segundo os professores de diversos países e níveis de ensino, as analogias apresentarem várias potencialidades, também há professores que atribuem algumas desvantagens ao seu uso. De facto, vários estudos (ex.: Harrison & de Jong, 2005; Orgill, Bussey & Bodner, 2015; Jonāna, 2015; Maharaj-Sharma & Sharm, 2017) mostraram que os professores entrevistados têm a concepção de que as analogias podem: distrair os estudantes; gastar tempo; não ser entendidas pelos estudantes, entre outros porque tem referências quotidianas diferentes; e levar a recordar o análogo, em vez do conceito a aprender. Os entrevistados acrescentaram que as analogias podem ser mal interpretadas, e que, se isso acontecer, o estudante pode considerar a analogia como sendo o que se pretende estudar e pensar que o alvo e o análogo são iguais.

Treagust et al (1989) afirmam que os professores com que trabalharam reconheceram que as desvantagens do uso de analogias decorriam do facto de: nunca existir uma semelhança completa entre o alvo e o análogo; em algumas analogias, os estudantes poderem ser tentados a transferir o comportamento humano para objetos ou partículas como eletrões (ex.: os eletrões correm em volta do núcleo); os professores e os cientistas já conhecerem em muitos casos o que pretendem ensinar e os estudantes não, o que coloca dificuldades na compreensão dos conceitos por parte dos estudantes.

Para além das desvantagens que, segundo os professores, podem existir no uso de analogias, alguns falaram também em possíveis riscos associado ao seu uso. Os professores que participaram nos estudos realizados por Harrison e de Jong (2005) e Maharaj-Sharma e Sharma (2017) afirmaram que, embora as analogias tenham a vantagem de motivar os estudantes para aprender e de suscitar debates, há o risco de, durante os debates, elas poderem criar uma falsa sensação ao professor de sucesso a respeito da explicação/compreensão dos conceitos científicos em estudo ou de as analogias novas, por não serem entendidas, pelos estudantes corretamente, poderem desviá-los do objetivo pretendido.

Nos casos em que os estudantes parecem estar familiarizados com a analogia apresentada, corre-se o risco de os estudantes considerar a analogia como se fosse o conceito que se pretende ensinar

o que pode criar equívocos na aprendizagem do conceito pretendido (Orgill, Bussey & Bodner, 2015).

No que diz respeito às ocasiões em que as analogias devem ser usadas, Orgill e Bodner (2007) e Harrison e de Jong (2005) constataram que os estudantes defendem que o professor deve apresentar uma analogia só quando os conceitos são difíceis, dado que quando o conceito é de fácil compreensão usá-las é um desperdício de tempo. Além disso, defenderam que quando devem ser usadas, seria bom que fossem usadas várias analogias, dado que isso poderia contribuir para um melhor entendimento dos conceitos. Além disso, num outro estudo, os estudantes afirmaram que, quando os professores utilizam analogias, é importante explicitarem as limitações destas (Avargil et al, 2015).

Os estudos revistos nesta secção evidenciam que os professores, de diferentes disciplinas e diferentes nacionalidades, têm conhecimentos parcialmente aceites e alinhados com o que os especialistas em educação em ciências defendem sobre as finalidades e potencialidades das analogias para o ensino e aprendizagem das ciências e que os alunos têm conhecimentos parciais sobre as funções do uso de analogias na aprendizagem das ciências.

2.4.2. Práticas e representações de práticas de utilização de analogias no ensino e na aprendizagem das ciências

Os professores de diferentes disciplinas de ciências usam analogias na sua prática docente e vários investigadores têm tentado descrever e compreender as práticas de utilização de analogias no ensino e na aprendizagem das ciências. Em alguns casos, são observadas aulas e, por isso, os investigadores têm acesso às práticas. Em outros casos, os investigadores optam por questionar os professores sobre as práticas que eles adotam e, assim, têm acesso às representações de práticas que podem coincidir mais ou menos com as práticas.

Vários foram os estudos (ex.: Glynn, 1991; Treagust, 1993; Thiele & Tragust, 1994b; Treagust, Harrison & Venville, 1998; Harrison & de Jong, 2005; Şendur, Toprak & Pekmez, 2011; Mozzer & Justi, 2013; Orgill, Bussey & Bodner, 2015; Santana et al, 2017) centrados no modo como os professores, efetivamente, usam as analogias nas aulas, ou seja, nas práticas observadas de utilização de analogias.

No estudo realizado por Harrison e de Jong (2005), com uma professora de química do 12º ano, na Holanda, verificou-se que a professora havia planificado usar cinco analogias e apresentar as respetivas limitações, mas ela não conseguiu cumprir com o que planificou, pois não usou todas as analogias que constavam na sua planificação e não apresentou as limitações das analogias que conseguiu usar, possivelmente por falta de preparação para o uso desta ferramenta. Durante a entrevista a professora confirmou que, frequentemente, usava analogias por que elas suscitavam discussões sobre o tema em estudo as quais permitem aos estudantes compreendê-lo melhor.

Por seu turno, Orgill, Bussey e Bodner (2015) observaram cinco professores de bioquímica, numa universidade de Chicago (EUA), para estudarem as suas práticas no que respeita ao uso de analogias. Estes investigadores chegaram à conclusão que alguns desses professores usaram analogias e, durante as entrevistas em que três deles aceitaram participar, apenas dois disseram que usavam analogias e afirmaram que faziam isso de uma forma espontânea. Apesar de, durante as entrevistas, os professores terem mencionado a necessidade de indicar as limitações das analogias, isso entra em contradição com as observações efetuadas, dado que, para as 110 analogias usadas pelos professores, houve explicitação de limitações somente para cinco delas. Além disso, os professores afirmaram que, quando usam analogias, têm necessidade de incluir imagens para reforçar as explicações verbais, mas isso raramente aconteceu durante as aulas observadas, pois a abordagem de cerca de 85% das analogias apresentadas não incluiu imagens. Os investigadores concluíram que, em muitos casos, as analogias integram a linguagem normal de comunicação dos professores, sem que estes tenham consciência do seu uso, o que faz com que esse uso não seja tão eficaz quanto poderia ser.

Já no estudo realizado por Maharaj-Sharma e Sharm (2015), os cinco professores de ciências, americanos, que foram observados, usaram analogias e afirmaram que decidiram usar analogias naquelas lições porque os conceitos eram abstratos e de difícil compreensão. Os investigadores constataram que os professores observados usaram, de facto, analogias, muitas das quais não estavam nos seus planos de aula, e tiveram dificuldades em indicar as limitações das mesmas, possivelmente por não as terem planificado. Segundo os professores, as analogias foram usadas para criar discussões entre os estudantes sobre os conceitos que estavam a tratar (ex.: eletricidade, homeostase e atividade enzimática) e que eles consideravam ser abstratos e de difícil compreensão.

Também Thiele e Treagust (1994a) constataram que, quatro professores de química, de nacionalidade australiana, usaram 17 analogias para ajudarem os estudantes a entender conceitos abstratos. Apesar de os professores terem planificado a utilização de, apenas, duas analogias, outras analogias foram usadas espontaneamente, para responder a dúvidas ou corrigir erros dos seus estudantes, ou quando os professores verificavam que os seus estudantes não tinham entendido a explicação inicial. Acresce que, apesar de serem 17 as analogias apresentadas pelos professores (duas das quais previstas na sua planificação), quase todos os professores usaram uma mesma analogia, existente num dos ME, australianos, na qual era comparada a subida de uma montanha com a variação da energia de ativação, sem que fosse apresentada uma explicação para auxiliar o entendimento da mesma. Os investigadores observaram, ainda, que a maior parte das analogias usadas era mais evidente para os professores do que para seus estudantes. No entanto, quando questionados sobre as razões que

os levaram a usar analogias nas aulas, os professores afirmaram que usaram analogias por saberem que os estudantes precisavam de uma explicação alternativa para entenderem melhor alguns conceitos difíceis.

Treagust, Duit e Joslin (1992), num estudo realizado com oito professores de ciências (física, química, biologia e biologia humana), sendo sete de nacionalidade australiana e uma de nacionalidade chinesa, depois de assistirem a 40 aulas, verificaram que foram utilizadas adequadamente, apenas, oito analogias. Em muitos casos os professores usaram exemplos em situações em que havia possibilidade de usarem analogias e, quando questionados sobre isso, afirmaram que não distinguiram analogias de exemplos, o que, na verdade foi observado durante as aulas. Entretanto, houve um uso correto de analogias em duas aulas, dado que, num dos casos, o professor indicou claramente a semelhança entre o conceito análogo e o conceito alvo e, no outro caso, o professor, além de explicitar claramente esses conceitos discutiu as limitações da analogia com os seus estudantes.

Nos estudos realizados por Orgill, Bussey e Bodner (2015), com três professores entrevistados de entre cinco observados, por Farias e Bandeira (2009), com cinco professores de ciências, e por Ferraz e Terrazzan (2002), com quatro professores de biologia, os investigadores constataram que os professores usaram analogias de uma forma espontânea e, em poucos casos, usaram as analogias que constavam na sua planificação. Para além disso, não explicitaram as limitações das analogias e, no primeiro estudo, os professores nem sempre incluíram imagens para auxiliar a explicação verbal. Os entrevistados afirmaram, respetivamente, que usaram analogias quando descobriram que os seus estudantes estavam tendo dificuldades em compreender alguns conceitos de bioquímica, que usaram analogias quando os conceitos se mostraram de compreensão difícil para os estudantes e que usaram analogias quando descobriram que os conceitos a ensinar eram difíceis e abstratos. Por fim, no estudo realizado por Harrison e de Jong (2005), a professora entrevistada disse que usou analogias quando descobriu que alguns estudantes não tinham entendido o conceito de equilíbrio químico.

De uma forma geral, nas aulas observadas, os professores usaram analogias, mas, em muitos casos, fizeram-no de uma forma inconsciente, espontânea e não planificada, sem terem consciência de que estavam a usar analogias ou confundindo estas com outros recursos didáticos. O uso não planificado das analogias reduz a sua eficácia e pode mesmo conduzir a resultados indesejáveis.

Para saber quais as práticas que os professores adotam no uso de analogias, e dadas as dificuldades (em termos de autorização e/ou tempo) que a observação de aulas impõe, vários trabalhos foram realizados no sentido de os investigadores terem acesso às representações de práticas referentes ao uso de analogias. Refira-se que vários estudos foram realizados com o objetivo de averiguar como os

professores de diferentes disciplinas do âmbito das ciências dizem usar as analogias nas suas aulas (ex.: Harrison & de Jong, 2005; Oliva, Azcárate & Navarrete, 2007; Jonāna, 2015; Maharaj-Sharma & Sharm, 2017). Essas descrições informam sobre o que os professores pensam que fazem, o que pode, ou não, coincidir com o que efetivamente fazem, na prática.

Os estudos realizados por Orgill, Bussey e Bodner (2015), com 13 professores de bioquímica americanos, e por Maharaj-Sharma e Sharm (2017), com 65 professores de física de Trindade e Tobago (América do Sul), indicam que os professores, quando solicitados a responder se usavam ou não analogias nas suas aulas, afirmaram que as usavam, tendo um grupo de professores acrescentado que as usava frequentemente, mas não de uma forma sistemática e, por essa razão, não planificava o uso das mesmas. Os professores entrevistados por Orgill, Bussey e Bodner (2015) afirmaram que as usavam espontaneamente e que a maioria das analogias que eles usavam na sala de aula eram por eles desenvolvidas durante as aulas em resposta às perguntas dos estudantes e/ou para esclarecerem dúvidas dos estudantes. Acrescentaram, ainda, que se elas proporcionassem bons resultados naquela aula passariam a usá-las nas aulas seguintes.

Akaygun et al (2018), num estudo que envolveu 140 professores de ciências de vários países, constataram que os professores afirmaram que usavam analogias para lecionar vários conteúdos, abstratos, de química, e que levavam em consideração o quotidiano dos alunos para escolherem as analogias a usar nas aulas.

Registe-se que, a maior parte dos entrevistados por Maharaj-Sharma e Sharm (2017), apesar de terem respondido que usavam analogias com frequência, reconheceram que tinham dificuldades em usá-las. Realmente, quando solicitados a apresentar as analogias que afirmavam usar, verificou-se que o que os professores diziam serem analogias eram exemplos, o que sugere que eles tinham dificuldades em diferenciar analogias de exemplos e, por conseguinte, não conhecem o conceito de analogia.

Com o mesmo propósito, outros estudos foram realizados por Jonāna (2015), com 35 professores de física, da Letónia, por Oliva, Azcárate e Navarrete (2007), com 73 professores de ciências e de áreas afins (ex.: oceanografia, farmácia, cirurgia veterinária e engenharia química), de nacionalidade espanhola, e por Farias e Godinho (2009), com cinco professores de ciências de nacionalidade brasileira. Praticamente todos os entrevistados envolvidos nestes estudos afirmaram que usavam analogias nas suas aulas. Nos dois últimos estudos, os professores afirmaram, também, que usavam analogias frequentemente e de forma espontânea e, por isso, de forma não planificada. Alguns dos entrevistados afirmaram que as usavam como recurso para solucionar problemas pontuais na aprendizagem dos estudantes ou para corrigir os erros que os estudantes cometiam durante a aprendizagem.

Quando solicitados a dizer como pensam que devem ser usadas as analogias, os professores de bioquímica, que participaram no estudo realizado por Orgill, Bussey e Bodner (2015), e de ciências, envolvidos no estudo realizado por Farias e Bandeira (2009), afirmaram que a explicação analógica e o recurso a imagens eram complementares. Afirmaram, durante as entrevistas, que o uso de analogias deveria ser acompanhado de explicações dessas analogias, ainda que estas sejam corretamente redigidas e organizadas, em diferentes passos, o que, na realidade, reconheceram não fazer.

No que diz respeito à origem das analogias que afirmaram usar, os professores entrevistados por Farias e Bandeira (2009) disseram que raramente retiravam analogias dos manuais, mas que, quando encontram analogias interessantes no ME, as usavam. Ainda sobre a origem das analogias que usavam, os participantes nos estudos realizado por Thiele e Treagust (1994a) e por Orgill, Bussey e Bodner (2015) afirmaram que as analogias que costumavam usar eram do seu repertório e que poucas vezes as retiravam dos ME e ou as pediam aos colegas. Nos mesmos estudos, os professores afirmaram que, devido às experiências que eles têm no ensino, usavam analogias por si produzidas, dado que alguns conceitos já eram por si reconhecidos como difíceis e, assim, já possuíam um repertório de analogias para a sua explicação.

Tal como os professores, também os estudantes possuem representações sobre o modo como usam ou como as analogias são usadas. Contudo, encontrámos apenas um estudo envolvendo alunos e centrado nas suas representações acerca do modo como eles próprios usam as analogias.

Assim, no estudo realizado por Orgill e Bodner (2007), com 43 estudantes universitários de bioquímica, os autores constataram que os estudantes afirmaram usar analogias com a finalidades de: compreenderem melhor conceitos difíceis que tinham que aprender; entenderem melhor uma explicação inicial, incompleta de um conceito; verificar se realmente entenderam as explicações dos professores; organizar os seus pensamentos sobre um dado conceito; visualizar e recordar conceitos em estudo. Contudo, os estudantes afirmaram que nem sempre as analogias que usavam eram consistentes com os propósitos dos seus professores, o que constituía uma dificuldade acrescida para eles.

Da revisão de estudos sobre práticas e representações de práticas referentes ao uso de analogias no ensino e na aprendizagem das ciências, concluiu-se que os professores de ciências usam analogias, mas, em muitos casos, esse uso é espontâneo e, por isso, não planificado, ou até mesmo inconsciente, o que o torna muito menos eficaz do que poderia ser se fosse intencionalmente planificado. A não existência dessa planificação pode por em causa os objetivos que, como se mostrou na secção anterior, os próprios professores pensam que poderão ser alcançados com as analogias que usam nas suas aulas.

2.5. As analogias nos cursos de formação inicial de professores de ciências

Atualmente, parece ser consensual entre os responsáveis pela política educativa e curricular que um dos objetivos a alcançar pelos formadores de professores deve ser a formação de professores críticos e reflexivos e capazes de ensinar usando adequadamente os recursos existentes no meio onde estão inseridos (Augusta & Amaral, 2015). Uma das áreas disciplinares em que os professores devem demonstrar essas competências é a área das ciências, pois, como a investigação (Orgill, Bussey & Bodner, 2015) tem mostrado, é pertinente usar e tirar partido dos conhecimentos do dia a dia que o estudante possui para lhe ensinar os conhecimentos científicos que está previsto serem abordados na escola (Augusta & Amaral, 2015).

Um dos recursos didáticos que tem sido considerado como capaz de estabelecer uma ponte entre o conhecimento escolar e o conhecimento do dia a dia dos estudantes são as analogias. Contudo, e dado que, como explicámos na secção 1.2.3, as analogias são uma faca de dois gumes, para que elas sejam usadas com eficácia, os professores precisam de ser preparados, durante a sua formação inicial e/ou no âmbito da sua formação contínua, em metodologias específicas que visem a valorização pedagógica desse recurso didático.

Foram realizados alguns estudos com o objetivo de averiguar as conceções de futuros professores de ciências sobre o uso de analogias (ex.: Bozelli & Nardi, 2006; Unlu, 2010; Freitas, 2011; Freitas & Lima, 2014), o modo como produzem as suas próprias analogias (ex.: Jarman, 1996; Kiray, 2019) e o efeito da formação facultada sobre a temática das analogias durante a formação inicial de professores de ciências sobre as conceções e as práticas destes (ex.: Freitas, 2011; Silva, Souza & Silva, 2013; Rigolon, 2008; Rodriguez & Towns 2019).

No que respeita a estudos centrados nas conceções de futuros professores de ciências sobre analogias e o seu uso de analogias, estudos realizados com o objetivo de averiguar as conceções de futuros professores de ciências sobre o uso de analogias (ex.: Bozelli & Nardi, 2006; Unlu, 2010; Freitas, 2011; Freitas & Lima, 2014) sugerem que, de uma forma geral, os participantes no estudo tinham dificuldades de definir o conceito de analogia, confundindo analogia com exemplo.

Um outro estudo, realizado por Derman, Koçak e Eilks (2019), com 141 futuros professores divididos em dois grupos, pretendeu averiguar o tipo de analogias sobre o átomo que usariam nas futuras práticas letivas. Um grupo (com 73 futuros professores), que foi solicitado a explicitar as suas representações sobre a estrutura do átomo, apresentou modelos baseados em analogias clássicas e históricas, não tendo surgido nenhuma analogia relacionada com a mecânica quântica. O outro grupo (com 68 futuros professores) foi convidado a indicar quais as analogias sobre os modelos atômicos

inseridas nos ME que preferiam. Os autores verificaram que os membros deste grupo preferiam analogias clássicas, que envolviam desenhos (como, por exemplo, a analogia da bola, no centro de um campo de futebol, com o núcleo no átomo). A não referência a analogias relacionadas com modelos atômicos mais recentes, em nenhum dos dois grupos, sugere, segundo os autores do estudo, que os futuros professores envolvidos na investigação precisam de fazer uma atualização sobre as analogias que podem ser usadas nas aulas, nomeadamente, ser ensinados a selecionar ou criar analogias que envolvam os modelos atômicos recentes.

No que concerne à produção de analogias na formação inicial de professores, num estudo recente, realizado por Kiray (2019), 142 futuros professores de ciências foram solicitados a produzir diferentes analogias para o átomo segundo Thomson e analogias para os modelos atômicos de Bohr e de Rutherford. Os participantes no estudo conseguiram produzir analogias para modelo atômico de Bohr e tiveram dificuldades em produzir analogias para outros dois modelos atômicos, o que, segundo o autor do estudo em causa, sugere que os futuros professores precisam de ser ensinados a produzir analogias para os diferentes modelos atômicos. Note-se que Jarman (1996) havia já considerado ser necessário dar aos professores a possibilidade de produzirem as suas próprias analogias e de as aperfeiçoarem no âmbito de discussões a realizar entre colegas, sob a orientação de um especialista no assunto, para que possam desenvolver competências de produção análise crítica de analogias.

No que concerne ao efeito da formação em analogias sobre as conceções ou as práticas de futuros professores de ciências, foram realizados estudos por Freitas e Lima (2014), com 25 futuros professores de química, e por Freitas (2011), com 10 futuros professores de química, de nacionalidade brasileira, com o objetivo de averiguar os resultados da formação dos futuros professores sobre as potencialidades e as limitações associadas ao uso de analogias. Depois da formação, verificou-se que os futuros professores, que antes tinham apresentado dificuldades em apontar as potencialidades e as limitações de analogias sobre o equilíbrio químico, passaram a ter menos dificuldades. Para os autores do estudo, este resultado sugere que a formação inicial de professores deve abordar as potencialidades e as limitações do uso de analogias para o ensino de química.

Outros estudos, realizados no Brasil, por Rigolon (2008), com 12 futuros professores de biologia, e por Rigolon (2016), com duas turmas de futuros professores de biologia e uma turma de futuros professores de física, visaram averiguar o efeito de um minicurso nos conhecimentos desses formandos, futuros professores, sobre analogias. Em qualquer um dos dois estudos, os participantes foram divididos em dois grupos, um grupo experimental, que recebeu formação para o ensino com base em analogias, e um grupo de controle, que não recebeu qualquer formação sobre esse assunto. Aquele autor concluiu

que os formandos dos grupos experimentais passaram a diferenciar analogias de exemplos ou metáforas e a usar as analogias de uma forma adequada. Segundo o mesmo autor, estes resultados sugerem que é possível e que vale a pena investir na formação inicial de professores para o uso de analogias.

Ainda no contexto da formação para o uso de analogias realizada no âmbito da formação inicial de professores, James e Scharmann (2007) realizaram um estudo com 45 futuros professores de física, de nacionalidade americana, que demonstravam pouca capacidade de usar analogias, e estudaram o efeito de uma formação sobre essas capacidades. O grupo de formandos que recebeu formação para o uso de analogias: começou a ter uma capacidade de usar analogias com mais frequência nas suas práticas letivas; passou a fazer uma reflexão crítica sobre as analogias usadas e a planificar o seu uso. Estas competências não foram observadas no grupo de controle, o que pode ser um sinal de que é fundamental, durante a formação inicial, abordar a questão do uso de analogias.

Também Silva, Souza & Silva (2013), num estudo que realizaram com 14 futuros professores de química, estudaram o efeito de uma formação extracurricular, concentrada, que visava ensinar a usar analogias, assunto que não estava presente nas disciplinas curriculares. A formação incluiu uma componente teórica, sobre analogias e seu papel didático, e uma componente prática, que consistiu na discussão dos problemas existentes em analogias inseridas nos ME. Os investigadores constataram que, inicialmente, os formandos apresentavam dificuldades relacionadas com o papel das analogias no ensino das ciências e na análise crítica das analogias inseridas nos ME. Contudo, essas dificuldades foram sendo parcialmente superadas durante a formação. Segundo os autores, essas dificuldades poderiam ser melhor minimizadas se a temática em causa fosse tratada ao longo da formação inicial, dado que haveria mais possibilidades de os formandos aprenderem detalhadamente sobre como analisar e usar corretamente esse recurso didático nas aulas.

Com base nos resultados obtidos com os estudos anteriormente referidos (ex.: Jarman, 1996; Freiras, 2011; Rigolon, 2008; Silva, Souza & Silva, 2013; Rigolon, 2016; Kiray, 2019), os respetivos autores recomendam: que se criem condições, durante a formação inicial de professores, para elaboração e apresentação de analogias e para posterior discussão das mesmas pelos formandos. Esta medida pode permitir: um uso mais consciente desta ferramenta no ensino das ciências; formar os futuros professores para solicitarem e discutirem analogias com os seus estudantes; consciencializar os futuros professores das limitações das analogias; consciencializar os formadores de professores da necessidade de integrarem uma componente teórica e uma componente prática na formação dos futuros professores, nomeadamente no que concerne a analogias; promover o desenvolvimento da capacidade de analisar e criticar analogias incluídas em materiais didáticos ou produzidas nas aulas.

Assim, os cursos de formação inicial de professores de ciências devem incluir a problemática do uso de analogias, permitindo a esses futuros professores aprofundar conceitos e participar em atividades onde possam criar, analisar e discutir analogias, reformular as mesmas, planificar o seu uso, de uma forma teoricamente fundamentada, e avaliar o efeito da utilização planificada de analogias em contexto real de sala de aula.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

3.1. Introdução

Este terceiro capítulo tem a finalidade de apresentar a metodologia usada na investigação. Depois desta introdução (3.1), que apresenta a estrutura do capítulo, inclui-se uma síntese da investigação (3.2) onde se apresentam sumariamente os diversos estudos que a compõem e a relação destes com os objetivos de investigação. De seguida, são apresentados três subcapítulos, cada um deles centrado num dos estudos realizados: estudo com professores de química sobre a utilização de analogias em aulas de química geral (3.3); estudo envolvendo professores de didática de química, sobre a formação facultada a futuros professores para o uso de analogias (3.4); estudo sobre a preparação de futuros professores para, no futuro, usarem analogias nas aulas de química, nas escolas secundárias (3.5). O subcapítulo relativo a cada um dos estudos inclui as seguintes secções: população e amostra, técnica e instrumento de recolha de dados, procedimentos de recolha de dados e procedimentos de tratamento de dados.

3.2. Síntese da investigação

Esta investigação inclui três estudos, complementares, necessários para alcançar o objetivo geral da investigação, a saber: avaliar a formação de futuros professores de química, de universidades moçambicanas, para o uso didático de analogias sobre o átomo e estrutura atómica. Cada um dos estudos permitiu alcançar um, ou mais de um, dos objetivos específicos, de investigação que concretizam o respetivo objetivo geral e que foram apresentados no capítulo 1.

Na tabela 1 apresenta-se, de forma sintética, a estrutura da investigação. A investigação tem, assim, um desenho complexo, sendo que cada um dos estudos que a compõem tem natureza e desenho diferente dos outros.

A consecução dos objetivos do estudo 1 exigia observação de aulas de química geral, pois só assim se poderia saber o que efetivamente acontece nas mesmas. Contudo, para perceber por que razão acontece o que foi observado, foi, também, preciso entrevistar os professores cujas aulas foram observadas. Assim, este estudo adotou uma abordagem qualitativa e interpretativa (Bogdan & Biklen, 2013; Lüdke & André, 2008), que visava compreender o ponto de vista dos professores participantes no estudo, sobre o uso de analogias em química e no ensino da química. Aproximou-se de um estudo de caso, com dois casos, em que foram estudados dois professores de química geral. Consideramos que foi apenas uma aproximação a um estudo de caso uma vez que, na verdade, os dois professores em

causa não possuíam características distintivas, de modo a poderem ser considerados casos de estudo, no sentido que Gómez, Flores e Jiménez (1996) atribuem ao conceito de caso.

Tabela 1 - Estrutura geral da investigação

Estudo	Designação	Objetivos de investigação	Participantes Razão de inclusão na investigação
1	Utilização de analogias em aulas de química geral	Averiguar as analogias sobre o átomo e estrutura atômica que os professores de química geral utilizavam nas suas aulas; Caraterizar as analogias, em geral, e sobre o átomo e estrutura atômica, em particular, que os mesmos professores diziam utilizar nas aulas da disciplina de química geral, da licenciatura em ensino de química; Compreender o modo como os professores em causa usavam as analogias.	Professores de química geral As suas práticas podem influenciar as práticas futuras dos seus alunos
2	Formação facultada aos futuros professores para o uso de analogias	Averiguar o modo como os professores de didática da química diziam lidar com a temática de analogias nas suas aulas.	Professores de didática de química Devem preparar os estudantes para usarem analogias
3	Preparação de futuros professores para usarem analogias nas aulas de química	Averiguar em que medida os estudantes finalistas da (LEQ) são capazes de avaliar as potencialidades e as limitações de analogias, em geral, e das analogias sobre o átomo incluídas em ME de química do ESG, em particular.	Estudantes finalistas da licenciatura em ensino de química Devem ser capazes de avaliar a qualidade e as potencialidades e limitações das analogias

O segundo estudo visava averiguar o que professores de didática de química diziam fazer nas suas aulas relativamente à temática das analogias. Estabeleceu-se como meta o estudo das representações destes professores, uma vez que era impossível observar aulas (que informariam sobre as práticas e o que efetivamente é feito) sobre a temática das analogias, dado que as analogias podem ser usadas e trabalhadas ao longo do semestre, em diversos temas e que, sendo o projeto de doutoramento um projeto de investigação individual, não era possível ao investigador observar todas as aulas de didática. Por essa razão, este estudo adotou, também, uma abordagem qualitativa e interpretativa e centrou-se nas conceções e representações de práticas dos professores de didática das universidades envolvidas no estudo, tentando compreendê-las, do ponto de vista dos participantes. Dessa forma, aproxima-se de um estudo fenomenológico, tal como o definem Bogdan e Biklen (2013) e Gómez, Flores e Jiménez (1996).

O terceiro estudo, ao centrar-se em estudantes finalistas, visava permitir uma espécie de

triangulação de dados e obter alguma informação sobre os efeitos do que acontece nas aulas de química geral e nas aulas de didática de química nos seus destinatários – os estudantes da licenciatura em ensino de química, que se encontravam na fase final do curso, prestes a irem lecionar química, numa escola, como professores profissionalizados. Neste estudo, adotou-se uma abordagem qualitativa, em que se pretendia averiguar as diversas conceções e opiniões perfilhadas pelo grupo de estudantes que se pretendia estudar e, por isso, o desenho do estudo aproxima-se do que McMillan e Schumacher (2014) designam por estudo descritivo.

Assim, no seu conjunto, os três estudos informam sobre práticas de uso de analogias para ensino de química a que os estudantes são submetidos (estudo 1), formação que lhes é facultada com vista ao uso de analogias para ensino de química (estudo 2) e efeitos disso na sua formação (estudo 3). Deste modo, o conjunto dos três estudos informa sobre a adequação da formação facultada aos futuros professores de química, de universidades moçambicanas, para o uso didático de analogias sobre o átomo e a estrutura atómica, nas suas práticas letivas no ESG.

3.3. Estudo 1: Utilização de analogias em aulas de química geral

3.3.1. População e amostra

Os objetivos de investigação que se pretendem alcançar com o estudo 1 visavam os professores de química geral, disciplina lecionada no primeiro ano do curso de licenciatura em ensino de química de universidades moçambicanas que se dedicavam à formação inicial de professores de química, em 2017.

Segundo alguns autores (McMillan & Schumacher, 2014; Gall, Gall & Borg, 2007), a população de uma investigação é um grupo de indivíduos que apresentam características semelhantes e que se pretende estudar. Para os mesmos autores, uma amostra é uma parte da população que pode ser usada para uma investigação, que pode ser escolhida com diferentes finalidades e constituída através de processos de amostragem, consoante se trate de investigação quantitativa ou de investigação qualitativa.

Dado o estudo estar centrado em uma disciplina específica, a população era relativamente reduzida, pois o número de professores de química que obedecia à característica de lecionar química geral não ultrapassava as duas dezenas, na medida em que em algumas universidades havia apenas um docente da disciplina em causa. Acresce que, em alguns casos, os docentes eram apenas licenciados, habilitação que não se considerava adequada para um responsável de disciplina. Estas condições poderiam tornar possível trabalhar com toda a população. Contudo, como se pretendia compreender, em profundidade, o que os professores faziam e por que o faziam dessa forma, foi preciso

selecionar dois dos professores que constituíam a população para participarem neste estudo.

Optou-se por selecionar uma amostra de conveniência (McMillan & Schumacher, 2014; Gall, Gall & Borg, 2007), que respeitasse as exigências consideradas importantes para a consecução dos objetivos do estudo. Essas exigências dizem respeito à lecionação do conceito de átomo e estrutura atômica, ao grau académico mais elevado dos docentes (pelo menos mestrado), à distância entre as duas universidades e destas ao local de residência e trabalho do investigador. A proximidade geográfica aliada à condição de os docentes terem pelo menos o grau de mestre fez com que a escolha recaísse sobre as universidades C e D, nas quais existia um docente com o grau de doutor e um docente com o grau de mestre em química, os quais lecionavam a disciplina em questão.

A escolha na base de proximidade geográfica facilitou a deslocação do investigador, sem muitos custos, e permitiu recolher dados em dois contextos diferentes, no que respeita a recursos para ensino de química geral, pois as duas universidades eram bastante diferentes quanto a estes aspetos. Na verdade, a universidade C tinha mais recursos laboratoriais do que a universidade D, o que pode ter alguma influência no uso de analogias, pois quanto menos recursos laboratoriais o professor tiver mais ele tem que recorrer a outros recursos.

Na tabela 2 apresentam-se as características pessoais e profissionais dos professores que participaram no estudo 1, algumas das quais recolhidas durante a entrevista.

Tabela 2 - Características dos professores que participaram no estudo 1

Variáveis	Professores	
	PA	PB
Sexo	Masculino	Masculino
Grau académico	Mestre	Doutor
Idades (anos)	36	55
Tempo de serviço (anos)	9	22

Constata-se que, apesar de serem do mesmo sexo, diferem no que respeita a idade, tempo de serviço e grau académico, sendo o mais idoso o que tinha mais anos de experiência e o que era academicamente mais qualificado. Note-se que, em Moçambique, há ainda mais homens do que mulheres a lecionar nas universidades, e que são ainda escassos os docentes universitários habilitados com o grau de doutor. Acresce que era habitual as pessoas exercerem outras atividades antes de iniciarem a docência, o que explica o desfasamento, superior a 30 anos, entre idade e tempo de serviço de um dos participantes no estudo.

3.3.2. Técnicas e instrumentos de recolha de dados

A fim de que os dados recolhidos sejam adequados para a consecução dos objetivos de um dado estudo é necessário que a escolha da técnica a utilizar para esse efeito seja criteriosa. Na investigação em educação, as técnicas mais usadas para recolha de dados são a observação e o inquérito, por questionário ou por entrevista (McMillan & Schumacher, 2014).

Atendendo a que um dos objetivos do primeiro estudo exigia averiguar as analogias sobre o átomo e a estrutura atômica que professores de química geral utilizavam nas suas aulas, a observação foi a técnica que se escolheu para esse fim. Note-se que, como tendo em consideração McMillan e Schumacher (2014), essa técnica é a que melhor permite recolher dados sobre o que os professores realmente fazem.

A observação apresenta vantagens sobre outras técnicas por permitir ao investigador, através da observação, ter acesso ao comportamento do sujeito investigado, no momento em que esse comportamento ocorre (McMillan & Schumacher, 2014). Contudo, esta técnica pode apresentar desvantagens pelo facto de exigir a presença do investigador no contexto em que decorre o fenómeno observado, o que faz com que os dados recolhidos possam não corresponder totalmente à realidade, pois a presença do investigador provoca alteração do comportamento do sujeito observado. No entanto, essa técnica foi usada tendo em conta que o número de professores envolvidos no estudo era muito reduzido e que, apesar de ser uma técnica que requer muito tempo, era a única viável para averiguar as analogias que os professores de química geral usavam nas aulas sobre o tema em causa.

Segundo alguns autores (Ludke & André, 2008), para que a observação se conduza a informação válida é preciso que seja planificada e o mais objetiva possível. Isso implica a existência de uma planificação cuidadosa dos dados a recolher e do modo como devem ser recolhidos durante a observação e uma preparação do observador para efetuar a observação em causa. Os dados podem ser registados pelo observador que faz observação direta ou podem ser retirados de um registo áudio ou vídeo efetuado para posterior análise. Em qualquer dos casos, para tornar a observação mais objetiva e sistemática, esta pode ser apoiada por uma grelha de observação que identifique os aspetos a observar e, eventualmente, os registos a efetuar ou por um ou mais conjuntos de categorias de análise que permitam extrair dados dos registos e sistematizar a informação relevante.

Atendendo ao objetivo a alcançar com a observação de aulas, foram identificados como aspetos relevantes a considerar na observação os seguintes: o tipo de analogias que os professores usaram; o conteúdo de incidência da analogia; analogias usadas pelos professores para ensinarem sobre o átomo e a estrutura atômica; a frequência e a espontaneidade do uso das analogias pelos professores; pontos

fortes e fracos das analogias usadas.

Para atingir o segundo e o terceiro objetivos do estudo, a técnica selecionada para recolher dados foi o inquérito por entrevista. Uma entrevista consiste numa conversa intencional e face-a-face entre duas ou mais pessoas onde o investigador coloca questões ao entrevistado de uma forma oral (Gómez, Flores & Jiménez, 1996), e as respostas deste são registados pelo investigador, manualmente com recurso a tecnologia áudio ou vídeo. Esta técnica usa como instrumento de recolha de dados um guião, roteiro ou protocolo que serve de apoio ao entrevistador na condução da entrevista.

Uma entrevista pode ser de diversos tipos, consoante a definição prévia, ou não, das questões a colocar pelo entrevistador, geralmente o investigador, ao entrevistado (Gómez, Flores & Jiménez, 1996). Assim, uma entrevista estruturada ou dirigida, é apoiada por um roteiro do qual constam todas as questões a colocar durante a entrevista, o que não permite aprofundar assuntos ou esclarecer dúvidas durante a entrevista. Uma entrevista semiestruturada ou semi-dirigida é apoiada por um guião que contém um conjunto de questões centrais, previamente definidas e destinadas a todos os entrevistados, que é complementado com outras questões, em função das respostas iniciais do entrevistado, que visam o aprofundamento ou o esclarecimento destas. Finalmente, em uma entrevista livre, o entrevistado fala livremente sobre um tema que lhe é dado (Saele et al, 2007), sem que haja questões predefinidas, podendo acontecer que uns entrevistados falem de uns aspetos e outros falem de outros ou que se afastem do foco de interesse do entrevistado.

Pelo que acaba de ser exposto e tendo em consideração os objetivos a alcançar com esta parte do estudo, optou-se por uma entrevista semiestruturada. Esse tipo de entrevista foi considerado o mais adequado por permitir recolher, de modo profundo, dados não observáveis, concretamente sobre as conceções e as representações de práticas dos professores selecionados para o estudo, sobre o uso de analogias, em geral, e para ensinar sobre átomo e estrutura atómica em particular.

Selecionada a técnica de recolha de dados, foi necessário identificar ou elaborar o guião da entrevista. Para tal, procuraram-se investigações com objetivos semelhantes aos deste estudo para tentar encontrar instrumentos de recolha de dados que servissem de ponto de partida para a construção do guião de entrevista. Este devia incluir, para além das características pessoais e profissionais dos professores, as seguintes dimensões: conceções dos professores sobre analogias; formação dos professores para o uso de analogias; representações de práticas e práticas dos professores sobre o uso de analogias; perspetivas sobre o uso de analogias nas futuras práticas letivas dos professores.

Foram encontrados alguns instrumentos do género do que se pretendia, designadamente os usados por Tavares (2012) e Morgado (2013), que incidiam em assuntos diferentes dos aqui

considerados, e por Oliveira (2013), que incidia em analogias, mas que tinha objetivos diferentes dos que se pretendia. Assim, não foi possível aproveitar partes desses, para além das que dizem respeito a dados pessoais e profissionais dos entrevistados. Neste contexto, foi necessário elaborar a matriz da entrevista a aplicar aos professores de química geral, definindo objetivos específicos a alcançar para cada dimensão e sub-dimensão (tabela 3). De seguida foi necessário formular questões a utilizar para recolher informação que permitisse alcançar cada um desses objetivos (as quais constituem o guião da entrevista) e completar provisoriamente a respetiva matriz.

Tabela 3 - Matriz da entrevista realizada a professores de química geral

Dimensão	Sub-dimensões	Objetivos	Questão
Parte I - Caraterísticas dos professores	Caraterísticas pessoais	Caracterizar pessoalmente os professores	1, 2
	Caraterísticas profissionais	Caraterizar profissionalmente os professores	3, 4
Parte II - Conceções dos professores sobre analogias	Conceções que os professores têm sobre analogias	Identificar as conceções dos professores sobre o conceito de analogias	5
		Identificar as caraterísticas que os professores atribuem a uma boa analogia	6
		Identificar as caraterísticas que os professores atribuem a uma boa analogia em química	7
	Conceções sobre a relação entre analogias, metáforas e modelos	Averiguar a relação que os professores estabelecem entre analogias, metáforas, modelos.	8
		Comparar a utilidade relativa que os professores atribuem a analogias, metáforas e modelos em química	9, 9.1
	Conceções sobre as potencialidades e limitações das analogias enquanto recurso didático	Apurar as potencialidades que os professores reconhecem no uso de analogias: - em investigação em química - em ensino da química	10
			11
		Apurar as limitações que os professores conhecem no uso de analogias: - em investigação em química - em ensino da química	12
			13
		Caraterizar os conhecimentos que os professores têm sobre os riscos associados ao uso de analogias: - em investigação - em ensino da química	14 15

Para que a recolha de dados tenha a qualidade desejada, os instrumentos de recolha de dados devem ser validados (pelo menos ao nível da validade de conteúdo) por especialistas que estejam familiarizados com o assunto em investigação (McMillan & Schumacher, 2014). No caso vertente a análise e validação do guião de entrevista foi feita por três especialistas em educação em ciências que

foram solicitados a verificar a pertinência e validade das dimensões, e sub-dimensões, bem como dos objetivos específicos a elas associados e ainda das questões formuladas para recolher informação que permita alcançar cada um desses objetivos. Os especialistas sugeriram pequenas alterações relacionadas com a formulação dos objetivos (ex.: de “Caracterizar os professores” para “Caraterizar pessoalmente os professores”) e com a relação destes com as questões (ex.: a questão associada ao objetivo “Identificar as caraterísticas que os professores atribuem a uma boa analogia” era: “O que é, em sua opinião, uma boa analogia?”; por sugestão dos especialistas, acrescentou-se “Que caraterísticas deve ter?”). Depois de introduzir as alterações sugeridas, o instrumento foi de novo submetido aos referidos especialistas. Dado que não foram identificados problemas, este foi considerado pronto para ser testado com sujeitos semelhantes aos participantes no estudo, a fim de avaliar a adequação das questões aos respondentes. O guião foi, então, testado, pelo investigador, com dois professores, não pertencentes à amostra, com o objetivo de averiguar se eles entendiam as questões. Este teste serviu, também, para treino do investigador, de modo a que interiorizasse a forma mais adequada de conduzir a entrevista e a permitir que as respostas dadas pelos entrevistados fossem devidamente exploradas, aumentando, assim, a possibilidade de obter informações mais fiáveis e profundas. Durante esse processo de testagem e treino, detetou-se apenas a necessidade de trocar a palavra ‘averiguar’ pela palavra ‘apurar’, pois os entrevistados não estavam familiarizados com aquela. Feita esta substituição, o guião foi considerado pronto para ser utilizado na recolha de dados. Assim, a matriz final da entrevista a realizar aos professores de química geral encontra-se na tabela 3 e o respetivo guião usado para recolha de dados, encontra-se no Anexo 1.

3.3.3. Procedimentos de recolha de dados

A recolha de dados necessários para atingir os três objetivos definidos no capítulo I e que devem ser alcançados com o presente estudo foi efetuada através de observação de aulas de dois professores química geral e de uma entrevista semiestruturada, realizada a esses mesmos professores, em parte (julho e agosto) do 2º semestre de 2017, nas universidades C e D.

A entrevista visava compreender o modo como os professores lidavam com as analogias nas aulas observadas, tendo em consideração o que pensavam delas e do seu uso. Por isso, a entrevista foi realizada após a observação das aulas. Tanto a observação de aulas como a entrevista foram realizadas pelo investigador.

A fim de permitir o acesso posterior às palavras usadas para expressão ou explicar analogias, com autorização dos professores, as aulas foram gravadas em áudio. Como a gravação em áudio é

menos intrusiva (comparativamente com a gravação em vídeo), não perturbava o normal decurso das aulas e permitia o registo do discurso para posterior análise das analogias usadas. De outra forma, poderia perder-se informação relevante. Para que estudantes e professores se habituassem à presença do investigador, observaram-se três aulas antes do início da lecionação do tema em causa nesta tese. Durante as aulas, o investigador realizava o registo áudio e tomava notas de aspetos relevantes como, por exemplo, esquemas sobre o átomo desenhados no quadro, os quais poderiam ser úteis aquando da análise dos dados, ajudando a compreendê-los melhor.

No caso da entrevista, para permitir que os professores se sentissem confortáveis, a entrevista foi realizada na universidade onde cada professor trabalhava, num lugar silencioso por eles sugerido para a realização da mesma. Para evitar constrangimentos ao entrevistado no local da entrevista só estavam o investigador e o entrevistado, como recomendam alguns autores que tratam da investigação em educação (ex.: McMillan & Schumacher, 2014).

As entrevistas foram registadas em áudio, para facilitar o registo da informação, pois o investigador precisava estar concentrado na condução da entrevista, o que lhe limitava a capacidade de tomar notas. Acresce que a referida gravação permite o acesso às respostas originais, na fase de análise de dados, o que aumenta a qualidade destes (Gómez, Flores & Jiménez, 1996, Schreiber & Asner-Self 2011; Patton 2002). A gravação permite ainda que a entrevista decorra fluidamente, sem necessidade de paragem para tomada de notas, e que pessoas devidamente autorizadas, como é o caso das orientadoras, possam ouvir o conteúdo da entrevista e colaborar na análise de dados (Gómez, Flores & Jiménez, 1996). No entanto, sabe-se que a presença do gravador pode perturbar o entrevistado, que pode ter receio de falar, nomeadamente quando não está muito seguro da resposta a dar ou do modo como ela vai ser aceite. Assim, procurou-se esclarecer os entrevistados sobre o objetivo do uso do gravador e ligou-se este antes de começar a entrevista propriamente dita, a fim de reduzir a eventual perturbação.

Para evitar criar desconforto no entrevistado e para não influenciar as suas respostas, foram seguidas recomendações de McMillan e Schumacher (2014), tais como evitar interromper o entrevistado e induzir respostas, bem como manifestar, verbal ou gestualmente, opinião sobre as mesmas. A duração das entrevistas oscilou entre 51 e 65 minutos.

3.3.4. Procedimentos de tratamento de dados

O tratamento de dados, efetuado tendo em conta os objetivos do estudo, teve em consideração ao facto de os dados serem verbais e obtidos de dois professores. Para tentar reduzir a subjetividade da

análise associada ao tratamento de dados verbais, criaram-se conjuntos de categorias de análise a utilizar na análise de resposta a uma pergunta ou a um pequeno conjunto de perguntas. Segundo Bogdan e Biklen (2013), a criação de categorias de análise reduz a possibilidade de a interpretação pelo investigador distorcer as respostas apresentadas pelos entrevistados.

Na verdade, foram criados dois tipos de conjuntos de categorias de análise. O primeiro, a utilizar com questões de índole concetual, teve em conta que as respostas deveriam estar de acordo com o conhecimento científico da área em estudo. Assim, este conjunto de categorias, baseados em estudo previamente realizados (ex.: Afonso, 1999), incluía as seguintes categorias: resposta concetual correta, resposta incompleta e resposta contendo conceções alternativas. No entanto, foi-lhes associada uma outra categoria que emergiu em algumas respostas: resposta operacional. Em vez de se centrar no que uma analogia é, este tipo de resposta centra-se na utilidade ou função analogia. O segundo tipo de conjuntos de categorias, usado para análise de respostas a questões centradas nas opiniões dos entrevistados, foi criado *a posteriori*, com base nas respostas dadas pelos professores, para cada questão ou conjunto de questões.

Para análise das analogias apresentadas nas aulas observadas, e seguindo Ferry (2016) e Ferry e Paula (2017), foi efetuado o mapeamento de cada analogia e comparada a analogia usada com este mapeamento, de modo a poder apreciar as analogias observadas.

Os textos das partes das observações que continham analogias, bem como os das entrevistas, foram transcritos e analisados, com base em conjuntos de categorias que, em parte, foram usadas por outros autores, em outros trabalhos similares. No Anexo 2 apresenta-se, a título de exemplo, a transcrição de uma entrevista.

O processo de análise, baseado em análise de conteúdo (Bardin, 2007), foi efetuado de modo a que se dispusesse de dados comparativos das práticas dos dois professores, no que respeita a analogias. As comparações efetuadas, apoiadas por categorias de análise, incidem em: analogias utilizadas pelos dois professores de química observados nas aulas de química geral, de duas universidades; incidência das analogias; tipos de analogias usadas para lecionar o conceito de átomo e estrutura atómica; pontos fortes e pontos fracos das analogias usadas. Os conjuntos de categorias utilizados serão apresentados no capítulo seguinte, à medida que forem sendo necessários.

Para ilustrar a análise efetuada e a interpretação realizada, no texto, sempre que houver necessidade, será apresentada uma transcrição da informação recolhida durante a observação dos professores e, também, das respostas obtidas durante a entrevista. Foram retiradas da análise algumas passagens da entrevista que evidenciavam um desvio do objetivo específico da questão colocada.

Para garantir o anonimato dos entrevistados, os professores foram codificados com PA e PB, onde P significa professor e as letras A e B correspondem a códigos atribuídos a cada professor. Estes códigos serão usados no capítulo 4, para identificar analogias apresentadas nas aulas observadas, bem como extratos de entrevistas selecionados para ilustrar categorias de resposta utilizadas.

3.4. Estudo 2: Formação facultada a futuros professores para o uso didático de analogias

3.4.1. População e amostra

O estudo 2 tem a finalidade de averiguar o modo como os professores de didática da química diziam lidar com a temática de analogias nas suas aulas. Optou-se por fazer o estudo com professores de didática de química por esta ser uma disciplina em que se prepara os futuros professores para ensinarem química e, também, para usarem diferentes recursos didáticos, entre os quais se contam as analogias. Por razões de conveniência, optou-se por centrar o estudo nas mesmas universidades que haviam sido envolvidas no estudo 1, nas quais a didática de química era uma disciplina lecionada do primeiro ao quarto ano do curso de licenciatura em ensino de química. Tal como aconteceu no estudo 1, também a população relevante para este estudo era reduzida, pois só havia pouco mais de duas dezenas de professores a lecionar didática de química I, II, III e IV, entre licenciados, mestres e doutores.

Como se pretendia obter dados de professores especializados em didática de química, foi colocado como exigência para participar neste estudo o grau de doutor em ensino de química. Contudo, face ao reduzidíssimo número de doutores (apenas um), baixou-se a exigência em termos de grau académico. Assim, passaram a ser aceites professores com, pelo menos, o grau de mestre em educação/ensino de química. Como estes tinham pouca formação, acrescentou outra exigência, ao nível da experiência profissional, passando a exigir, pelo menos, dois anos de experiência de leção da disciplina de didática de química. Aplicando estes critérios, identificaram-se apenas 11 professores elegíveis para participar no estudo, um doutor em ensino de química e 10 com grau de mestres em educação/ensino de química. Atendendo a que se pretendia averiguar, em profundidade, o que os professores pensavam e faziam em relação à temática das analogias, esse número de professores foi considerado suficiente. Assim, foram convidados para participar neste estudo dois professores da universidade A, três da universidade B, quatro da universidade C e dois da universidade D. A universidade C era a única que possuía um docente de didática de química com o grau de doutor; as restantes possuíam mestres formados em educação/ensino de química. Todos os docentes convidados aceitaram participar no estudo.

Dado que, como se referiu em 3.2, se pretendia realizar um estudo qualitativo, a formação dos participantes era importante, e não se conseguiu o desejável, mas o que se conseguiu está de acordo com a realidade do país. Um eventual aumento do seu número, só por si, e como Gall, Gall e Borg (2007) referem, não aumentaria a qualidade dos dados nem dos resultados. O mais importante é a profundidade dos dados recolhidos.

Na tabela 4 apresentam-se algumas características pessoais e profissionais dos professores que participaram neste estudo, obtidas a partir de alguns dados recolhidos durante as entrevistas.

Tabela 4 - Características dos professores que participaram no estudo 2

(N=11)

Variáveis	Professores										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Sexo	H	M	M	H	M	H	M	M	H	M	H
Grau académico	Mest.	Mest.	Mest.	Mest.	Mest.	Mest.	Mest.	Mest.	Mest.	Mest.	Dout.
Idade	40	36	48	35	32	37	38	35	37	32	48

Analisando esses dados, constata-se que há equilíbrio quanto ao género, pois participaram no estudo seis professores do sexo feminino e cinco do sexo masculino, o que não tem sido comum nas universidades moçambicanas. Nota-se ainda que a média de idades é de 38 anos, o que significa, por um lado, que alguns dos participantes no estudo são muitos jovens (o mais jovem tinha 32 anos) e, por outro lado, que muitos professores de didática de química têm pouca experiência de lecionação na universidade. Este facto poderá dever-se ao desenvolvimento que o ensino superior moçambicano tem tido nos últimos anos, o qual, como mostra o Plano Estratégico para o Ensino Superior (MINED, 2012), não tem sido acompanhado por formação docente. A escassez de professores com grau de doutor é frequente nas universidades moçambicanas, possivelmente pelo facto de a profissão docente não ser atrativa, do ponto de vista económico, em Moçambique.

3.4.2. Técnica e instrumento de recolha de dados

Com este estudo pretendia-se averiguar as concepções e as representações de práticas dos professores de didática de química sobre o modo como estes diziam lidar com a temática de analogias nas suas aulas. Assim, era preciso aceder à consciência que os professores tinham das suas práticas e ao que eles pensavam sobre as mesmas, ou seja, a dados não observáveis. Para isso e pelas razões já expostas na secção 3.3.2, optou-se pela técnica de inquérito por entrevista e foi também selecionada a entrevista semiestruturada. Como as concepções e as representações de práticas não são observáveis,

era preciso que os professores falassem sobre elas.

A entrevista semiestruturada permite explorar profundamente, com questões adicionais que servem para aprofundar e esclarecer, clarificar algumas respostas dadas pelos participantes, bem como esclarecer aparentes contradições, sem que haja dispersão. No entanto, convém lembrar que, tal como foi referido na secção 3.3.2, esta técnica apresenta algumas desvantagens, decorrentes da falta de anonimato e da presença do entrevistador, que podem diminuir a qualidade dos dados recolhidos.

Para alcançar o objetivo do estudo, era preciso uma entrevista que incidisse sobre o conhecimento que os professores tinham sobre analogias, as razões que os levavam a ensinar, ou não, a temática das analogias nas suas aulas de didática, se concordavam, ou não, com o uso deste recurso didático no ensino de química, o que pensavam das suas potencialidades e limitações, em que momentos pensavam que as analogias deviam ser usadas no processo de ensino e aprendizagem de química, em geral didática, e de didática de química, em particular.

Apesar de haver semelhança com alguns aspetos do guião usado para entrevistar os professores que participaram no estudo 1, foi necessário elaborar um guião novo, pois aquele não servia e não se encontrou outro que respondesse às questões de investigação formuladas para o presente estudo. Assim, o guião desenvolvido inspirou-se, também, nos instrumentos usados por Tavares (2012), Morgado (2013) e Oliveira (2013), o último dos quais incidia em analogias. A matriz da entrevista a aplicar aos professores de didática de química foi elaborada, explicitando-se dimensões e sub-dimensões, bem como os objetivos a alcançar em cada uma delas (tabela 5). Não se tendo encontrado um guião que abrangesse as dimensões necessárias a este estudo, elaborou-se um guião que foi submetido à apreciação de três especialistas em educação em ciências, incluindo em uso de analogias para ensinar ciências.

Tal como no estudo 1, o guião sofreu pequenas reformulações com base nos comentários recebidos dos especialistas. Estas incluíram o acréscimo de uma sub-dimensão (ex.: Conceções sobre as potencialidades e limitações das analogias enquanto recurso didático) e a alteração da redação de uma questão (ex.: “Em sua opinião, que potencialidades têm as analogias no contexto de ensino de química (Que utilidade têm?)” passou para “Em sua opinião, as analogias apresentam potencialidades no contexto de ensino da química? (Têm utilidade nesse contexto?)”).

Depois disso, foi considerado pronto para efeitos de verificação e adequação aos respondentes. Este foi testado pelo investigador com dois professores de didática de química que não faziam parte da amostra selecionada para o estudo propriamente dito. Aquela verificação serviu para averiguar se todas as questões eram entendidas pelos respondentes e para treino do investigador. A aplicação aos dois professores não evidenciou necessidade de introduzir alterações no guião, o qual foi considerado pronto

para a recolha de dados junto dos professores de didática de química que foram selecionados para o estudo. Assim, a matriz final da entrevista a realizar com os professores de didática de química encontra-se na tabela 5 e o guião usado para a recolha de dados encontra-se no Anexo 3.

Tabela 5 - Matriz de entrevista realizada a professores de didática de química

Dimensão	Sub-dimensões	Objetivos	Questão
Parte I – Caraterísticas dos professores	Caraterísticas pessoais	Caracterizar pessoalmente os professores	1, 2
	Caraterísticas profissionais	Caraterizar profissionalmente os professores	3, 4, 5
Parte II – Conceções dos professores sobre analogias	Conceções que os professores têm sobre analogias	Identificar as conceções dos professores sobre o conceito de analogia	6, 6.1
		Identificar as caraterísticas que os professores atribuem a uma boa analogia	7
		Identificar as caraterísticas que os professores atribuem a uma boa analogia em química	8
	Conceções sobre a relação entre analogias, metáforas e modelos	Averiguar a relação que os professores estabelecem entre analogias, metáforas, modelos.	9
		Comparar a utilidade relativa que os professores atribuem a analogias, metáforas e modelos em química	10, 10.1
	Conceções sobre as potencialidades e limitações das analogias enquanto recurso didático	Apurar as potencialidades que os professores reconhecem no uso de analogias: - em investigação em química - em ensino da química	11 12
		Apurar as limitações que os professores conhecem no uso de analogias: - em investigação em química - em ensino da química	13 14
		Caraterizar os conhecimentos que os professores têm sobre os riscos associados ao uso de analogias: - em investigação - em ensino da química	15
16			

3.4.3. Procedimentos de recolha de dados

A recolha de dados realizada no âmbito deste estudo seguiu procedimentos semelhantes aos adotados no estudo 1. Assim, a entrevista semiestruturada foi aplicada a 11 professores de didática de química, nos meses de fevereiro e março de 2018 nas universidades A, B, C e D. Antes da recolha de dados, entrou-se em contacto telefónico com os professores selecionados para se saber da disponibilidade de cada um deles e para se indicar uma previsão de datas em que eles seriam entrevistados. No processo de pedido de participação enviado aos professores foi-lhes dado a conhecer

o objetivo da entrevista. Todas as entrevistas foram feitas pelo investigador nas quatro universidades espalhadas pelo país, de forma presencial.

Tal como foi referido na secção 3.3.4, as entrevistas foram registadas em áudio para que o investigador tivesse possibilidade de se concentrar na condução da entrevista e para que fossem guardadas as respostas originais, para efeitos de análise de dados. Como recomendam alguns autores (McMillan & Schumacher, 2014), as entrevistas foram realizadas num lugar calmo, sem presença de pessoas estranhas ao processo, e evitando-se quer interromper os entrevistados, quer induzir respostas. A duração das entrevistas oscilou entre 30 e 70 minutos.

3.4.4. Procedimentos de tratamento de dados

A análise dos dados recolhidos no âmbito do presente estudo teve em conta que eram dados verbais, obtidos de 11 professores de didática de química, durante entrevistas. A análise deste tipo de dados é sempre acompanhada de subjetividade e, para reduzir essa subjetividade, devem ser criados conjuntos de categorias de análise que minimizem a possibilidade de interpretação subjetiva e de distorção das respostas dos entrevistados por parte do investigador. Assim, foram utilizadas categorias semelhantes às descritas na secção 3.3.5, seguindo os critérios já descritos para a sua criação. Para as categorias criadas *a posteriori*, a base foi o tipo de respostas apresentadas pelos professores de didática de química, o que fez com que fossem criadas categorias capazes de abranger todos os dados relevantes.

As entrevistas foram transcritas, de modo a facilitar a análise das mesmas e, como recomenda Bardin (2007), foi de seguida, feita uma análise de conteúdo das mesmas, tendo como base os conjuntos de categorias usados no estudo 1 e, em parte, conjuntos usados por outros autores. O uso de conjuntos de categorias ajuda a reduzir a subjetividade da análise e facilita a comparação de resultados (Bardin, 2007). Da mesma forma que se procedeu no estudo 1, as entrevistas foram transcritas para ajudar a ilustrar a análise efetuada e interpretação realizada com base nas respostas obtidas durante as entrevistas. No anexo 4 apresenta-se, a título de exemplo, uma das entrevistas realizadas.

Tal como aconteceu no estudo 1, os participantes no estudo não foram identificados dado que isso não era importante para que fossem atingidos os respetivos objetivos e que a preservação da sua identidade poderia contribuir para que os professores apresentassem respostas sinceras e se sentissem à vontade. Foi seguido um procedimento de identificação dos professores semelhante ao usado naquele estudo, mas recorrendo à letra P, de professores, seguida de um algarismo que correspondente ao número de ordem atribuído ao professor. Estes códigos serão também usados no capítulo 4, com a finalidade de identificar o autor das respostas.

3.5. Estudo 3: Preparação de futuros professores para o uso didático de analogias

3.5.1. População e amostra

Com o estudo 3, pretendia-se averiguar em que medida os estudantes finalistas da Licenciatura em ensino de química são capazes de avaliar as potencialidades e as limitações de analogias, em geral, e das analogias sobre o átomo e estrutura atômica, incluídas em ME de química do ESG, em particular. Assim, o estudo tinha como população todos os estudantes finalistas do curso de licenciatura em ensino de química do quarto ano que terminaram todas cadeiras curriculares das mesmas universidades onde decorreu o estudo 1 e o estudo 2. No entanto, dado que não seria possível trabalhar com todos os estudantes que apresentassem essas características, tendo em conta a extensão territorial e os custos que acarretaria a deslocação e estadia em cada uma das universidades, decidiu-se trabalhar com estudantes de duas universidades próximas, universidades C e D, o que minimizaria o tempo de deslocação do investigador e, como referem Saele et al (2007), reduziria os custos associados à deslocação. Acresce que o investigador pertence à primeira universidade e conhecia colegas na segunda universidade. Assim, recorreu a uma amostragem acessível, tendo os estudantes sido selecionados de entre os estudantes das duas referidas universidades.

Para facilitar a recolha de dados e concretizar o objetivo deste estudo, solicitou-se aos diretores dos cursos de Licenciatura em ensino de química das duas universidades acima mencionadas que apresentassem as listas e os contactos telefónicos dos estudantes que satisfizessem as condições exigidas. Depois de se ter acesso a essas listas, foi explicado aos estudantes o contexto da entrevista e solicitada a colaboração dos mesmos.

Assim, satisfiziam as condições acima referidas, nas duas universidades selecionadas, 17 estudantes, sendo oito da universidade C e nove da universidade D. De referir que, dos 17 estudantes, 10 estavam na idade aceitável para a conclusão de licenciatura (21 a 23 anos) e os restantes sete estavam atrasados em relação à idade de conclusão do curso, pois tinham idades que variavam entre 24 a 30 anos. Assim, os estudantes mais novos tinham 21 anos e o mais velho tinha 30 anos.

Na tabela 6 apresentam-se as características dos estudantes selecionados nas duas universidades, tendo a informação sido recolhida durante as entrevistas realizadas. No que diz respeito ao género, verifica-se que há poucas mulheres (só três em 17) o que tem sido notório nas universidades moçambicanas. A média de idade dos 17 participantes é de 24 anos, o que quer dizer que ela está um pouco acima da idade recomendada para a conclusão de licenciatura.

Tabela 6 - Características dos estudantes que participaram no estudo 3

(N=17)

Variáveis	Estudante E...																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Sexo	M	M	M	M	M	M	M	M	M	F	M	F	M	M	M	F	M
Idade	30	22	22	23	22	22	29	26	25	26	21	29	21	22	24	22	22

3.5.2. Técnica e instrumento de recolha de dados

O presente estudo tinha a finalidade de averiguar em que medida os estudantes finalistas de licenciatura em ensino de química eram capazes de avaliar as potencialidades e as limitações de analogias, em geral, e das analogias sobre o átomo, incluídas em manuais escolares de química do ESG, em particular. Da mesma forma que sucedeu com o estudo 2, para alcançar os objetivos deste estudo era preciso ter acesso ao que os estudantes pensavam sobre a temática das analogias e o que achavam das analogias inseridas nos ME em uso nas escolas moçambicanas. Dado que os pensamentos não se podem observar, tal como aconteceu nos estudos 1 e 2 e pelas razões já mencionadas na secção 3.3.2, a melhor técnica para recolha de dados, para este estudo foi, também, o inquérito por entrevista, o qual deveria ser concretizado por uma entrevista semiestruturada.

O instrumento a utilizar deveria considerar: características pessoais dos estudantes; conceções dos estudantes sobre o conceito de analogia; perceção dos estudantes acerca das analogias sobre o átomo e a estrutura atómica, incluídas em ME; perspetivas dos estudantes sobre o uso de analogias nas futuras práticas letivas; análise de analogias existentes em ME de química, em utilização nas escolas secundárias moçambicanas. Dado não se ter encontrado instrumentos, usados por outros autores, sobre o assunto em causa neste estudo, foi elaborado um guião de entrevista, inspirado em guiões de entrevista que foram usados por outros investigadores, para as características pessoais dos estudantes (Tavares, 2012; Morgado, 2013) e para o que diz respeito a analogias (Rigolon, 2016).

Tal como em estudos anteriores, para cada dimensão, sempre que se justificava, foram identificadas sub-dimensões e formulados objetivos específicos a alcançar no âmbito de cada dimensão ou sub-dimensão (tabela 7). De seguida, foram formuladas as principais questões a colocar nas entrevistas para recolher dados que permitissem alcançar cada um destes objetivos. Duas questões merecem um destaque especial por exigirem a análise, por parte do entrevistado, de analogias existentes nos ME moçambicanos. De entre as pouquíssimas analogias identificadas nos ME do ESG que abordam o átomo e estrutura atómica, selecionaram-se duas analogias que se consideram que contêm partes boas e partes problemáticas. Pretendia-se que, durante a entrevista, estas analogias fossem

apresentadas aos entrevistados, na sua forma e aspeto originais de modo a ser possível inferir sobre a capacidade destes para analisarem criticamente as analogias incluídas nesses manuais.

Por analogia com o que foi feito em estudos anteriores, o guião foi sujeito a análise da sua validade de conteúdo por especialistas em educação em ciências. Os especialistas apresentaram comentários que fizeram com que fosse alterada a redação de algumas sub-dimensões (ex.: a dimensão “Conhecimento dos estudantes sobre as analogias sobre o átomo nos ME” passou para “análise crítica de analogias sobre estrutura atómica incluídas em ME”) e formulação de algumas questões (ex.: “Em sua opinião, que potencialidades têm as analogias no contexto de ensino de química” passou para “Em sua opinião, o uso de analogias no contexto de ensino da química tem potencialidades?”). No primeiro caso fica mais evidente que se pretende avaliar a capacidade de avaliar (e não o conhecimento de analogias) e no segundo caso deixa de se assumir, à partida, que há potencialidades passando o entrevistado a poder dizer se, na opinião dele, existem, ou não, essas potencialidades.

Tabela 7 - Matriz da entrevista realizada a estudantes finalistas da licenciatura em ensino de química

Dimensão	Sub-dimensões	Objetivos	Questão
Parte I. Caraterísticas dos estudantes	Caraterísticas pessoais	Caracterizar pessoalmente os estudantes.	1, 2
	Caraterísticas académicas dos estudantes.	Caraterizar academicamente os estudantes.	3, 4, 5
Parte II. Conceções dos estudantes sobre analogias	Conhecimentos dos estudantes sobre o conceito de analogia.	Identificar as conceções dos estudantes sobre o conceito de analogia.	6, 6.1
	Conhecimentos dos estudantes sobre as analogias enquanto recurso didático	Apurar as potencialidades que os estudantes reconhecem no uso de analogias no ensino da química.	7, 8
		Apurar as limitações que os estudantes conhecem no uso de analogias em ensino da química.	9
		Caraterizar os conhecimentos que os estudantes têm sobre os riscos associados ao uso de analogias em ensino da química.	10
	Conhecimentos dos estudantes sobre analogias relacionadas a estrutura atómica	Averiguar o conhecimento dos estudantes sobre analogias relacionadas com a estrutura atómica.	11, 11.1, 11.2

A análise da adequação aos respondentes, tal como em estudo anterior, foi feita com base na aplicação do guião a dois estudantes pertencentes à população, mas não à amostra selecionada. Isso permitiu averiguar se entendiam as questões e estimar o tempo necessário para cada entrevista, de modo a planificá-la. Constatou-se que nenhuma questão necessitava de alterações, o que fez com que

o guião da entrevista fosse considerado pronto para a recolha de dados. A matriz da entrevista encontra-se na tabela 7 e o guião da entrevista está disponível no Anexo 5.

3.5.3. Procedimentos de recolha de dados

Neste estudo seguiram-se procedimentos semelhantes aos usados anteriormente. Assim, as entrevistas foram realizadas individualmente, pelo investigador, com base no guião previamente elaborado e validado, e foram registadas em áudio, com a permissão dos entrevistados. Como foi anteriormente referido, a gravação em áudio permite ao entrevistador concentrar-se na condução da entrevista e consulta posterior das respostas, tantas vezes quanto for necessário, para análise de dados. À semelhança do que aconteceu nos dois primeiros estudos anteriormente apresentados, foi garantido o anonimato dos entrevistados.

Como é recomendado e foi explicado anteriormente, as entrevistas foram realizadas em local calmo, da universidade ou fora da universidade, consoante a preferência dos entrevistados. As entrevistas demoraram entre 15 e 30 minutos.

3.5.4. Procedimentos de tratamento de dados

Tomando em consideração que os dados relevantes para este estudo são dados verbais, depois de transcrever as entrevistas, foram seguidos os mesmos procedimentos usados para o tratamento de dados resultantes das entrevistas realizadas em estudos anteriores. No Anexo 6 apresenta-se, a título ilustrativo, uma das entrevistas realizadas.

Com vista à definição de categorias a utilizar para análise das respostas obtidas para uma dada pergunta foram seguidos os procedimentos gerais anteriormente descritos. No caso das questões que incidiam na análise de analogias, foi efetuado o mapeamento de cada analogia, como o entende Ferry (2016) e Ferry e Paula (2017) e comparada a resposta dada pelos entrevistados com este mapeamento, de modo a identificar pontos fortes e pontos fracos por eles identificados nessas analogias.

Tal como nos outros estudos, no capítulo 4, serão apresentados extratos de respostas para suportar as interpretações de dados efetuadas. Cada extrato será acompanhado da identificação do estudante, seu autor, com base no respetivo código, de forma a manter o anonimato dos participantes no estudo. Esse código inclui a letra E, de estudante, e, de seguida, um algarismo que corresponde ao número de ordem atribuído ao estudante (ex.: E1).

CAPÍTULO IV

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1. Introdução

No presente capítulo, e depois desta Introdução (4.1), são apresentados e discutidos, em três subcapítulos, os resultados dos três estudos realizados no âmbito da investigação que compõe a presente tese, designadamente: estudo realizado com docentes de química geral, sobre a utilização de analogias nas aulas dessas disciplinas (4.2); estudo realizado com professores de didática de química, sobre a formação facultada aos futuros professores para o uso didático de analogias (4.3); estudo realizado com estudantes finalistas do curso de licenciatura em ensino de química sobre a sua preparação para o uso didático de analogias (4.4).

O subcapítulo 4.2 organiza-se em oito secções, definidas em função das dimensões da entrevista realizada a docentes de química geral, integradas com aspetos da observação de aulas. O subcapítulo 4.3 organiza-se em oito secções, estruturadas em função das dimensões da entrevista realizada a professores de didática de química. O último subcapítulo (4.4) estrutura-se em sete secções, definidas em função das dimensões da entrevista realizada a estudantes finalistas do curso de licenciatura em ensino de química.

4.2. Resultados obtidos no estudo sobre utilização de analogias nas aulas de química geral

Neste subcapítulo apresentam-se os resultados obtidos no estudo realizado com professores de química geral. Os dados foram recolhidos por entrevista (anexo 1) aplicada a dois professores de química geral, depois da observação de aulas (de que foram recolhidos dados a apresentar na secção 4.2.5), conforme descrito no subcapítulo 3.3.4. O subcapítulo organiza-se em oito secções, definidas em função das dimensões da entrevista. Apesar de o estudo estar centrado na utilização de analogias nas aulas de química geral, foram também estudadas concepções e perspetivas dos respetivos professores sobre as analogias, pois acreditava-se que elas poderiam ajudar a compreender as práticas implementadas nas aulas da disciplina e do tema químico em causa.

4.2.1. Concepções de professores de química geral sobre o conceito de analogia

Os dois professores de química geral foram questionados se já tinham ouvido falar de analogias e, caso tivessem, onde tinham ouvido falar delas (questão 5). Ambos os professores afirmaram que já

tinham ouvido falar de analogias, no mestrado (PA) ou através de leituras (PB).

Quando convidados a dizer o que entendiam por analogia (questão 5.1), os dois professores deram respostas de cariz concetual, mas ambas incompletas (tendo em conta as categorias definidas em 3.3.4). Na verdade, limitaram-se a dizer que:

- i) uma analogia deve usar aspetos do contexto do aluno, sem mencionar a necessidade de estabelecer uma relação entre o domínio alvo e o domínio análogo:

“[...] Entendo que analogia é fazer entender ao estudante, um conteúdo, mas usando aquilo que é do seu domínio ou o que com ele convive para poder explicar um assunto para o mesmo estudante [...]” (PA);

- ii) uma analogia é uma comparação, sem explicar como deve ser efetuada essa comparação:

“A comparação de dois tipos de conhecimentos onde um é conhecido e o outro não é conhecido.” (PB).

Assim, conclui-se que os dois professores de química geral possuíam um conhecimento reduzido sobre o conceito de analogia, o que pode sugerir que eles não estavam a ensinar química geral com base em analogias. Na verdade, também Farias, Godinho e Prochnow (2011) constataram que os professores de ciências que participaram no estudo por eles realizado se limitaram a dizer que as analogias recorrem ao que existe no quotidiano do aluno ou que as analogias são comparações, sem, contudo, dizerem como devem ser feitas essas comparações.

De seguida, em resposta a uma questão sobre o que é e que características deve ter uma boa analogia em ensino de química (questão 6), os mesmos professores apresentaram duas respostas de cariz concetual, mas novamente incompletas. Na verdade, limitaram-se a dizer que uma boa analogia é aquela que:

- i) faz com que se atinjam os objetivos da aula, mas sem referir como o domínio alvo e o domínio análogo:

“Bom, eu estaria satisfeito se eu tivesse feito uma analogia ou tivesse apresentado um análogo daquilo que levasse o estudante a perceber aquilo que antes ele não percebeu, o que quer dizer que a analogia deve concretizar o objetivo da aula. Para mim poderia dizer que estou satisfeito ou valeu a apenas usar essa analogia, trazer um conceito real e o aluno aprender conceito abstrato e fazer com que o estudante entenda de facto aquilo que eu quero que ele entenda. Então essa é uma boa analogia.” (PA);

- ii) apresenta um domínio análogo que pertence ao quotidiano do aluno e o ajuda a entender assuntos desconhecidos:

“Uma boa analogia tem que tentar explicar aquilo que não se conhece de acordo com a definição que eu dei, um conhecimento que não é conhecido e nós buscamos através de um outro familiar que é conhecido para entender o outro que não é conhecido para que uma pessoa possa entender perfeitamente o significado de um outro que não é conhecido a partir do outro.”. (PB).

Assim, pode concluir-se que os professores têm conhecimento reduzido sobre o que é uma boa

analogia para o ensino de química. Esta afirmação baseia-se no facto de que eles não incluíram nas suas definições de boa analogia todas as ideias aceites pelos especialistas da área (ex.: Rodríguez & Towns, 2019; Thiele & Treagust, 1994a), segundo as quais uma boa analogia deve explicitar as comparações entre o domínio alvo e o domínio análogo, especificar a validade das comparações que apresenta e envolver um análogo que seja familiar ao aluno.

Quando foram questionados sobre o que é uma boa analogia para produção de conhecimento em química (questão 7), os mesmos professores apresentaram respostas de cariz concetual (de acordo com as categorias previstas na secção 3.3.4), mas, neste caso, ambas as respostas foram consideradas alternativas, pelas seguintes razões:

- i) PA confundiu analogia e exemplo e, além disso, a sua resposta tem a ver com boa analogia para o ensino de química e não com boa analogia para a produção de conhecimento em química:

“Na produção de conhecimento, boa analogia é exatamente quase aquilo que eu acabei de dizer que é aquela que me deixa satisfeito quando quero ensinar os meus alunos e adquirirem um conhecimento científico [...]” (PA);

- ii) PB afirmou que as analogias servem para tornar o conhecimento mais cognitivo, mas não conseguiu explicitar o que isso significava. Isto sugere que ele pensa que uma boa analogia na produção de conhecimento em química é a que ajuda na aprendizagem de conhecimento novo, o que, a ser assim, tem a ver com ensino de química e não com produção de conhecimento em química:

“É aquela analogia que possibilita trazer conhecimentos num aspeto mais cognitivo do aluno ou num especto de conceito que nós não conhecemos então nós buscamos a partir de um conhecimento conhecido então aí o individuo passa a ter um conhecimento cognitivo.” (PB).

Em síntese, os dois professores de química geral evidenciaram conhecimento redizido do conceito de analogia e do conceito de boa analogia para o ensino de química e, no último caso, apresentaram mesmo respostas alternativas. Note-se que Orgill, Bussey e Bodner (2015) tinham já constatado que os professores que participaram no estudo por eles realizado não conseguiram dizer o que era uma boa analogia no contexto da produção de conhecimento em ciências. Contudo, a resposta não correta dada à última questão pode sugerir que os professores em causa pensam que as analogias só servem para o ensino de química e não servem para a sua investigação.

4.2.2. Utilidade e potencialidades das analogias na investigação em química e no seu ensino

Os professores de química geral foram solicitados a apresentar a sua opinião sobre se as analogias, as metáforas e os modelos são igualmente úteis ou se alguns deles são mais úteis em

investigação em química (questão 9) e, depois, foram convidados a justificar as suas opiniões. Um dos professores (PA) disse que os modelos são mais úteis que as analogias e as metáforas e o outro professor (PB) disse que as analogias são mais úteis que os modelos e as metáforas. No entanto, as justificações apresentadas têm a ver com a utilidades relativa dos três recursos no ensino e não com a investigação em química. Segundo eles:

i) os modelos são concretos e, por isso, fazem com que o aluno aprenda facilmente:

“[...] Os modelos são mais realísticos e as analogias e metáforas são mais palavras que se usam e muitas vezes eles não existem na realidade, apesar de se poder fazer também analogias com coisas reais [...]. Quando se produz o modelo de Rutherford-Bohr ou modelo do átomo segundo Thomson usando massala ou usando algum material concreto o aluno pode ter mais facilidade de aprender do que usando só palavras [...]” (PA).

ii) as analogias são mais úteis que os modelos e as metáforas (PB), pois apresentam explicitamente as relações entre o domínio alvo e o domínio análogo, o qual pertence ao quotidiano do aluno:

“Não diria igualmente alguns até contestam e outros acham que é importante, mas para mim eu acho é importante o uso de analogias. Porque eu tenho usado sempre as analogias por serem mais eficazes, pois elas escabecem mais comparações do que acontece com os modelos e as analogias. As analogias têm essa tendência de explicar mais aquilo que se quer ensinar com base em algo que é do quotidiano do aluno. Nesse sentido as analogias explicam melhor as coisas por fazerem comparações de muitas coisas e até penso que modelos vem de lá. Metáforas como já dizia existiam a 100 ou 150 anos e muitas vezes eram associadas a contos de certos povos e hoje não fazem mesmo sentido.” (PB).

Assim, verifica-se que os dois professores de química geral não evidenciaram conhecimento sobre a utilidade relativa das analogias, metáforas e modelos em investigação em química. Estas respostas podem ser devidas ao facto de os entrevistados pensarem que as analogias, os modelos e as metáforas são recursos que servem para o ensino e podem sugerir, também, que eles consideram que as analogias não têm lugar na investigação em química. No entanto, o facto de não terem efetuado qualquer pronunciamento sobre a investigação em química, sugere que, o mais provável, é que não tenham considerado o uso de analogias neste contexto.

Os mesmos professores foram questionados se, na opinião deles, as analogias apresentavam potencialidades no contexto de investigação de química, sendo, de seguida, solicitados a explicar a sua opinião (questão 10). Os dois professores apresentaram respostas centradas nas potencialidades para o ensino ou para a divulgação de conhecimento, em vez de se centrarem no contexto de investigação em química. A este propósito, referiram que as analogias melhoram o entendimento do conhecimento em investigação ou capacidade de explicação (PA e PB), mas parecem centrar-se no pós-descoberta. Apresenta-se, de seguida, uma resposta ilustrativa desta interpretação:

“Tem uma potencialidade, aqui é necessário dizer, [...] nas analogias usam-se comparações do conhecimento

científico com algo que se deve divulgar na ciência, ou elas usam-se para trazer um melhor entendimento de um conhecimento em investigação para pessoa que está a ser apresentada o novo conhecimento ou que quer aprender, [...] então tem sim muita importância porque fazem a contextualização do conhecimento que quer ser explicado.” (PA);

Assim, estes resultados reforçam a ideia de que os professores entrevistados têm conhecimento muito baixo das analogias, ou não consideram sequer as potencialidades que as analogias têm no contexto da investigação em química, talvez por serem professores (de química) e não investigadores.

De seguida, os professores foram questionados sobre as potencialidades que as analogias tinham no contexto de ensino de química e foram solicitados a explicar a respetiva opinião (questão 11). Os mesmos apresentaram duas razões que os levavam a afirmar que as analogias tinham potencialidades no contexto do ensino de química. Segundo eles:

- i) facilitam a aprendizagem de conceitos abstratos e difíceis, uma vez que assentam na explicitação de relações entre algo conhecido e algo que não se vê (PA):

“Apresenta, porque elas são um recurso que nos ajuda a clarificar os conceitos que não são de fácil compreensão por serem também abstratos e que os alunos têm dificuldades de entender. No contexto de ensino é mais fácil levar o estudante a aprender com base naquilo que está vendo. Por exemplo quando se quer explicar o conceito de orbital, pode se comparar o movimento da ventoinha como orbital, aí não se vê os pás da ventoinha mas sabemos que eles estão naquela região. Também a orbital ‘e’ a região de maior probabilidade de se encontrarem os eletrões.” (PA).

- ii) melhoram o entendimento de entidades muito pequenas, invisíveis, e que não são usadas no quotidiano (PB):

“São vários exemplos, quando queremos explicar conceitos de átomo, conceitos de átomo, misturas, conceitos de níveis de energia, quando fazemos analogia os alunos conseguem fazer uma ligação e entender daquilo que não é conhecido com aquilo que é conhecido e eles passam a entender esses conceitos de níveis, corpúsculos, então nós usamos muito esses conceitos.” (PB).

Em síntese, os dois professores de química geral não evidenciaram conhecimento aprofundado sobre a utilidade relativa dos três recursos didáticos na investigação em química, nem sobre as suas potencialidades nesse mesmo contexto. No entanto, os mesmos apresentaram um conhecimento razoável sobre as potencialidades das analogias no contexto do ensino de química, pois justificaram as suas opiniões com base em ideias aceites por especialistas da área (ex.: Rodríguez & Towns, 2019; Jonãna, 2015; Ferraz & Terrazzan, 2002).

4.2.3. Perspetivas de professores de química geral sobre limitações e riscos das analogias em investigação em química e no seu ensino

Os dois professores de química geral foram questionados se, na opinião deles, a utilização de analogias em investigação em química apresentava limitações (questão 12). Ambos responderam afirmativamente a essa questão, mas o professor PA não conseguiu explicar essa opinião. O professor

PB afirmou que as limitações podem surgir quando o proponente das analogias, que quer apresentar os resultados da investigação, não domina o uso desse recurso. Esta explicação sugere que a resposta de PB se referia a limitações do uso de analogia na divulgação do conhecimento produzido no âmbito da investigação em química e não a limitações das analogias durante a realização de investigação para produzir conhecimento, ou seja, para, por exemplo, dar significado a resultados obtidos:

“Eh, limitações depende, tem assuntos complexos, que a pessoa que quer usar analogia para melhorar o entendimento de um conhecimento pode não saber. Assim, a limitação pode acontecer se o individuo que quer apresentar o resultado científico não sabe como fazer isso usando uma analogia, pois, os que ouvem não irão compreender [...]” (PB).

Segundo alguns autores (Bozelli & Nardi, 2012; Dilber & Duzgun, 2008), e como referimos no capítulo 2 (secção 2.2.1), as analogias têm limitações, pois nenhuma analogia envolve um análogo que apresente semelhança total com todas as características do alvo. Contudo, constatou-se que um dos professores não foi capaz de apresentar qualquer explicação e outro tentou, mas deu uma explicação que não tinha a ver com a pergunta. Assim, ambos apresentaram um conhecimento reduzido sobre as limitações do uso de analogias na investigação em química.

Os dois professores de química geral foram questionados se a utilização de analogias em ensino de química apresentava algumas limitações (questão 13). Um dos professores (PB) não respondeu, mas o outro professor (PA) afirmou que, se o uso das analogias não for bem planificado, terá limitações. Para este professor, as analogias podem conduzir a resultados indesejados porque o aluno pode não as entender como era pretendido (PA):

“De facto existe um momento em que falta atenção do professor e este apresenta analogias pouco claras relativos a determinados conteúdos, é necessário muito atenção de enquadrar as analogias e ver a capacidade que o aluno tem em entendê-la devidamente [...], é um pouco complicado apresentar espontaneamente uma analogia e sair-se bem, mas se se apresenta algo que planificou com cuidado ela pode apresentar produzir o efeito desejado.” (PA).

Assim, pode concluir-se que apenas um dos professores evidenciou um conhecimento aceitável das limitações que podem surgir quando se usa analogias em ensino de química, referindo limitações apontadas por autores como Orgill, Bussey e Bodner (2015).

De seguida, os dois professores de química geral foram questionados se, na opinião deles, o uso de analogias em investigação em química comportava riscos (questão 14). PA não respondeu e PB afirmou que esse uso pode comportar riscos, pois as analogias, se não forem devidamente planificadas, podem tornar-se incompreensíveis. Contudo, a resposta apresentada tem a ver, mais uma vez, com o risco do uso de analogias no ensino de química e não em investigação em química:

“Podem, é preciso ter algum cuidado. Precisamos planificar as analogias que vamos usar na aula para minimizar os riscos e evitar. Quando planificamos a analogia ela pode ser mais clara para o aluno e minimiza-se os riscos. Como eu disse algum tempo, quando as analogias estão bem feitas ai tudo bem, os riscos são menores mas quando

eles são mal feitas aí estão é um problema, essa talvez seja alguma das razões de alguns indivíduos académicos não compactuarem com o uso de analogias, claro que os riscos existem mas é preciso ter cuidado, talvez é preciso preparar mesmo e nós às vezes usamos as analogias assim de uma forma aleatória aparecem assim, e isso pode criar algum tipo de risco [...]” (PB).

Assim, pode concluir-se que os professores de química geral não evidenciaram conhecimento dos riscos que o uso de analogias em investigação em química pode ter, o que era esperado à luz dos resultados obtidos por autores como Bozelli e Nardi (2012)

De seguida, os dois professores foram questionados se o uso de analogias em ensino de química comportava riscos (questão 15). O professor PA afirmou que o uso de analogias tem apenas vantagens, o que, como referimos no capítulo 2, não é verdade:

“No ensino já traz vantagens, não tem muitos riscos, por causa daquilo que eu disse que faz uma aproximação daquilo que é do dia a dia dos alunos da ciência, só vejo vantagens e não riscos.” (PA).

Por seu lado, o professor PB afirmou que há riscos decorrentes do uso de analogias inadequadas, pelo professor, as quais podem induzir os estudantes em erro. Para este professor, algumas analogias incluídas nos manuais escolares de química são usadas pelos professores, mas são de má qualidade, o que, quando acontece, tem consequências negativas para os alunos:

[...] tem as analogias hoje em dia para explicar essa questão de mecânica quântica muitos as usam já pude consultar em alguns livros e muitos usam isso é um risco. Os professores usam as analogias que aparecem em muitos livros e os professores buscam essas analogias sem verificar alguns erros que elas apresentam e levam a sala de aula para fazer entender os estudantes. O que acontece é que às vezes os alunos ficam mais confusos por não entenderem a própria analogia, portanto é preciso ter muito cuidado.” (PB).

Segundo alguns autores (Thiele & Treagust, 1994b; Dikmenli, 2015), as analogias incluídas em manuais escolares apresentam, de facto, falta de qualidade e, como referem outros autores (Orgill & Bodner, 2006; Dikmenli, 2015; Akçay, 2016; Körhasan & Hidir, 2019), isso prejudica os alunos.

Em síntese, os dois professores de química geral evidenciaram conhecimento muito reduzido sobre limitações e riscos do uso de analogias na produção de conhecimento em química, talvez por não serem investigadores em química. As respostas que estes apresentaram tinham a ver com limitações e riscos das analogias para divulgação de conhecimento ou para ensino de química e, ainda assim, eram muito limitadas, tendo em conta o que sobre este assunto foi dito no capítulo 2.

Além disso, apesar de serem professores de química e de a investigação (ex.: Akaygun et al, 2018) sugerir que as analogias são utilizadas, em diversos países, para ensinar química, os entrevistados evidenciaram, também, conhecimento limitado das limitações e dos riscos associados ao uso de analogias para este fim. Este facto pode dever-se à falta de formação para o uso de analogias, enquanto recurso didático.

4.2.4. Formação de professores de química geral para o uso de analogias

Os dois professores de química geral que participaram neste estudo foram questionados se tiveram alguma formação para o uso de analogias em investigação em química (questão 16). Ambos os professores responderam que não tiveram formação para esse efeito.

De seguida, os mesmos professores foram questionados se tinham tido alguma formação para o uso de analogias no ensino da química (questão 17). O professor PA afirmou que não teve formação e o professor PB disse que ia fazendo autoformação, durante a preparação das suas aulas.

Conclui-se, assim, que os dois professores apresentaram dificuldades em responder às questões anteriores, relativas ao uso de analogias nos contextos de investigação em química e de ensino de química, possivelmente pelo facto de não terem tido formação sobre o uso de analogias para esses fins. Note-se que alguns autores (Kim, Kim & Noh, 2019) defendem que esse tipo de dificuldades pode ter, de facto, a ver com falta de formação para o uso de analogias nos referidos contextos.

4.2.5. Representações das práticas e práticas de professores sobre a utilização de analogias no ensino de química geral

Os dados sobre as representações de práticas e sobre as práticas de professores apresentados nesta secção foram recolhidos com base em: (i) entrevistas, realizadas depois da lecionação do tema em causa, aos dois professores de química geral, que foram selecionados para participar neste estudo, como descrito em 3.3.2; e em (ii) observação de aulas sobre o átomo e a estrutura atómica, lecionadas por esses dois professores, na referida disciplina da licenciatura em ensino de química. Depois da observação das aulas, os dois professores foram solicitados a fornecer os apontamentos (tipo planificação) que usaram nas aulas, os quais serviram para averiguar se tinham, ou não, planificado o uso de analogias sobre o átomo e a estrutura atómica nas referidas aulas. A comparação das práticas, acedidas através da observação, e das representações das práticas, acedidas através da entrevista, permite inferir em que medida os professores têm consciência de como são as suas práticas, nomeadamente no que respeita ao uso de analogias.

Apesar de o programa da disciplina em causa prever que este conteúdo seja tratado em oito aulas de 50 minutos (ou seja, num total de 400 minutos), o professor PA tratou-o em 218 minutos (pouco mais de metade do tempo previsto) e o professor PB tratou-o em 417 minutos (apenas mais um terço de aula do que o previsto). Essa diferença poderia dever-se a duas razões: i) à formação e/ou ao número de alunos por turma, o que não parece ser o caso, pois as turmas tinham números de alunos semelhantes e os alunos tinham aproveitamento semelhantes nesta disciplina, na medida em que todos tinham sido aprovados na disciplina de química básica que é precedente da disciplina de química geral

envolvida neste estudo; ii) a diferenças na formação académica e/ou na experiência profissional dos dois professores, as quais são, de facto diferentes. Como referimos em 3.3.2, o professor PA era detentor do grau de mestre em educação/ensino de química e tinha oito anos de experiência de lecionação na universidade, incluindo cinco anos de lecionação da disciplina de química geral; o professor PB era detentor do grau de doutor em ensino de química e estava, há 20 anos, a lecionar na universidade e há 12 anos a lecionar a disciplina de química geral. Esta diferença pode sugerir que o professor PB, por ser mais qualificado e ter mais experiência de lecionação da disciplina em causa, tinha mais capacidade de elaborar e trabalhar a informação com os seus estudantes do que o professor PA. Refira-se que, talvez devido à pouca experiência que o professor PA tinha, as suas aulas eram mais expositivas e menos interativas que as de PB.

No âmbito da entrevista, os dois professores de química geral foram questionados se costumavam usar analogias nas aulas de química geral (questão 18). O professor PA afirmou que as usava poucas vezes e o professor PB afirmou que as usava frequentemente. Na verdade, durante a observação das aulas, constatou-se uma grande diferença entre os números de analogias usadas pelos dois professores. Enquanto que o professor PA, em 218 minutos, apresentou cinco analogias (o que dá uma média de 1 analogia em cada 43,6 minutos) o professor PB usou 17 analogias em 417 minutos (o que dá uma média de uma analogia em cada 24,5 minutos). Assim, PB usou, na lecionação do tema em causa, mais do triplo das analogias de PA e, em termos de tempo, usou as analogias com uma frequência quase dupla da de PA, pois o intervalo de tempo que, em média PB demora a usar uma analogia é metade do de PA.

Os dois professores usaram, durante a lecionação do conteúdo em causa, uma única analogia comum (analogia de pudim de passas ou bolo de passas), que, como se constatará no subcapítulo seguinte, também foi referida por cinco professores de didática de química, durante as respetivas entrevistas, e que se encontra no ME de química (Barros, 2014) em uso nas escolas secundárias moçambicanas.

Quatro das cinco analogias apresentadas durante as aulas pelo professor PA (tabela 8) e 16 das 17 analogias usadas pelo professor PB (tabela 10) parecem ser criadas pelos mesmos, pois não se conheciam, não foram referidas pelos professores de didática (como se constatará no próximo subcapítulo) e não se encontraram na literatura revista, nem nos ME.

Na tabela 8 apresentam-se as analogias que foram usadas pelo professor PA nas aulas observadas quando este lecionava conteúdos sobre o átomo e a estrutura atómica, na disciplina de química geral em uma universidade localizada em uma pequena cidade moçambicana.

Tabela 8 - Síntese das analogias usadas pelo professor PA nas aulas observadas

Analogia	Conteúdo a lecionar	Pontos fortes da analogia	Pontos fracos da analogia
1- Transição forçada de ano/ transição do elétron para nível energético mais alto	Terceiro postulado de Bohr	Relaciona: - mudança indevida do estudante para ano curricular seguinte com a mudança do elétron para nível energético mais alto - efeito sobre a mudança do ano escolar de um estudante com efeito de energia fornecida ao elétron para saltar para nível energético mais alto	- A passagem indevida para um ano seguinte nem sempre se deve a um agente externo (como a agitação dos outros estudante), podendo dever-se ao facto de o próprio estudante não acatar as recomendações da Universidade para respeitar uma dada sequência.
2- Pudim de passas/Átomo segundo Thomson)	Modelo atômico segundo Thomson	Relaciona: - passas com elétrons - massa do pudim com massa do átomo	- O pudim de passas não faz parte da realidade do estudante - As passas estão em repouso enquanto que os elétrons estariam em movimento
3- Variação da força do aperto de mão entre duas pessoas com a distância entre elas /variação da atração entre núcleo e elétrons com a distância ao mesmo	Efeito de blindagem do núcleo pelas camadas eletrónicas interiores	Relaciona: - uma das pessoas com o núcleo - uma pessoa com um elétron - força com que as duas pessoas próximas apertam a mão com força com que o núcleo atrai os elétrons próximos dele - força com que de duas pessoas distantes apertam a mão com força com que o núcleo atrai os elétrons distantes dele	- Os estudantes podem pensar que tal como acontece com as pessoas o núcleo e os elétrons possuem mão. - Enquanto que entre núcleo e elétrons distantes há outros elétrons, entre duas pessoas distantes não há outras pessoas-
4- Embriagar para retirar dinheiro/ fornecer energia para retirar elétron	Energia de ionização dos átomos dos diversos elementos químicos	Relaciona: - mulher que fornece álcool a um homem com fonte que fornece energia a um elétron - um homem com um elétron - ato de embriagar um homem com ato de fornecer energia a um elétron - a extração de um elétron do átomo com a retirada de dinheiro do ATM	Os estudantes podem imaginar que: - como o homem bebe álcool, os átomos “bebem” energia - a energia, tal como o álcool, é algo material - a energia entra no átomo tal como o álcool entra no homem
5- Força do homem em relações sexuais consecutivas / energia de sucessivas ionizações	Energia de ionização da 1ª, 2ª e 3ª ordem	Relaciona: - força do homem com valor da energia de ionização - força do homem na 1ª, 2ª e 3ª relação sexual com energia de ionização de 1ª, 2ª e 3ª ordem - variação da força do homem em relações consecutivas com variação da energia de ionizações consecutivas	- Não explicita o modo como varia a energia de ionização da ordem 1 até à ordem 3. - A força do homem vai diminuindo (segundo o professor) enquanto que a energia de ionização vai aumentando da 1ª para a 3ª ordem

A análise das analogias apresentada na tabela 8 resultou do mapeamento estrutural das diversas

analogias utilizadas por PA, nas suas aulas. A fim de ilustrar o modo como esse mapeamento foi efetuado, transcreve-se, de seguida, a analogia 1, apresentação oralmente pelo professor PA:

“[...] significa que se você está no segundo ano, é influenciado com forças externas para você saltar para o terceiro ano, sem completar o segundo ano, quando te descobrirem lá que você está irregularmente no terceiro ano, serás devolvido para o seu ano, mas terá que perder todas cadeiras que você fez no terceiro ano. Isso acontece com eletrão, quando ela recebe energia externa ele salta para nível mais alto de energia, mas quando cessa o fornecimento de energia ele regressa para o nível mais baixo onde ele se encontrava e é para ele nível real e fica estável” (PA).

Na tabela 9 apresenta-se o mapeamento desta analogia, o qual evidencia as correspondências entre elementos do domínio alvo e do domínio análogo (E1 e E2) e a correspondência entre mudanças de comportamento desses elementos (E1 (r_1) e E1 (r_2)), aspeto importante quando se usa analogias.

Tabela 9 - Mapeamento estrutural da analogia usada por PA para lecionar o terceiro postulado de Bohr

Domínio análogo	Correspondência	Domínio alvo
Estudante	← E1 →	Eletrão
Efeito dos colegas sobre a mudança do ano escolar de um estudante	← E2 →	Efeito de energia fornecida ao eletrão para saltar para nível energético mais alto
Mudança indevida do estudante para ano curricular seguinte	← E1 (r_1) →	Mudança do eletrão para o nível energético mais alto
Devolução do estudante ao ano anterior	← E1 (r_2) →	Regresso do eletrão ao estado fundamental

Da análise apresentada na tabela 8, constata-se que todas as analogias usadas pelo professor PA têm potencialidades e limitações, o que, como foi discutido no capítulo 2, seria de esperar. Contudo, há um problema adicional que decorre do facto de o professor, nas aulas, se ter limitado a apresentar as analogias, sem as explorar para evidenciar as suas potencialidades e limitações. Este facto pode ter contribuído para que alguns alunos, ao focarem-se em determinados elementos ou relações analógicas, criassem ideias indesejadas ou mesmo erradas com base nas analogias apresentadas pelo professor. Isto é especialmente provável quando as analogias estão, elas próprias, erradas, como acontece no caso da analogia 5. Neste caso, há ainda outro problema, pois a analogia pode ferir a sensibilidade de algumas pessoas, o que a torna má, do ponto de ético. Note-se ainda que, com exceção da analogia 2, as analogias utilizadas comparam o átomo ou seus elementos com pessoas ou com comportamentos de pessoas. Esta incidência pode ser problemática pois, segundo Treagust et al (1989), os estudantes podem ser tentados a cometer o erro de transferir o comportamento humano para objetos ou partículas, como o átomo e os eletrões, o que não ajuda na aprendizagem.

Na tabela 10 sintetizam-se as 17 analogias usadas pelo professor PB nas aulas em que foi observado a lecionar conteúdos sobre o átomo e a estrutura atómica, na disciplina de química geral

numa universidade moçambicana.

Tabela 10 - Síntese das analogias usadas pelo professor PB nas aulas observadas

Analogia	Conteúdo a lecionar	Pontos fortes da analogia	Pontos fracos da analogia
1- Diferentes frutos/átomos de diferentes elementos	Átomos de diferentes elementos químicos	Relaciona: - abacaxi com átomo do elemento A - limão com átomo do elemento B - diferenças entre o sabor do abacaxi e do limão com diferenças entre átomos de elementos diferentes	- O professor explicitou uma característica que diferencia os frutos, mas não explicita aspetos que diferenciam os átomos. - Os estudantes podem pensar que, tal como o abacaxi e o limão, átomos de diferentes elementos têm: - sabores diferentes - superfícies externas irregulares e diferentes
2- Esfera maciça/átomo segundo Dalton	Átomo segundo Dalton	Relaciona: - uma esfera maciça com um átomo	- Os estudantes podem pensar que o átomo é compacto e rígido como a esfera maciça
3- Pudim de passas/Átomo segundo Thomson	Modelo atómico segundo Thomson	Relaciona: - pudim de passas com átomo - passas com eletrões - massa do pudim com massa do átomo	- O pudim de passas não faz parte da realidade do estudante. - As passas estão em repouso enquanto que os eletrões estariam em movimento
4- Sistema planetário/ Átomo segundo Rutherford	Modelo atómico segundo Rutherford	Relaciona: - o sistema planetário com o átomo - o sol com o núcleo do átomo - os planetas que giram em volta do sol com os eletrões que giram em volta do núcleo	Os estudantes podem pensar que: - da mesma forma que o sol tem temperaturas elevadas, o núcleo do átomo pode ter temperaturas elevadas - os eletrões têm trajetórias fixas
5- Perda de velocidade de um pêndulo /Perda de energia de um eletrão	Perda de energia faz com que o eletrão caia no núcleo	Relaciona: - pêndulo com eletrão - movimento do pêndulo com movimento do eletrão em torno do núcleo - perda de velocidade do pêndulo com perda de energia do eletrão	O professor não explicita de que pêndulo se trata pelo que os alunos podem pensar: - que se refere a um pêndulo simples (movimento de vai e vem) - que o movimento dos eletrões não é circular, em volta do núcleo
6- Bola que desce rampa e que desce escadas/ Emissão contínua e descontínua de energia pelo eletrão	Emissão de energia por eletrão que se move entre o estado excitado e o estado fundamental	Relaciona: - uma bola com um eletrão - bola a rolar em uma rampa, com perda contínua de energia pelo eletrão - queda da bola pelas escadas com descida de nível energético por parte do eletrão	Os estudantes podem imaginar que o nível energético de um átomo tem uma existência real, como as rampas e as escadas
7- Duas bolas de bilhar (bola verde e bola amarela) /fotão de raios-X e eletrão	Interação do fotão de raios-X com o eletrão	Relaciona: - bola de bilhar verde com o fotão de raios-X - bola de bilhar amarela com o eletrão - choque entre as duas bolas de bilhar com choque entre fotão de raios-X e o eletrão	- As bolas de bilhar têm o mesmo tamanho o que não acontece com o fotão de raios-X e o eletrão - As bolas de bilhar têm massa e forma bem definidas, o que não acontece com o fotão de raios-X - Pode parecer que o fotão de raios-X e o eletrão apresentam diferentes cores, como acontece com as bolas de bilhar

Tabela 10 - Síntese das analogias usadas pelo professor PB nas aulas observadas (Cont.)

Analogia	Conteúdo a lecionar	Pontos fortes da analogia	Pontos fracos da analogia
8- Extremidade de uma corda que um homem faz girar em torno de si, com um raio fixo / movimento dos elétrons em torno do núcleo, num dado nível de energia	Movimento dos elétrons em níveis energéticos bem definidos	Relaciona: - um homem com o núcleo - extremidade livre da corda com elétron - movimento circular da extremidade livre da corda com movimento de um elétron em um dado nível de energia	- Os estudantes podem pensar que, da mesma forma que o homem para de girar a corda, quando se cansa, e esta cai, os elétrons podem parar de girar em volta do núcleo e cair sobre ele, o que não acontece - A extremidade da corda está materialmente ligada ao homem, mas os elétrons não estão materialmente ligados ao núcleo - A extremidade da corda move-se num plano e os elétrons de um dado nível energético movem-se no espaço, numa espécie de coroa circular - A extremidade da corda está a uma distância fixa do homem, mas os elétrons de um dado nível energético movimentam-se a diferentes distâncias do núcleo, que apenas em média são fixas.
9- Movimento das extremidades das pás de uma ventoinha em torno do centro/movimento de elétron em torno do núcleo	Movimento dos elétrons em níveis energéticos bem definidos	Relaciona: - centro da pá da ventoinha com o núcleo do átomo - pás da ventoinha com elétrons - movimento das extremidades das pás com movimento dos elétrons num dado nível energético - constância do raio da ventoinha em movimento com constância da distância de um elétron, em movimento num dado nível energético, ao núcleo	- A distância da extremidade da pá da ventoinha ao seu centro é única, mas no átomo há níveis de energia a diferentes distâncias do núcleo - A extremidade da pá da ventoinha está materialmente ligada ao centro, mas os elétrons não estão materialmente ligados ao núcleo
10- Pessoa que, por ficar nervosa, foge da sua casa e vai para a casa da mãe, e que regressa sua casa depois de baixar os nervos /excitação e passagem do elétron para nível mais energético e posterior desexcitação e regresso ao estado fundamental	Consequências da absorção e da posterior libertação de energia por um elétron	Relaciona: - pessoa com elétron - pessoa nervosa com elétron excitado - casa da pessoa com nível energético correspondente ao estado fundamental - casa da mãe com nível energético correspondente a estado excitado - nervos levam a pessoa a ir para casa da mãe, assim como um quantum de energia causa a subida de nível energético do elétron - o acalmar da pessoa e o seu regresso a casa, com a desexcitação e o regresso do elétron ao estado fundamental	Os estudantes podem pensar que: - da mesma forma que a casa tem existência material, real, as orbitais têm uma existência real - da mesma forma que a pessoa poderia parar algures entre a sua casa e a casa da mãe, o elétron poderia ficar algures entre os dois níveis energéticos Enquanto que se infere o que se passa em casa da mãe, não se sabe o que se passa no estado excitado

Tabela 10 - Síntese das analogias usadas pelo professor PB nas aulas observadas (Cont.)

Analogia	Conteúdo a lecionar	Pontos fortes da analogia	Pontos fracos da analogia
11- Regresso do hipopótamo ao rio/ regresso do eletrão ao estado fundamental	Emissão de energia por eletrão que regressa ao estado fundamental	Relaciona: - rio com orbital correspondente ao estado fundamental do eletrão - hipopótamo com eletrão - regresso do hipopótamo ao rio com o regresso do eletrão ao estado fundamental	- Nem todos estudantes conhecem a relação do hipopótamo com o rio O hipopótamo tem vontade própria e necessidades fisiológicas e o eletrão não tem
12- Companheiro de viagem que sai de lugar inseguro / eletrão que sai do estado excitado	Estado excitado do eletrão	Relaciona: - companheiro de viagem (uma pessoa) com eletrão - lugar inseguro com estado do eletrão quando excitado - casa onde o companheiro da viagem se refugia com orbital onde o eletrão está no estado fundamental	- Os estudantes podem pensar que, tal como o lugar inseguro tem existência real, as orbitais têm uma existência real - O companheiro tem vontade e sentimentos próprios e o eletrão não tem
13- Planeta terra girando em torno do sol/ eletrão girando em volta do núcleo	Movimento dos eletrões	Relaciona: - planeta terra com eletrão - movimento da terra em torno do sol com movimento de um eletrão em volta do núcleo	Os estudantes podem inferir que: - dado que o sol tem temperatura elevada, o núcleo do átomo tem temperatura elevada - tal como os planetas, os eletrões têm trajetórias fixas
14- Saída de um asteroide da sua órbita/saída do eletrão do átomo de hidrogénio	Formação do ião de hidrogénio	Relaciona: - asteroide com o eletrão de um átomo de hidrogénio (H) - órbita do asteroide com órbita do eletrão - saída do asteroide da sua órbita com saída do eletrão do átomo de H	Os estudantes podem não conhecer: - asteroides, por não fazerem parte do seu dia a dia - não saber como os asteroides se movimentam.
15- Comportamento inconstante de menina possuída por espírito ao entrar na igreja universal / emissão descontínua de energia pelo átomo	Quantificação da energia no átomo	Relaciona: - menina possuída por espírito mau com átomo - espírito com eletrão - entrada na igreja universal com excitação do eletrão - comportamento inconstante da menina, com emissão descontínua de energia pelo átomo	- Os estudantes não entendem a relação entre a igreja universal e o comportamento inconstante da menina com espírito mau - O comportamento da menina com espírito mau depende do espírito mau
16- Movimento errático de fantasma/ localização do eletrão na orbital	Localização do eletrão na orbital	Relaciona: - fantasma com eletrão - movimento do fantasma com movimento do eletrão - localização de um fantasma num espaço real com localização do eletrão numa orbital	- Nem todos estudantes conhecem como se movimenta um fantasma - Alguns estudantes podem atribuir aos eletrões características humanas ou outras, consoante o fantasma
17- Dar pontapé ao estudante/ fornecer um quantum de energia ao eletrão	Efeitos do fornecimento de um quantum de energia ao eletrão	Relaciona: - estudante com eletrão - pessoa que dá pontapé com fonte de energia - pontapé com fornecimento de um quantum de energia ao átomo.	- Nem sempre um pontapé eleva a pessoa, contrariamente ao que como acontece com o eletrão que recebe um quantum de energia; - Os estudantes podem imaginar que o quantum, tal como o pontapé, é coisa material

A análise das analogias apresentada na tabela 10 resultou do mapeamento estrutural das diversas analogias utilizadas por PB, nas suas aulas. A fim de, de seguida, ilustrar esse mapeamento, transcreve-se a analogia 10, tal como foi apresentada oralmente pelo professor PB, em uma das aulas observadas:

“Imagina quando um individuo fica zangado você continua ainda definitivamente zangado? O que se concede depois de algum tempo. Depois de algum tempo você volta ao estado natural, você respira fundo de alívio. Assim também acontece quando o elétron sai do estado fundamental ao estado excitado com absorção de quantum de energia e volta ao seu estado fundamental com emissão de quantum de energia que havia absorvido. Quer dizer que a senhora ficou nervosa, ficou excitada saiu e foi a casa da mãe e depois de baixar os nervos ela voltou a sua casa o que corresponde a emissão de quantum de energia e regresso ao estado fundamental onde a energia é baixa.” (PB)

Na tabela 11, apresenta-se o mapeamento desta analogia, o qual evidencia as correspondências entre elementos do domínio alvo e do domínio análogo (E1, E2 e E3), a correspondência entre mudanças de comportamento desses elementos (E2 (r_1) e E1(r_2)) e as relações entre relações no domínio alvo e relações no domínio análogo (A1(E1)). Estes aspetos são importantes quando se usa analogias que são complexas e que, como decorre do que foi escrito no segundo capítulo, precisam de ser bem explicitadas para poderem ser devidamente entendidas.

Tabela 11- Mapeamento estrutural da analogia usada por PB para lecionar as consequências da absorção e da posterior libertação de energia por um elétron

Domínio análogo	Correspondência	Domínio alvo
Pessoa	← E1 →	Elétron
Casa da pessoa	← E2 →	Nível energético relativo ao estado fundamental
Casa da mãe da pessoa	← E3 →	Nível energético relativo a estado excitado
Pessoa nervosa	← E2 (r_1) →	Elétron excitado
Nervos que levam a pessoa a ir para casa da mãe	← A1(E1) →	Um quantum de energia que causa a subida de nível do elétron
Acalmamento da pessoa e seu regresso a casa	← E1(r_2) →	Desexcitação e regresso do elétron ao estado fundamental

Da análise apresentada na tabela 10, verificou-se que a maior parte das analogias usadas nas aulas de química geral pelo professor PB têm potencialidades e limitações, o que também foi encontrado em estudos revistos no capítulo 2 (ex.: Glynn et al, 1989; Aubusson, Harrison & Ritchie, 2006). Apesar de se ter constatado que o professor PB tentou apresentar algumas descrições que tencionavam melhorar a compreensão das analogias, este não considerou pertinente ou não conseguiu apresentar as potencialidades e as limitações das analogias usadas, o que seria de esperar com base no estudo realizado por Kim, Kim e Noh (2019). Neste contexto, alguns estudantes podem ter-se fixado em aspetos

menos importantes da analogia, por falta de alerta para os seus aspetos relevantes para o conteúdo que o professor pretendia ensinar com base na analogia, ou podem ter interpretado a analogia de uma forma não pretendida e/ou não antecipada pelo professor. Isso pode levar os estudantes a estabelecer relações conceituais pouco apropriadas com o conceito em causa e, até, a construir ideias erradas sobre os conceitos que PB queria ensinar. Na verdade, mais de um terço das analogias usadas por PB faziam comparações do átomo e de partículas subatômicas com o ser humano e seus comportamentos (ex.: as analogias 8, 10, 12, 15 e 17) ou com animais (ex.: a analogia 11) ou com corpos celestes e seus movimentos (ex.: as analogias 13 e 14). Como foi referido anteriormente e como alguns professores reconhecem (Akaygun et al, 2018), este tipo de comparações pode ser problemático, pois os estudantes podem fazer uma transferência indevida de características e comportamentos do ser humano, de animais ou dos corpos celestes para o átomo e para as partículas subatômicas.

No que diz respeito à consciência que os dois professores tinham do uso de analogias, fazendo uma análise da quantidade de analogias apresentadas nas tabelas 8 e 10 e das respostas que, sobre esse assunto, os professores deram, pode concluir-se que cada um deles tinha consciência da quantidade de analogias que usava. Faltava, contudo, saber se tinham consciência da qualidade das analogias que usavam.

Assim, de seguida, os dois professores foram solicitados a apresentar um exemplo de uma analogia que costumavam usar nas suas aulas de química geral e que consideravam ser uma boa analogia (questão 29). Os professores não conseguiram apresentar um único exemplo, tendo afirmado que precisavam de tempo para se lembrarem das analogias que costumavam usar. Contudo, até ao fim da entrevista, não foram capazes de apresentar qualquer analogia, o que pode significar que não é fácil escolher uma boa analogia ou que, como referem Şendur, Toprak e Pekmez (2011), os professores se baseiam, passivamente, no manual escolar para as utilizarem.

Os professores foram questionados se costumavam enfrentar algumas(s) dificuldade(s) quando usavam analogias para ensinar química geral (questão 22, primeira parte). Ambos os professores afirmaram que não enfrentavam dificuldades. Quando foram solicitados a justificar essas respostas (questão 22, segunda parte), o professor PA não deu qualquer justificação e o professor PB afirmou que não enfrentava dificuldades porque, quando escolhia analogias, tinha em conta os conhecimentos prévios dos alunos e escolhia analogias em função dos mesmos. Segundo este professor, esse cuidado faz com que as analogias não criem dificuldades aos estudantes:

“Não. Por força de hábito sempre usamos analogias, e então não se enfrenta muitas dificuldades porque para escolher uma analogia deve se ter em conta o que o aluno conhece que se relaciona com os conteúdos que quero dar. As vezes depende da natureza dos estudantes, há uns que facilmente entendem as analogias apresentadas e

há outros que precisam mais de explicação quando usamos as analogias. Isso depende do tipo de estudantes que aparecem com nível cognitivo diferente, aí nós podemos ter certas dificuldades, mas não tanta dificuldade assim para o entendimento.” (PB).

O facto de o professor PA ter apresentado apenas cinco analogias em 218 minutos pode, não só ser uma evidência de dificuldades no uso de analogias para ensinar conteúdos de química geral, mas também ‘justificar’ a sua não resposta à questão 22, como forma de evitar dizer a verdade sobre as referidas dificuldades. O facto de o professor PB ter usado muitas analogias e ter afirmado que não enfrentava dificuldades quando apresentava analogias nas aulas pode fazer pensar que os seus alunos aprenderam mais sobre o tema em causa do que os de PA. No entanto, e apesar de haver evidências de que os alunos gostam de analogias (Rahayu & Sutrisno, 2019), a ocorrência, ou não, de aprendizagem com base nas analogias usadas por PB não foi estudada.

De seguida, os professores foram questionados se costumavam usar analogias quando ensinavam sobre o átomo e a estrutura atómica (questão 21, primeira parte). Os dois professores afirmaram que usavam analogias para tratar o referido conteúdo, pelo facto de:

- i) o átomo não ser observável e o conceito de átomo precisar de ser bem compreendido, por ser a base de toda a química a aprender no futuro (PA):

“O átomo não se pode ver. Para o aluno entender os outros conteúdos de química deve ter bases fortes de o que é isso de átomo. Se o aluno não aprender e entender bem poderá ter várias dificuldades nas classes posteriores. Então usando analogias se fortifica ou melhora-se o entendimento deste conceito de átomo e se facilita a aprendizagem de outros conceitos como ião, eletrão, molécula [...]” (PA);

- ii) o átomo ser um conceito complexo e de difícil compreensão e não acessível aos alunos (PB):

“[...] porque é um assunto um pouco complexo e de difícil entendimento para os estudantes até na universidade. É algo que os estudantes não conseguem observar ao olho nu, nem ao microscópio agente não consegue observar como é que no átomo as partículas se encontram. Então para o entendimento eu uso a analogia e faço esta comparação com aquilo que é conhecido pelos alunos e posso fazer entender a eles como é o átomo e toda estrutura atómica.” (PB).

Assim, pode concluir-se que os professores apresentavam um conhecimento aceitável das razões pelas quais se deve usar analogias para ensinar sobre o átomo e a estrutura atómica. Na verdade, é importante que os professores usem, de forma planeada, analogias (Maharaj-Sharma & Sharm, 2015; Rahayu & Sutrisno, 2019; Ramos, Mendonça & Mozzer, 2019) quando está em causa a aprendizagem de conceitos abstratos e de difícil compreensão para os alunos.

No âmbito da entrevista, os dois professores foram, ainda, solicitados a apresentar um exemplo de uma analogia que costumavam usar para ensinar sobre o átomo e a estrutura atómica (questão 21, segunda parte). Ambos os professores se recordaram de três analogias que costumavam usar para ensinar o referido conteúdo: analogia da esfera maciça, para átomo de Dalton; analogia do pudim de

passas, para o átomo segundo Thomson; e a analogia do sistema planetário, para o modelo atômico de Rutherford. Refira-se que, durante as aulas observadas, o professor PA apenas usou a analogia do pudim de passas (ver tabela 10), o que pode significar que não se lembrou ou não considerou oportuno usar as outras. De seguida, apresentam-se as descrições das três analogias:

i) analogia de pudim de passas, para o átomo segundo Thomson:

“[...] significa que este modelo considerava as passas do pudim como sendo elétrons, e a massa de todo pudim era a massa do próprio átomo, que seria positiva. Vejam que, assim podia se pensar que o átomo é constituído por uma grande parte de cargas positivas, mas no seu todo é nulo. Será que essa comparação é boa? Era assim que se pensava do modelo de Thomson.” (PA).

ii) analogia da esfera maciça, para o átomo de Dalton:

“Nós podemos dizer que o átomo para Dalton se parece com uma esfera maciça.” (PB).

iii) analogia do sistema planetário, para modelo atômico de Rutherford:

[...] então, assim o átomo apresenta núcleo carregado positivamente, e a maior parte é um espaço vazio onde circulam os elétrons. Isso é semelhante ao sol e planetas que giram em torno deste, por exemplo o Vénus, o Marte e o planeta plutónio. Por isso o modelo atômico de Rutherford se chama de modelo do sistema planetário.” (PB).

Como já referimos acima, a maior parte das analogias usadas nas aulas observadas foram criadas pelos dois professores, mas as três analogias que os professores afirmaram usar para ensinar o conteúdo em causa são apresentadas pelos ME de química em uso em Moçambique. Isso era de esperar, pois, segundo alguns autores (Şendur, Toprak & Pekmez, 2011; Thiele & Treagust, 1994b), os professores tendem a usar analogias apresentadas por ME.

Os dois professores foram questionados se costumavam enfrentar dificuldades quando, nas suas aulas usavam analogias sobre o átomo e a estrutura atômica (questão 23, segunda parte). Ambos os professores responderam negativamente. No entanto, apesar de estes terem afirmado que não enfrentavam dificuldades ao tratar o referido conteúdo usando analogias, isso pode não corresponder à verdade, pois, quando se analisam as tabelas 8 e 10, constata-se que usaram analogias que continham muitos erros e muitas limitações e/ou que não faziam parte da realidade dos estudantes moçambicanos (ex.: analogia do pudim de passas, para o átomo de Thomson). Além disso, não foram capazes de explicitar ou não consideraram relevante discutir com os alunos as limitações existentes nas analogias usadas, o que pode constituir uma evidência de dificuldades no uso de analogias.

Os dois professores foram solicitados a dizer em que condições recorriam ao uso de analogias nas suas aulas de química geral (questão 18.1). Nenhum dos professores apresentou situações concretas em que costumava recorrer ao uso de analogias para ensinar conteúdos de química geral. Limitaram-se a referir que usavam analogias quando pensavam que os alunos tinham dificuldades em

compreender o assunto, o que à luz dos resultados da investigação (Şendur, Toprak & Pekmez, 2011), pode fazer sentido. Um exemplo deste tipo de resposta foi apresentado pelo professor PB:

“Principalmente quando é um assunto ou quando é para tratar conceitos um pouco complicados. Eu sei com base na minha experiência que os estudantes dificilmente entendem este e aquele conceito de química geral então para elevar o seu nível cognitivo preciso de usar uma analogia [...] procuro comparar o conteúdo com algo que eles conhecem [...]” (PB).

O facto de os professores não apresentarem evidências das condições em que recorriam ao uso de analogias pode estar relacionado com a sua falta de formação para o uso deste recurso didático. No entanto, não encontramos literatura que abordasse este facto.

Os dois professores foram questionados se, quando usavam analogias, tornavam explícito para os alunos que estavam a usar uma analogia (questão 18.2). Os mesmos professores afirmaram que não tornavam isso explícito para os seus estudantes, por duas razões:

i) as analogias eram usadas de uma forma espontânea:

“Não explícito, por causa dessa espontaneidade, mas se isso fosse organizado seria fácil eu dizer para eles. [...] se eu planificasse diria que compare isso com aquilo, porque eu tinha um plano de que chegado a um momento da minha aula iria usar uma comparação. Então se você não programa, não há necessidade e é muito difícil você dizer a eles que está a usar analogia porque você nem tem segurança do que diz.” (PA);

ii) as analogias não eram um objetivo de aprendizagem a alcançar com a aula (PB):

“Não. Não paro e não digo a ele que agora vou usar analogia x e y, simplesmente mostro a eles a tal comparação. Acho desnecessário por não ser o objetivo da aula, o que quero é que eles aprendam com base na analogia e mostro a eles aquilo que eles têm no dia a dia e aquilo que eles não conhecem e devem aprender [...]. Eu não paro e não digo que [...]” (PB).

Na verdade, em nenhum momento, durante a observação das aulas, os dois professores explicitaram aos estudantes que estavam a usar uma analogia. No entanto, segundo alguns autores (Júnior, Francisco & Oliveira, 2012), a explicitação de que se vai usar uma analogia pode trazer algumas vantagens, pois os alunos poderão concentrar-se mais facilmente em aspetos essenciais dessa analogia.

De seguida, os dois professores foram solicitados a indicar quantas analogias usavam, em média, numa aula de química geral (questão, 19). O professor PA afirmou que usava, em média, três analogias por aula e o professor PB afirmou que usava, em média, quatro analogias. Como referimos acima, o professor PA usou, em média, uma analogia por aula de química geral observada, o que é um pouco menos do que o que o professor havia afirmado. Por seu lado, o professor PB usou duas analogias, em média, em cada aula, o que também difere do que havia afirmado. Acresce que a média de analogias que os dois professores usaram é baixa, quando comparada com a referida em outros estudos (Brown & Salter, 2015), pois estes apontam para de 5 a 10 analogias por aula de ciências.

Os professores foram, ainda, solicitados a informar se usavam, ou não, igualmente, as analogias

em todos os temas de química geral (questão 20). Ambos os professores afirmaram que não as usavam em todos os temas, pois, como afirma o professor PB, as analogias devem ser usadas apenas quando se sente que elas podem contribuir para a melhorar a compreensão do que se pretende ensinar:

“Não em todos os temas. Mas em alguns temas que eu noto por exemplo que os estudantes não estão a entender ou estão tendo dificuldades para entender alguns temas. Então vejo que usando as analogias os estudantes conseguem melhorar o entendimento dos conceitos em pouco tempo e até elevar mesmo o nível cognitivo.” (PB).

De seguida, os professores foram questionados sobre quando decidiam usar analogias, antes da aula ou durante a aula (questão 24). Ambos os professores afirmaram que decidiam usar analogias durante a aula, quando descobriam que os estudantes apresentavam dificuldades em compreender os conteúdos em causa. Para PB, a necessidade de utilização de analogias surge no contexto da aula e depende do nível cognitivo dos alunos:

“Eu frequentemente faço isso durante a aula. Porque tudo emerge, tudo aparece durante a aula, o problema meu e na minha opinião o uso da analogia só tem sentido quando se descobre que o aluno não percebe o que quero ensinar. Olha que eu não preciso usar analogia se o nível cognitivo dos estudantes é bom se eles entendem logo a primeira não uso uma analogia. Basta ver que eles já vêm com uma bagagem suficiente para o assunto que eu pretendo tratar, uma bagagem inicial muito boa e prontos nós conseguimos avançar, notamos logo que o estudante não tem muitos problemas, mas quando são assuntos complexos nós notamos logo de imediato, então aí, a tendência é de logo de imediato eu passar a usar uma analogia. Veja que isso só acontece durante as aulas. Agora uma preparação previa uma programação previa, não digo que não tenho feito isso, as vezes isso pode acontecer, mas geralmente isso acontece durante a aula.” (PB).

Fazendo uma análise do que se observou durante as aulas, todas as analogias foram usadas de forma espontânea, pois não se encontrou nos apontamentos recebidos (tipo planificação) dos dois professores analogias para serem usadas nas aulas. Segundo alguns autores (Thiele & Treagust, 1994a; Harrison & Treagust, 1996; Orgill, Bussey & Bodner, 2015), o uso espontâneo de analogias tem efeitos, ao nível da aprendizagem, muito menores do que teria se fosse planificado.

Em síntese, pode concluir-se que os professores de química geral que participaram neste estudo usaram diferentes quantidades de analogias, algumas delas erradas, com muitas limitações ou eticamente não aconselháveis, sem apresentarem as potencialidades e as limitações dessas analogias. Isso pode ser devido a falta de formação para uso deste recurso didático. Os dois professores evitaram reconhecer que tinham dificuldades em usar analogias e pouco conhecimento de analogias, mas não foram capazes de apresentar exemplos de uma boa analogia para o ensino de química geral, o que contraria o facto de afirmarem que não tinham dificuldades em usar esse recurso. Essas dificuldades podiam estar relacionadas com a falta de formação destes dois professores para o uso de analogias em ensino de química, pois, como referimos no capítulo 3, eles não tinham formação em utilização de analogias para o ensino de química.

4.2.6. Materiais a que professores de química geral diziam recorrer para usarem analogias nas aulas

Os dois professores de química geral foram questionados sobre em que se baseavam, ou a que recorriam, para selecionar as analogias que usavam nas aulas (questão 26). Ambos afirmaram que criavam as suas próprias analogias, movidos pela necessidade de ajudar os alunos a vencer as suas dificuldades. A este propósito, o professor PB afirmou que:

“Como tinha dito que são por mim criadas espontaneamente e espontaneidade é inspiração, e inspiração é pessoal. Quando vejo que os estudantes estão a enfrentar certas dificuldades e eu noto que assunto que não estão a entender pode ser comparado com algo que eles conhecem, então eu pego exatamente nesta estrutura que eles conhecem e então faço uma analogia com aquilo que é desconhecido.” (PB).

Fazendo uma análise dos apontamentos que foram entregues pelos professores, constatou-se que as analogias que usaram nas aulas não constavam nos referidos apontamentos. Isso reforça a ideia de que os professores criavam as suas analogias, de forma espontânea e não planificada, o que, como foi argumentado anteriormente, reduz a eficácia das mesmas. No entanto, a criação de analogias pelos professores que participaram neste estudo era de esperar, uma vez que outros estudos previamente realizados (Orgill, Bussey & Bodner, 2015) conduziram a resultados semelhantes.

Os professores foram questionados sobre a importância que atribuíam às analogias que são apresentadas nos livros de química geral (questão 27). O Professor PA afirmou que não atribuía importância a algumas analogias que estão inseridas nos livros de química geral por considerar que não são adequadas ao contexto de Moçambique. No entender deste professor, as analogias a incluir nos livros de química deviam ser elaboradas com base em contextos locais:

“Nem sempre dou importância a essas analogias. Por exemplo a analogia de pudim de passas, ainda não vi muitas, mas para mim algumas das quais aparecem aí como essa, estão um pouco deslocadas a realidade do nosso estudante moçambicano. Para se perceber por exemplo pudim de passas, é necessário que alguém tenha visto ou tenha preparado um pudim de passas, [...] assim quando aparecem no contexto do livro ou do texto, pouca importância tenho dado. Possivelmente quem a fez achou que era ideal ou universal, mas há momentos em que não se encaixam, é necessário que se busque um contexto local, nem todas as analogias que estão nos nossos manuais são para a nossa sociedade local.” (PA).

Embora o professor PB não tenha respondido indiretamente à pergunta, uma vez que ele afirmou que algumas analogias inseridas nos livros de química geral são antiquadas e apresentam erros, pode inferir-se que este professor não atribuiu importância às analogias em causa:

“Como eu referi, alguns livros apresentam algumas analogias antigas que não estão muito bem corretas e isso representa um perigo, o que faz com que elas percam a sua importância. Alguns livros apresentam algumas analogias eu já verifiquei isso outros não estão corretos, isto é, são perigosas, e por isso não as dou importância alguma [...]” (PB).

De seguida, os professores foram questionados se costumavam usar às analogias inseridas nos livros de química geral (questão 27.1). O professor PA disse que as usava em situações que houvesse

necessidade para tal e se elas estivessem bem elaboradas:

“Quando haver necessidade e achar que são bem feitas, e não apresentam erros, mas quando são úteis e compreensíveis para os meus estudantes e serem do contexto deles, então tenho usado. Muitas vezes uso as minhas analogias.” (PA).

O Professor PB disse usar analogias dos livros de química geral em algumas ocasiões, mas parece preferir as analogias por si criadas.

“Não é frequente usar essas analogias. Como eu me referi durante as aulas as analogias acabam emergindo, aparecem em contacto com os estudantes, raramente uso as dos livros de química geral. Contudo algumas podem aparecer em alguns livros, um e outro posso usar e outros não me interessam por que as analogias muito complexas não tem muito efeito para a aprendizagem e por isso acabo encontrando outras analogias e outras vezes acabo levando as analogias dos livros por achar que são úteis para o entendimento.” (PB).

Assim, pode concluir-se que, apesar de, por vezes, os dois professores usarem as analogias apresentadas nos livros de química geral, eles preferem usar a analogias por si criadas, por terem constatado que as analogias inseridas nos livros de química geral não estão bem estruturadas. Esta afirmação dos professores é concordante com resultados de estudos centrados na análise de analogias incluídas em manuais escolares de ciências (Leite, 2006; Ferry & Nagem, 2008; Oliveira, 2013; Körhasan & Hidir, 2019) de outros países.

Os dois professores foram questionados se costumavam fazer algum tipo de avaliação das analogias incluídas em livros de química geral (questão 31) e ambos referiram que as costumavam avaliar. O Professor PA disse que essa avaliação o levou a concluir que algumas analogias inseridas nos livros de química geral não eram adequadas ao contexto moçambicano:

“[...] faco sim, mas da avaliação que tenho feito verifiquei que algumas analogias estão deslocadas na parte da realidade dos estudantes nossos, mas algumas delas são ideais, se calhar pode me pedir um exemplo, mas não tenho aqui agora, mas algumas são ideais.” (PA).

O professor PB afirmou que a avaliação realizada o levou a concluir que algumas das analogias inseridas nos livros de química geral não estão bem elaboradas:

“Exatamente, razão pela qual eu disse alguns livros não estão muito bem, não são úteis, elas apresentam muitos erros que não posso precisar agora. [...], algumas ainda hoje podemos usar e muitos investigadores preferem em não usar por estarem erradas.” (PB).

Os resultados deste estudo contrastam com os obtidos por alguns autores (Thiele & Treagust, 1995; Gonçalves & Julião, 2016), que constataram que muitos professores não faziam a avaliação das analogias inseridas em manuais escolares de ciências, mas são parcialmente concordantes com os de outros estudos (Kim, Kim & Noh, 2019), que mostraram que os professores fazem a avaliação de algumas das analogias.

De seguida, os professores foram solicitados a descrever como faziam essa avaliação (questão

31.1). Ambos afirmaram que faziam essa avaliação com os seus estudantes, para ver se a analogia resultava bem e se valia a pena continuar a usá-la em outras aulas.

“Eu faço esta avaliação durante a minha aula eu faço esta avaliação com os meus estudantes, então noutra sentido eles começam a usar, ao tentar explicar algo, quando lanço uma questão eles já começam a usar e isto é algo interessante, eu ai noto que se ele esta fazer uma comparação ele esta querer fazer me entender em algo com base numa analogia, mas eu faço a avaliação das analogias e eu vejo que esta analogia sim posso continuar a usar e esta analogia não.” (PB).

Os dois professores foram solicitados a dar um exemplo de uma analogia incluída num desses livros e que consideravam ser uma boa analogia (questão 32). Nenhum dos professores foi capaz de apresentar um exemplo.

De seguida, os professores foram solicitados a apresentar um exemplo de uma analogia incluída num desses livros e que consideravam ser uma má analogia (questão 33). De igual modo, nenhum conseguiu apresentar um exemplo dessas analogias.

No âmbito da entrevista, os dois professores foram questionados se costumavam incentivar os seus estudantes a usar analogias nas aulas de química geral (questão 34). Ambos afirmaram que não incentivavam os seus estudantes a fazer isso. Na verdade, durante as aulas observadas, não se encontraram situações em que os dois professores incentivassem os estudantes a usar analogias, o que era de esperar, pois, como constatou Oliveira (2013), durante as aulas, os professores de ciências não incentivavam os alunos a usar analogias nem os ajudavam a explorar adequadamente as analogias inseridas nos ME, usando-as só para tornar os conteúdos científicos mais atrativos e para chamarem a atenção dos alunos.

De seguida, os dois professores foram questionados sobre como é que os alunos reagiam às analogias existentes nos livros de química geral, nomeadamente se davam importância e se compreendiam essas analogias (questão 36). O professor PA não respondeu e o professor PB afirmou que achava que, às vezes, os estudantes deixavam de dar importância às analogias dos livros de química geral por elas serem complexas e/ou estarem erradas:

“É um pouco difícil, quando os autores de livros usam essas analogias de uma forma incorreta. Há duas hipóteses ou eles acabam pensando que as analogias dos livros são difíceis e então acabam não entendendo perfeitamente então eles acabam rejeitando no sentido de não usar e se for algo muito complexo eles também acabam não usando essas analogias por ser algo complexo. Preferem não ler [...]” (PB).

Segundos alguns autores (Gonçalves & Julião, 2016), os estudantes não dão importância às analogias inseridas em ME e em outros livros de ciências, devido à complexidade e/ou à dificuldade de compreensão oferecida pelas analogias apresentadas e por não estarem preparados para usar as analogias existentes nos referidos recursos didáticos.

Em síntese, pode concluir-se que os dois professores preferiam criar as analogias que usavam

nas aulas, uma vez que as analogias inseridas nos livros de química geral não eram do quotidiano dos estudantes e/ou apresentavam alguns erros, o que levava os dois professores a não atribuírem importância às referidas analogias. Esta constatação de falhas nas analogias inseridas nos livros de química geral resulta da avaliação que ambos disseram que faziam das analogias inseridas nos referidos livros. Contudo, como se mostrou na secção anterior, as analogias usadas pelos professores apresentavam diversas limitações, que esses professores não foram capazes de avaliar, o que seria uma condição necessária para as melhorar.

4.2.7. Seleção e avaliação de analogias que professores de química geral dizem usar nas aulas

Os dois professores de química geral foram questionados sobre os critérios que adotavam quando queriam selecionar analogias para usar nas aulas de química geral (questão 28). O professor PA afirmou que, para escolher uma analogia, verificava se a analogia fazia parte do quotidiano dos seus estudantes:

“Primeiro acho que é necessário ver se a analogia faz parte do dia a dia do aluno, o estudante deve ter o domínio da analogia, tem que dominar o objeto que se deve fazer a comparação entre o conteúdo científico e o objeto, e eu tenho que ser capaz de saber que se eu referir a esse objeto, o estudante vai reconhecer de imediato, [...], o estudante tem que ser capaz de entender que eu estou a falar disto, [...], deve conhecer e dominar o objeto, o objeto de facto deve ter uma ligação clara com o conteúdo que estou a dar, uma ligação [...]” (PA).

Por seu turno, o professor PB afirmou que averiguava se a analogia servia para concretizar os objetivos relacionados com os conceitos a ensinar:

“De principio eu só verifico se a analogia faz com que se atinjam os objetivos da minha aula, isto é, se corresponde ao conteúdo que quero ensinar e dali a uso.” (PB).

Assim, pode concluir-se que os professores entrevistados evidenciam conhecimento dos critérios a usar para escolher uma analogia a utilizar para um ensinar um dado conceito. Esta constatação é semelhante à obtida por Júnior, Francisco e Oliveira (2012) e por Akaygun et al (2018), nos estudos que realizaram com professores de ciências de diferentes países.

De seguida, os professores foram questionados se, quando usavam analogias nas suas aulas, costumavam avaliar o seu efeito na aprendizagem do assunto em causa, por parte dos estudantes (questão 30). O professor PA afirmou que avaliava o efeito das analogias usadas com base no que sentia que os alunos estavam a aprender sobre os conceitos que estava a ensinar com base na analogia. Esta avaliação informal é evidenciada pela resposta do respetivo professor:

“Sim, a satisfação, devem de imediato fazer a ligação, e ver o comportamento dos alunos perante perguntas relacionadas aos conteúdos que se usou analogia, uma ponte daquilo que eu disse com aquilo que eu estou a explicar, se já entendem e conseguem fazer esta ponte, há satisfação [...] eu quando trabalho com analogias,

procuro fazer o estudante entender o conteúdo, uma a avaliação é implícita.” (PA).

Por seu lado, o professor PB afirmou que fazia a avaliação em questão e acrescentou que isso é importante ser feito porque ele só voltaria a usar a analogia, no ano seguinte, se verificasse que ela contribuía positivamente para a aprendizagem:

“É quando digo que esta analogia é boa porque faz-se alguma avaliação, porque quando a pessoa avaliar no ano seguinte a gente passa a ter conhecimento de que esta analogia produz algum efeito então é preciso avaliar e porque muitas das vezes outras analogias não produzem algum efeito e esta analogia não é muito boa porque não produzem muitos efeitos.” (PB).

Em síntese, parece que os professores são pouco criativos ou têm pouca experiência de trabalhar com analogias, pois avaliam com base em percepções não estruturadas, em vez de, por exemplo e como sugere alguns autores (Jarman, 1996; James & Scharmann, 2007), pedirem aos seus estudantes para criarem as suas próprias analogias, o que lhes permitiria avaliar a aprendizagem a um nível muito mais profundo.

4.2.8. Perspetivas de professores de química geral sobre o uso de analogias

Os dois professores selecionados para este estudo foram questionados se, na opinião deles, os estudantes que concluem a licenciatura em ensino de química irão, ou não, usar analogias nas escolas (questão 37). O professor PA manifestou a opinião que os estudantes terão dificuldade em usar esse recurso didático e acrescentou que essas dificuldades resultarão da falta de preparação para ensinarem química com base em analogias. No entender deste professor, essa preparação deveria acontecer ao longo da formação, mas, segundo ele, isso não se verifica porque os professores de química não tiveram formação para usarem analogias:

“Acho que usarão com muita dificuldade, mas com aprendizagem poderiam usar analogias ou se tivesse aprendido cá na universidade tenho a certeza de que usariam, [...]. Se os professores incentivassem essa prática nas aulas eles usariam nas escolas. [...], então se nós não trazermos à tona a temática das analogias, dificilmente os nossos estudantes poderão usar isto, assim como nós fomos formados sem usarmos as analogias, por isso dificilmente ajudamos nossos alunos a usar analogias [...].” (PA).

Por seu turno, o professor PB afirmou que alguns estudantes usarão analogias, mas este professor parece duvidar que sejam capazes de as usar adequadamente:

“Depende da iniciativa de cada um, uns bem ou mal vão usar. Eu tive um caso perante estágio pedagógico, ele usava analogias e eu como professor assistente eu presenciei esse estudante a usar em certas unidades temáticas as analogias, ele usava, comparava com base no uso dessas analogias. Mas tenho dúvidas se esses vão usar bem porque nada se ensina do que sei a nível da universidade e nos estágios eles tentam usar, mas com muitos erros.” (PB).

A previsão que os professores fazem de que alguns estudantes terão dificuldades em usar analogias era esperada tendo em conta resultados obtidos por alguns autores (Jarman, 1996; Freitas,

2011; Silva, Souza & Silva, 2013; Kim, Kim & Noh, 2019), segundo os quais muitos estudantes, futuros professores, evidenciaram dificuldade em usar analogias, por não estarem preparados para tal.

De seguida, os professores foram questionados se, na opinião deles, a utilização, ou não, de analogias nas aulas de química geral influenciará o uso desta ferramenta, por parte dos estudantes, quando chegarem às escolas (questão 38). O professor PA não respondeu à questão e o professor PB, consistentemente com o que havia referido anteriormente, manifestou a opinião que, se os professores de química geral usarem analogias nas suas aulas, os estudantes também as usarão nas escolas:

“Cria uma influência, porque existe uma certa tendência por parte dos estudantes não sei se posso dizer que se é mau ou não de acabar assimilando o que o professor faz, o comportamento do professor, a maneira como o professor, se ele gostou ele acaba aculturando vamos dizer assim não é, então ele acaba pegando este comportamento do professor e acaba usando nas suas atividades profissionais. Eu já tive esse tipo de estudante que dizia estas a ver aquilo que você fazia eu lá em Caia aquilo é útil eu também estou a usar lá onde eu estou. Então isso acontece alguns estudantes acabam usando essa formas nas suas atividades. Por que ele já teve esse caso de estudante.” (PB).

Esta opinião do professor PB é compatível com o resultado obtido no estudo realizado por Freitas e Lima (2014), onde se constatou que o uso de analogias por futuros professores depende da utilização que delas é feita na formação inicial.

Os dois professores de química geral foram questionados se a entrevista os tinha feito pensar em assuntos novos, relativos ao uso de analogias para o ensino de química (questão 39). O professor PA afirmou que a entrevista o fez repensar a sua prática em relação ao uso de analogias e que estava a pensar passar a planificar o seu uso:

“Muito. Acabei percebendo que, por exemplo na última parte desta entrevista eu disse que em cada unidade temática, é necessário haver um paralelismo sobre o conteúdo científico daquilo que estivermos a dar e relacionarmos com o dia a dia do estudante e procurarmos trazer algo que é do domínio do próprio estudante para fazer enriquecer o seu conhecimento científico, entendi que em um momento de planificação da minha aula tenho que pensar em algo que seja do domínio do próprio estudante ligado a unidade.” (PA).

Por seu turno, o professor PB disse que ia começar a planificar o uso de analogias e a colocá-las nos apontamentos (texto de apoio) que fornecia aos estudantes:

“Irei começar a potenciar mais o uso de analogias não falo só de potencial como também passar a introduzir nos nossos textos e as vezes não é comum aparecer nos nossos textos de apoio que produzimos, eu penso que é importante também que certas analogias apareçam nos textos ou apontamentos que entregamos aos nossos estudantes, esta questão devo potenciar também.” (PB).

Assim, pode concluir-se que a entrevista parece ter tido efeito nos dois professores entrevistados que poderão passar a planificar o uso de analogias.

De seguida, os professores foram questionados se as suas práticas letivas, relativas ao uso de analogias nas aulas de química geral, iria sofrer alterações (questão 40). Ambos responderam positivamente e apresentaram duas ideias sobre o que passarão a fazer. Por um lado, o professor PA

afirmou que passará a usar analogias nas aulas, sempre que isso for possível:

“Vai sim, vou tentar ver se poderei encaixar sempre que possível, em cada aula, tentarei encaixar o científico que estou a me referir e algo semelhante ao conhecimento dos alunos. Essa entrevista de facto, como havia perguntado anteriormente, suscitou uma nova área de aprendizagem, já se sabe que não há nenhum cientista cabal, por isso que temos áreas divididas, mesmo na própria química, existem áreas de domínio de cada um e nós somos apelados a especialização, é por isso que temos especialidade diferente e pessoas diferentes e a temática da analogia achei que é uma abordagem muito boa e poderá revolucionar o processo de ensino e aprendizagem.” (PA).

Por outro lado, o professor PB afirmou que ia procurar aperfeiçoar o conhecimento que tinha sobre o uso de analogias:

“Bom sofrerá alteração porque vou procurar aprender mais sobre o uso de analogias com, pois a introdução de novos conhecimentos sempre provoca alteração do comportamento. Quando aparecem novos conhecimentos novas analogias aparecem [...]” (PB).

Quando questionados se gostariam de acrescentar algo mais ou de alterar algo que tivessem dito durante a entrevista (questão 41), o professor PA não acrescentou nada, mas o professor PB argumentou que os investigadores e os professores deveriam avaliar os resultados do uso de analogias:

“[...] seria muito bom que os pesquisadores que usam essas analogias possam avaliá-las para ver se essas analogias provocam algum efeito para os alunos. Porque muitos que usam analogias não fazem isso. O que os professores fazem é avaliar se o conhecimento foi adquirido ou não, mas verificam especificamente se os conteúdos em que se usou analogias foi bem assimilado ou não. Seria muito bom que os professores fizessem essas avaliações [...]” (PB).

Em síntese, os professores acreditam que, no futuro, os estudantes que concluírem o curso de química poderão usar analogias para ensinar química, mas fá-lo-ão com dificuldade, por não terem sido preparados para o efeito. Um dos professores (PB) acreditava que, se ele usasse analogias, os seus estudantes usariam analogias nas escolas. Este facto não é assim tão linear, pois, segundo alguns autores (James & Scharmann, 2007; Silva, Souza & Silva, 2013; Rigolon, 2016), para o uso eficaz e crítico de analogias, os estudantes, não só devem observar os seus professores a usar analogias, mas também precisam de ser ensinados a usá-las corretamente e de ser incentivados a produzir as suas próprias analogias.

Da parte de ambos os professores, parece haver disponibilidade para mudar práticas letivas o que, como o professor PB reconheceu, só terá grande probabilidade de ser bem-sucedido depois de os professores de química geral aperfeiçoarem o seu conhecimento sobre analogias e sua utilização em contextos de ensino. Embora o professor PB tenha razão no que afirma, o que acontece é que os estudantes da licenciatura em química estudam didática e esta disciplina deveria prepará-los para usarem analogias no ensino de química. Este assunto vai ser averiguado no próximo subcapítulo.

4.3. Resultados obtidos no estudo sobre formação facultada a futuros professores para o uso didático de analogias

Neste subcapítulo apresentam-se os resultados obtidos no estudo realizado com professores de didática de química, referentes à formação facultada aos futuros professores para o uso de analogias. Os dados foram recolhidos por entrevista (anexo 3) realizada a 11 professores de didática de química, conforme descrito no subcapítulo 3.4. O subcapítulo organiza-se em oito secções, definidas em função das dimensões da entrevista.

4.3.1. Concepções dos professores de didática de química sobre o conceito de analogia

Os 11 professores de didática de química, quando foram questionados sobre se já tinham ouvido falar de analogias (questão 6, primeira parte), todos afirmaram que já tinham ouvido falar delas. Quando lhes foi perguntado onde tinham ouvido falar de analogias (questão 6, segunda parte), seis dos entrevistados afirmaram ter ouvido falar delas durante o mestrado, dois na licenciatura e outro disse que o conhecimento de analogias que possuía resultou de leituras que fez. Os restantes entrevistados não referiram como tomaram contacto com as analogias, o que pode denotar que o conhecimento que possuíam sobre o assunto podia ser muito reduzido. Note-se que também autores como Mozzer e Justi (2013), Maharaj-Sharma e Sharma (2015) e Orgill, Bussey e Bodner (2015) constataram que poucos professores do ensino secundário e superior tinham ouvido falar de analogias.

Quando questionados sobre o que entendiam por analogia (questão 6.1), os entrevistados deram diferentes respostas, umas de cariz concetual (n=7) e outras de cariz operacional (n=2) e dois não responderam (tabela 12).

Tabela 12 - Concepções dos professores de didática sobre o conceito de analogia

(N=11)

Tipos de Definição	Categorias de resposta	Professores										
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Concetual	Respostas Corretas											
	Respostas Incompletas	X				X						X
	Respostas Alternativas		X		X					X	X	
Operacional /funcional				X			X					
Não responde								X	X			

As respostas de cariz concetual foram classificadas usando as categorias previstas na secção 3.4.5, tendo-se constatado que ninguém apresentou respostas que pudessem ser consideradas corretas e completas. Assim, dos sete entrevistados que deram respostas concetuais compreensíveis, três

entrevistados (P1, P5 e P11), dois com o grau de mestre em educação/ensino de química (P1 e P5) e um detentor do grau de doutor em ensino de química (P11), apresentaram respostas incompletas, uma vez que se limitaram a dizer que uma analogia é uma comparação. Apesar de isso estar correto, as respostas foram consideradas incompletas, pois:

i) dois deles (P1 e P5) não explicitaram o que estava envolvido nessa comparação, como se pode notar na resposta de P1:

“Uma analogia é quando fazemos comparações, [...], algo que nos aproxima a realidade em estudo. [...] nos pode ajudar a comparar as partes, as características sobre as quais nós queremos estudar. Quer dizer o que é análogo não constitui o verdadeiro objeto de estudo, mas apresenta características que nós podemos apresentar aos alunos.” (P1);

ii) um deles (P11) não referiu que o análogo tem que ser familiar ao aluno, limitando-se a afirmar que:

“[...] analogia, significa semelhança [...] é algo que procura comparar os conceitos com situações de dia a dia [...] para melhor explicar os conteúdos [...].” (P11).

Este resultado é semelhante ao encontrado por Farias, Godinho e Prochnow (2011), em cujo estudo os professores também se limitaram a responder que uma analogia significava uma comparação ou uma semelhança, sem explicarem que tipo de comparação se faz e nem que semelhança se deve observar entre as entidades em causa. No entanto, pelo facto de os professores que participaram neste estudo serem mestres ou doutores em ensino de química, seria expectável que soubessem responder.

Quatro dos entrevistados (tabela 12), detentores do grau de mestre em educação/ensino de química, deram respostas concetuais que foram classificadas como alternativas, na medida em que, apesar de terem alguma lógica (quando se referem ao uso de situações do dia a dia na abordagem de conteúdos), não são compatíveis com a definição de analogia aceite pelos especialistas na área e que foi apresentada na secção 1.2.3. Na resposta de um dos entrevistados, analogia foi identificada com exemplo, como se pode notar na resposta que segue:

“Analogias, para mim é buscar exemplos de nosso dia-a-dia, das nossas vivências, é buscar factos que sejam comuns para explicar ou abordar um determinado conteúdo da nossa disciplina.” (P2).

Os outros três desses participantes (P4, P9 e P10), apesar de serem detentores do grau de mestre em educação/ensino de química, associaram analogia a modelo e, para eles, as analogias não se diferenciavam dos modelos que se usam no ensino, dado que, para os autores dessas respostas, os modelos são produzidos de uma forma analógica. Um exemplo deste tipo de resposta foi apresentado por P4:

“Vai ser um pouco difícil responder, mas para mim analogia relaciono como uma semelhança de um conteúdo e

algum objeto que pode ser um modelo, quando nós falamos de analogias estamos a assemelhar aos modelos no ensino, [...], alias uma das características de um modelo é de serem feitos de uma forma de analogia do modelo original.” (P4).

A confusão que os professores de didática que participaram neste estudo fizeram entre analogia e outros conceitos (nomeadamente exemplos e modelos) foi também encontrada no estudo realizado por autores como Mozzer e Justi (2013) e Maharaj-Sharma e Sharma (2015) que, como referimos no capítulo 2 (secção 2.4.1), envolveu professores de ciências, pode dever-se à falta de um bom conhecimento da problemática por parte dos professores de didática que deveriam formar os futuros professores para usarem analogias no ensino da química.

Duas respostas foram consideradas operacionais (tabela 12), pois os seus autores (P3 e P6), detentores do grau de mestre em educação/ensino de química, definiram analogia recorrendo às funções que pensavam que esta tem. Referiram que as analogias serviam para fazer ligação do conhecido com o desconhecido, quando se pretendia ensinar conceitos difíceis e/ou abstratos. Um exemplo deste tipo de resposta é apresentado de seguida:

“[...] é um recurso didático que nos permite fazer a ponte quando aparecem aqueles conceitos difícil de explicar então recorremos a algumas analogias. Por exemplo eu sei que a área que se usa mais analogias é quando falamos da estrutura atômica, conceito de átomo, eu acho que é um conceito um pouco abstrato ao aluno, quando estamos a falar de eletrões por aí.” (P3).

Assim, conclui-se que foram poucos os professores que evidenciaram algum conhecimento do conceito de analogia e que esse conhecimento era mais reduzido do que seria de esperar, especialmente se atendermos ao facto de todos terem estudos pós-graduados em ensino de química, onde, desejavelmente, deveriam ter abordado este assunto.

Quando os nove professores que possuíam algum conhecimento de analogia foram questionados sobre o que era, na opinião deles, uma boa analogia no contexto da produção de conhecimento em química, ou seja, para um cientista que investiga em química para produzir novo conhecimento no âmbito dessa ciência (questão 7), sete dos entrevistados deram respostas de cariz concetual e dois não deram respostas (tabela 13).

Tabela 13 - Perceções dos professores de didática sobre as características de uma boa analogia para produção de conhecimento em química

(N=9)

Tipos de definição	Categorias de resposta	Professores								
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P9	P10	P11
Conceitual	Respostas corretas									
	Respostas incompletas	X	X	X	X	X		X		X
	Respostas alternativas									
Operacional /funcional										
Não responde							X		X	

As respostas de cariz concetual foram classificadas usando as categorias previstas na secção 3.4.5. Constatou-se que ninguém apresentou uma resposta considerada correta e completa, mas sete dos entrevistados apresentaram respostas que foram classificadas como incompletas, por razões diversas, pois:

i) quatro (P1, P2, P4 e P5) não mencionaram a relação que deve ser estabelecida entre, por um lado, o domínio alvo e o domínio análogo e, por outro lado, o novo conhecimento e o seu destinatário, ou seja, o público alvo, limitando-se a mencionar que uma boa analogia deve apresentar o conhecimento científico que está em investigação, como mostra a resposta que se segue:

"[...], hum, eu acho que tem que se espelhar a cientificidade deste conhecimento, não pode dizer algo que esteja fora da validade e relevância científica, quer dizer o análogo não pode ter características que estão fora do parâmetro do cientista ou da cientificidade do conhecimento em estudo." (P5);

ii) três (P3, P9 e P11), um dos quais detentor do grau de doutor em ensino de química, só mencionaram que uma boa analogia para produção de conhecimento em química deve ter em conta situações do dia a dia, a fim de facilitar a compreensão, sem referirem a relação entre o domínio alvo e o domínio análogo nem o conhecimento do análogo pelo destinatário, como evidencia a resposta de P9:

"Eu acho que uma boa analogia primeiro deve ser fácil de compreender, por que as analogias usam-se para fazer compreender um determinado conceito, então para ser fácil compreender é bom que se use muito situações do dia-a-dia para facilitar a compreensão, então para esse cientista deve também conhecer as situações da comunidade onde ele pretende estudar." (P9).

Assim, os entrevistados pareciam não ter um conhecimento profundo sobre o que é uma boa analogia na produção de conhecimento em química, pois nem sequer associavam as analogias à produção de conhecimento. Este facto sugere que os professores entrevistados pensavam que as analogias só podiam ser usadas no processo de ensino e aprendizagem de química e não na produção de conhecimento da área em causa. Este resultado era parcialmente esperado, pois os entrevistados tinham, no mínimo, o grau de mestre, mas na área da em educação/ensino de química cujo foco não é a investigação em química. A reforçar esta suposição está o facto de autores como Orgill, Bussey e Bodner (2015) terem constatado que poucos professores tinham conhecimento do uso de analogias no âmbito da investigação em ciências. No entanto, e como mostra Tavares (2012), as analogias tiveram um papel importante na evolução por exemplo, do conhecimento sobre tabela periódica.

De seguida, os mesmos nove professores foram questionados sobre o que, na opinião deles, era uma boa analogia no contexto do ensino da química e sobre as características que deveria ter uma analogia, para ser considerada uma boa analogia, nesse contexto (questão 8). Os entrevistados deram

diferentes respostas, umas de cariz conceitual (n=6), outras de cariz funcional (n=2) e um dos entrevistados não respondeu (tabela 14).

Tabela 14 - Perceções dos professores de didática sobre as características de uma boa analogia em ensino de química

(N=9)

Tipos de definição	Categorias de resposta	Professores								
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P9	P10	P11
Concetual	Respostas corretas									
	Respostas incompletas		X	X		X		X		
	Respostas alternativas	X					X			
Operacional/funcional									X	X
Não responde				X						

Segundo alguns autores (Curtis & Reigeluth, 1984; Thiele & Treagust, 1994a; Rodríguez & Towns, 2019), e como se descreve no capítulo 2 (secção 2.2.2), uma boa analogia é aquela em que o análogo é familiar ao estudante, em que é possível especificar a(s) correspondência(s) ou explicitar as comparações entre os elementos do domínio alvo e do domínio análogo, e para a qual é disponibilizada informação sobre os limites de validade dessas comparações.

Assim, as respostas de cariz conceitual foram classificadas usando as categorias previstas na secção 3.4.5, tendo-se verificado, contudo, que ninguém apresentou uma resposta considerada correta. No entanto, dos seis entrevistados que deram respostas consideradas compreensíveis, quatro deram respostas incompletas (P2, P3, P5 e P9) porque não disseram como deveria ser estabelecida a relação entre o alvo e o análogo, mas antes limitaram-se a referir a relação que consideravam que deveria existir entre a analogia e o estudante. Este tipo de respostas é ilustrado de seguida, pela resposta de P5:

“Boa analogia é aquela que tem significado para a pessoa que quer aprender e não pertence só ao dia a dia de quem a cria [...] deve ter linguagem clara para o destinatário ou é aquela que tem que estar no dicionário da pessoa que está a ouvi-la e tem que estar na linguagem do aluno e este deve conhecer o análogo.” (P5).

A resposta dada por este entrevistado, em parte, corresponde à encontrada nos estudos realizados por Maharaj-Sharma & Sharma (2017) e Rahayu e Sutrisno (2019), nos quais os entrevistados afirmaram que uma boa analogia deve ter em atenção o contexto em que decorre a aula e a familiaridade dos estudantes com a analogia.

No entanto, dois dos entrevistados (P1 e P6) deram respostas alternativas, que, apesar de apresentarem alguma lógica, pois, na opinião deles, uma boa analogia faz com que os objetivos da aula sejam atingidos (o que é correto), referiram que uma boa analogia deve apresentar o que se pretende ensinar, sem referirem relação entre isso (desconhecido) e algo familiar ao aluno. Assim, este conceito de boa analogia, ilustrado de seguida pela resposta de P6, não tem nenhuma relação com o conceito de

boa analogia acima descrito, e que é aceite pelos especialistas na área:

“A boa analogia para mim é aquela analogia que vai fazer com que eu cumpra ou concretize com os objetivos em relação a aquilo que eu pretendo ensinar, ou é aquela que permite o aluno saber explicar os conteúdos ensinados, o que significa que uma analogia deve ter características, deve ter manifestações com aquilo que se pretende ensinar [...], então eu acho que uma boa analogia é aquela que tem os aspetos chaves que caracterizam aquele que é o objeto, fenómeno ou processo que se pretende ensinar, então se tem esses aspetos todos eu posso chamar de boa analogia porque permite me alcançar aquilo que eu quero ensinar [...]” (P6).

Dois professores (P10 e P11), apresentaram respostas classificadas como funcionais, por terem recorrido às funções que, segundo eles, uma boa analogia deve desempenhar. Estes professores afirmaram que uma boa analogia deve ser capaz de diminuir as dificuldades dos alunos, como mostra a resposta de P11 (doutorado em ensino de química) que, a título de exemplo, se apresenta de seguida:

“Para mim, uma boa analogia, é aquela que cumpra a sua função, [...], o aluno deve conseguir relacionar a analogia com aquilo que se pretende exatamente ensinar, então a analogia boa é aquela que vai despertar o conhecimento exato, você tem ou está tratar uma estrutura de uma substância, no tratamento de estrutura de substâncias, você pode recorrer a massalas, passas, pedras para mostrar como estão ligadas as substâncias, mas a finalidade sua é de mostrar que existe uma estrutura tridimensional, tetraédrica, ou não hexagonal. Boa analogia é aquela que desempenha a sua função, deve funcionar, e isso significa que deve diminuir as dificuldades da pessoa [...]” (P11).

Assim, pode concluir-se que alguns dos professores que participaram neste estudo tinham opiniões que se podem considerar aceitáveis sobre o que é uma boa analogia em ensino de química, apesar de serem incompletas face às de especialistas da área. Este resultado era de esperar pois os professores entrevistados são formados na área de educação em química, embora pareçam não ter tido muita formação na temática em causa. Segundo alguns autores (Thiele & Treagust, 1994a, Kim, Kim & Noh, 2019), os professores de ciências que participaram nos respetivos estudos tiveram dificuldades em definir o conceito de analogia e de boa analogia por não terem tido formação nessa temática.

Quando os participantes neste estudo foram questionados sobre se, na opinião deles, existia relação entre analogias, metáforas e modelos (questão 9, primeira parte), constatou-se que: oito entrevistados responderam que existia relação entre analogias e metáforas, dois responderam que não existia nenhuma relação entre essas duas entidades e um não deu resposta; dez professores afirmaram que existia uma relação entre analogias e modelos e apenas um respondeu que tal relação não existia (tabela 15).

Assim, alguns dos entrevistados não reconheceram a existência de relação entre analogias e metáforas, mas reconheceram a existência de relação entre analogias e modelos. Isto pode significar que os professores entrevistados, por um lado, distinguem analogia e modelo, mas, por outro lado, não diferenciavam as analogias das metáforas, talvez pelo facto de, como constatou Glynn (2007), o termo analogia ser usado como se fosse sinónimo de metáfora e, conseqüentemente, muitos professores não conhecerem a diferença entre esses dois recursos de ensino. É de realçar que, segundo alguns autores

(Gentner et al, 2001; Aubusson, Harrison & Ritchie, 2006; Haglund, 2013), e como se descreve no capítulo 1 (secção 1.2.3), o significado de uma metáfora vai para além do sentido literal da frase que a apresenta. Na verdade, embora tanto as analogias como as metáforas impliquem uma comparação entre elementos de dois domínios diferentes, a metáfora impõe-se mais pelo que sugere do que pelo que expressa, ou seja é mais sintética, enquanto que a analogia é mais sistemática, pois evidencia, de maneira explícita, as relações entre os dois domínios.

Tabela 15 - Perspetivas dos professores sobre a existência de relação entre analogias, metáforas e modelos

(N=11)

Relação entre...	Existência de relação	Professores										
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Analogias e metáforas	Sim	X	X	X	X		X			X	X	X
	Não							X	X			
	Não responde					X						
Analogias e modelos	Sim	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
	Não							X				
	Não responde											

De seguida, com exceção de P7 e P8 (que afirmaram que não havia relação entre analogia e metáfora), e de P5 que não deu resposta à questão, os professores foram solicitados a caracterizar a relação que pensavam existir entre analogias e metáforas (questão 9, segunda parte). Como mostram os dados apresentados na tabela 16, foram obtidos diferentes tipos de respostas, umas de cariz concetual (n=5) e outras de cariz funcional (n=3).

Tabela 16 - Perceções dos professores de didática que relacionam analogias e metáforas entre sobre as características da relação que pensam existir entre elas

(N=8)

Tipos de resposta	Categorias de resposta	Professores									
		P1	P2	P3	P4	P6	P9	P10	P11		
Concetual	Respostas corretas										
	Respostas incompletas				X	X	X	X	X		
	Respostas alternativas										
Funcional		X	X	X							
Não responde											

As cinco respostas de cariz concetual foram classificadas usando as categorias previstas na secção 3.4.5. No entanto, constatou-se que nenhuma destas respostas foi considerada correta e que todas elas estavam incompletas, dado que:

- i) dois professores (P4 e P11), um deles com o grau de doutor em ensino de química, limitaram-

se a dizer que as metáforas usavam linguagem mais figurativa e poética e que as analogias explicitavam melhor as relações entre o alvo e o análogo do que as metáforas:

“A ideia básica é seguinte, as metáforas existem de forma ou sentido figurado de tentar explicar algumas realidades, [...], então eu noto que o uso de metáforas e o uso de analogias, [...] só que um numa linguagem mais poética, podemos dizer assim, e o outro de forma um pouco mais pragmática, analogias por exemplo, um pouco mais prática, enquanto as metáforas num ponto de vista mais teórico, na minha perspetiva.” (P11).

ii) três entrevistados (P6, P9 e P10) referiram, somente, que as analogias e as metáforas usam comparações, embora admitam que existem algumas diferenças que não são capazes de explicitar:

“Falar de metáfora é falar de comparação e falar de analogias também é falar de comparação, apesar de ser em vertentes diferentes, mas eu penso que tenha alguma relação.” (P10).

Três dos entrevistados (P1, P2 e P3) apresentaram respostas que foram consideradas funcionais, uma vez que os autores centraram as suas respostas nas funções das analogias e das metáforas, ao afirmarem que, tanto as analogias como as metáforas, serviam para ajudar a explicar os conceitos. Este tipo de respostas pode ser ilustrado pela resposta de P2, que se segue:

“[...] existe, porque todas elas nos ajudam a explicar alguns conceitos. Agora a relação é esta, todas elas aplicam-se para os mesmos objetivos para que nos percebamos os conteúdos durante o ensino e aprendizagem.” (P2).

Conclui-se, assim, que os professores entrevistados não conheciam bem a relação entre analogia e metáfora, o que, como foi referido acima, pode ser sinal de que eles não diferenciavam esses dois recursos didáticos, ou seja, pensavam que são a mesma coisa.

Os professores, com exceção de P7 (que afirmou que não há relação entre analogias e modelos), foram também solicitados a caracterizar a relação entre analogias e modelos (questão 9, terceira parte). Como mostra a tabela 17, algumas das respostas apresentadas pelos entrevistados foram de cariz concetual (n=7) e outras foram de cariz funcional (n=3).

Tabela 17 - Perceções dos professores de didática sobre as características da relação entre analogias e modelos na perspetiva dos professores que os relacionam entre si

(N=10)

Tipos de resposta	Categorias de resposta	Professores									
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P8	P9	P10	P11
Concetual	Respostas corretas										
	Respostas incompletas									X	
	Respostas alternativas	X			X	X	X		X		X
Funcional			X	X				X			
Não responde											

As respostas de cariz concetual foram classificadas usando as categorias previstas na secção

3.4.5, mas não houve respostas capazes de serem consideradas corretas. Na verdade, um entrevistado apresentou uma resposta aceitável, que foi considerada incompleta, pois ele parecia admitir que os modelos podiam ser usados para melhor visualizar um conhecimento ou conceito, com base em comparações, o que sugere que ele podia estar a referir-se a modelos analógicos, sem, no entanto, o explicitar:

“Sim existe, porque alguns modelos, nós podemos utilizar modelos para a comparação de algum conhecimento, então estes modelos ao serem utilizados para mostrar este conhecimento já seria uma analogia, pegamos este modelo e fazer a comparação com o conteúdo que estamos a tratar, eu penso que há, eu posso usar modelos na minha aula para poder mostrar uma analogia, com base no modelo.” (P10).

Seis entrevistados (P1, P4, P5, P6, P9 e P11), um dos quais com o grau de doutor em ensino de química, apresentaram respostas que evidenciavam concepções alternativas sobre a relação entre analogias e modelos. Essas respostas, apesar de terem alguma lógica, por referirem que as analogias são usadas para criar modelos, generalizavam a ideia de que as analogias e os modelos eram a mesma coisa, ideia essa que não é compatível com as ideias aceites pelos especialistas da área. Na verdade, há modelos analógicos, mas nem todos os modelos envolvem analogias (Morris, 1986). Assim, os autores dessas respostas não apresentavam as relações entre as duas entidades em questão e referiam, sem explicitação clara, que os modelos são construídos com base em ideias analógicas. Este tipo de respostas, ilustrado pela resposta de (P5), sugere que os seus autores podiam estar a referir-se, também, a modelos analógicos:

“Existe, porque modelos quer dizer, quando agente elabora um modelo, a pessoa que elabora um modelo, [...] é como se fosse uma analogia, mas busca a analogia para construir um modelo, então é uma relação de convergência mesmo, é que uma analogia pode ser um modelo e um modelo também pode ser analogia, o que quer dizer que nós tentamos a partir destas ideias analógicas, não é, construir um modelo, estamos a tentar idealizar um objeto que agente conhece no concreto e criar um modelo.” (P5).

Note-se que também Morris (1986) afirmou que a maior parte dos modelos requer o estabelecimento de uma comparação entre o modelo e a realidade que ele representa, pelo que, um modelo nessas condições, poderia ser considerado um modelo analógico, ideia que é compatível com as ideias de alguns dos professores entrevistados.

Três entrevistados (P2, P3 e P8) apresentaram respostas funcionais, que mencionaram as funções que cada um dos recursos didáticos em causa desempenhava. Assim, referiram que os dois recursos didáticos tinham a mesma finalidade e serviam para explicar conceitos de difícil compreensão. Para eles, fazia sentido dizer que as analogias ajudavam a explicar conceitos que o aluno tinha dificuldade em entender e que os modelos também se usavam para ajudar a explicar questões que teoricamente não se percebem:

“A relação é eu encontro é na finalidade de ambos. Eu recorro a uma analogia para poder estabelecer uma relação de similaridade de conceito que é difícil de esclarecer para o aluno e o modelo eu uso para ilustrar algum facto que é de difícil percepção quando explicado teoricamente para o aluno então reforço-me a aquela ideia de que tenho aqui o modelo do átomo, tenho modelo de uma rede metálica e neste caso iónica, tenho um modelo de grafite, etc. a similaridade acaba sendo neste objetivo que acaba sendo comum eu acho nem, porque tanto modelo como analogia ambos concorrerem para explicação de difícil compreensão, na minha opinião é o que eu acho.” (P3).

Assim, conclui-se que uma pequena parte dos professores entrevistados tinha ideias aceitáveis sobre a relação entre analogias e modelos, evidenciadas pelas definições dos conceitos em causa que apresentaram ou por outras funções que afirmaram, corretamente, que os dois recursos desempenhavam.

Em síntese, pode afirmar-se que os professores de didática de química que participaram neste estudo evidenciavam um conhecimento muito reduzido do conceito de analogia e alguns confundiam-no com outros recursos de ensino, tais como modelos e exemplos. Acresce que não faziam uma ligação das analogias com a produção de conhecimento em química, o que podia dever-se ao facto de não serem investigadores em química e/ou de não terem formação para o uso de analogias nesse contexto. Além disso, reconheciam mais a existência de uma relação entre analogias e modelos do que entre analogias e metáforas, o que podia resultar do facto de não distinguirem entre si as analogias e as metáforas. Finalmente, refira-se que o entrevistado que era detentor do grau doutor não se destacou dos colegas detentores do grau de mestre, o que era de esperar pelo facto de o doutoramento que fez não tido a ver com analogias.

4.3.2. Utilidade e potencialidades das analogias na investigação em química e no seu ensino

Os professores de didática da química que foram entrevistados foram solicitados a exprimir a sua opinião sobre se as analogias, metáforas e modelos são todos igualmente úteis em investigação em química (questão 10) e, depois, foram convidados a justificar as suas opiniões (questão 10.1). Os professores dividem-se pelas categorias de resposta consideradas (tabela 18).

Tabela 18 - Perspetivas dos professores sobre a utilidade relativa das analogias, metáforas e modelos em investigação em química

(N=11)

Categorias de resposta	Professores										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
A- São todos igualmente úteis	X			X		X					
B- Modelos são mais úteis do que analogias e metáforas		X	X								X
C- Analogias são mais úteis que metáforas e modelos					X				X	X	
D- Não responde							X	X			

Os três entrevistados (P1, P4 e P5) que responderam que analogias, metáforas e modelos são todos igualmente úteis em investigação em química (A) justificaram a sua opinião dizendo que todos esses recursos ajudavam a visualizar conceitos abstratos em construção. Para eles, cada um desses recursos pode ser usado em função do objetivo que se pretende atingir durante a investigação. Contudo, não explicitaram como se faz essa dependência. Assim, esse pensamento parece reforçar a ideia, já anteriormente explicitada, de que alguns professores não diferenciavam, de facto, esses recursos. Um exemplo deste tipo de respostas foi apresentado por P1:

“Eu volto a defender a componente de visualizar, volto a defender a questão da visualização, o falar no abstrato e o falar no concreto. Eu encontro muito a utilidade nisto, como um elemento básico na construção de um conhecimento e sendo esta ciência química ciência prática, que é fundamentada a partir do concreto a partir prática, a partir do que se observa, é mais fácil criticar-se muito aquilo que se observa, aquilo que agente realiza em prática, eu encontro nos três uma utilidade extrema [...] depende do objetivo e da característica do que eu quero fazer para eu escolher se uso analogia, modelo ou metáfora, depende do contexto da aplicação.” (P1).

Três entrevistados (P2, P3 e P11), um deles com o grau de doutor em ensino de química, que afirmaram que os modelos são mais úteis que as analogias e metáforas (B) justificaram que eles aproximam mais o conhecimento da realidade. Os autores dessas respostas pensavam que há pessoas que não sabem o que são analogias e metáforas, mas que conhecem os modelos. Uma das respostas que evidencia estas afirmações foi apresentada por P3:

“São úteis se eu pensar que esses elementos vão clarificar os conceitos abstratos neste contexto de investigação [...] eu iria classificar essa minha utilidade pelo grau de utilização e pelo domínio. Então eu acho que modelos são mais usados e mais referências do que as metáforas e analogias. Porque há pessoas que você perguntando o que é analogia ela vai ficar olhando a si, e mesmo usando não vai saber o que usa e o que é [...] mas os modelos que nos aproximam a realidade de uma forma concreta, de algo concreto.” (P3).

Os professores P5, P9 e P10 acreditavam que as analogias são mais importantes que os modelos e as metáforas (C) porque elas estabelecem mais relações entre o domínio alvo e o domínio análogo. Para os autores dessas respostas, as analogias podem ser usadas para clarificar o que não se compreende bem nos modelos. Esta afirmação é ilustrada pela resposta de P9, que se segue:

“Porque várias vezes nós temos modelos, mas os modelos devem ser clarificados usando analogias, acho que as analogias apresentam melhores explicações na comparação do que é do dia a dia e o que se ensina. Então parece que as analogias têm um pouco mais de utilidades em relação aos modelos e metáforas.” (P9).

Conclui-se que as opiniões dos professores entrevistados divergiam quanto à utilidade relativa de analogias, metáforas e modelos na produção de conhecimento em química, e que alguns deles apresentaram respostas pouco explicativas ou mesmo pouco adequadas. Isto podia ser sinal de que desconheciam as ferramentas de trabalho na investigação em química e/ou que desconheciam estes recursos e o seu papel na investigação em química. Acresce que o professor que era detentor do grau de doutor não apresentou uma visão diferente da dos colegas mestres, que afirmaram que os modelos

eram mais importantes que analogias e as metáforas, o que pode resultar da sua falta de formação para o uso destes três recursos em ensino de química.

Os entrevistados foram questionados sobre as potencialidades que, na opinião deles, têm as analogias, no contexto de investigação ou produção de conhecimento em química (questão 11).

Os professores distribuem-se pelas diversas categorias de resposta embora haja uma maior concentração na categoria B, que tem a ver com a potencialidade das analogias clarificarem o conhecimento em investigação (tabela 19).

Tabela 19 - Perspetivas dos professores sobre as potencialidades das analogias no contexto da investigação em química

(N=11)

Categorias de resposta	Professores										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
A- Melhoram o entendimento durante a divulgação de novo conhecimento					X			X		X	
B- Clarificam o conhecimento em investigação	X	X	X						X		X
C- Ajudam na comparação de conhecimento já comprovado cientificamente e o novo em investigação							X				
D- Não responde				X		X					

Os cinco entrevistados cujas respostas foram classificadas nesta categoria (P1, P2, P3, P9 e P11), um dos quais doutorado em ensino de química, afirmaram que analogias têm potencialidades na investigação em química por servirem para clarificar o conhecimento de conceitos em investigação. No entanto, apesar de terem antes afirmado que as analogias serviam para esclarecer os conhecimentos já existentes, parece admitirem que elas têm potencialidades para clarificar novas descobertas científica ou melhorar a compressão de fenómeno em investigação. A resposta apresentada por P3 é um exemplo deste tipo de respostas:

“Para mim é mais para esclarecer as teorias já conhecidas, na componente usamos mais as analogias e modelos para facilitar e clarificar melhor as teorias conhecidas e em investigação e as vezes na construção de novas ideias ou novos conhecimentos. [...] pode servir necessariamente para a construção de um novo conhecimento, e também explicar e clarificar o conhecimento existente, mas a partir dali pode surgir umas outras ideias que precisam ser trabalhadas usando analogias até se produzir um novo conhecimento científico.” (P3).

Os entrevistados P5, P8 e P10 afirmaram que as analogias ajudam a melhorar o entendimento de conceito em investigação, durante a sua divulgação (A). Essa afirmação sugere que os entrevistados se referiam a uma potencialidade das analogias relacionada com a comunicação sobre um novo conceito em investigação. Esse tipo de respostas foi apresentado por P5:

“Mesmo para um cientista, imagine que está a pesquisar alguma coisa, na pesquisa sempre relata, a forma de

relatar pode ser a partir de um livro ou de uma revista escrevendo, aquilo vai publicar e alguém vai ler não é, então a medida que eu leio, leio e ele usou uma analogia que é do meu conhecimento, eu posso facilmente ter domínio daquilo que o cientista está a dizer, facilmente me informo daquilo que o cientista está a dizer, dão uma informação mais generalizada. O cientista usa para sair do geral para a forma mais específica, eu acho que ajuda assim mesmo para o cientista.” (P5).

Segundo Kircher (1995), as analogias podem, de facto, ser usadas para mostrar novas descobertas científicas.

Finalmente, um entrevistado (P7) afirmou que as analogias facilitam novas descobertas, ao permitirem fazer comparações entre o conhecimento em investigação e o conhecimento já comprovado cientificamente (C):

“Num sentido em que nós queremos produzir conhecimentos em química, tendo em consideração que já existe, vamos olhar para aquilo que é algo padronizado, podemos passar aquele conhecimento, é claro que o padronizado traz um conhecimento, então a ampliação daquele conhecimento para a produção de outros conhecimentos, este dá um auxílio para a produção de outros conhecimentos.” (P7).

Segundo alguns autores (Orgill, Bussey & Bodner, 2015), as potencialidades das analogias residem no facto de elas: fornecerem uma melhor compreensão de um conceito que está em investigação; permitirem visualizar um novo conceito; e permitirem a comunicação sobre um novo conceito em investigação. Assim, conclui-se que alguns professores entrevistados tinham algum (embora pouco) conhecimento das potencialidades das analogias no contexto da investigação em química, a avaliar pelas respostas apresentadas e comparando com o conhecimento aceite pelos especialistas da área.

De seguida, os entrevistados foram questionados sobre as potencialidades que as analogias têm no contexto de ensino da química (questão 12). Como mostra a tabela 20, os professores distribuem-se pelas diversas categorias de resposta, embora haja uma ligeira concertação na categoria B, que tem a ver com a potencialidade das analogias auxiliarem na aprendizagem de conceitos abstratos.

Tabela 20 - Perspetivas dos professores sobre as potencialidades das analogias no contexto de ensino de química

(N=11)

Categorias de resposta	Professores										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
A- Melhoram a compreensão dos conteúdos	X					X					
B- Ajudam a aprendizagem de conceitos abstratos			X		X					X	X
C- Ajudam a reter a matéria por mais tempo		X		X					X		
D - Não responde							X	X			

Os quatro entrevistados (P3, P5, P10 e P11), um dos quais com o grau de doutor em ensino de

química, cujas respostas foram classificadas nesta categoria (B), afirmaram que as analogias têm potencialidades no ensino de química porque elas recorrem a situações do dia a dia do aluno que facilitam a aprendizagem de conceitos de difícil entendimento. Essa ideia pode ser constatada na resposta de P10:

“[...] tem potencialidade porque eu quero ensinar a química, e ao ensinar a química eu quero que o estudante ou o aluno compreenda aquele conhecimento que vem já no programa de ensino, no livro, o programa já diz que temos que aproximar o conteúdo de ensino ao concreto, quando eu tento aproximar os conceitos abstrato a situações do concreto, tento já aproximar com algo que o aluno já conhece, tento sempre fazer esta analogia e esta comparação, quer dizer, é muito mais eficiente ensinar a química com algo que ele já conhece do que com algo que ele nunca viu, é mais ou menos assim.” (P10).

Dois outros entrevistados (P1 e P6) afirmaram que as analogias melhoram o entendimento dos conteúdos (A) porque, no entender destes, os alunos melhoram a aprendizagem quando se usa uma analogia. Uma resposta que possui essas ideias é apresentada por P6:

“[...] ya porque exatamente como eu estava a dizer se nós abordamos um conteúdo levando uma analogia, a possibilidade de o aluno ganhar um pouco mais é maior. Porque nós trazemos um conhecimento com algo que ele já vive que ele já conhece. Acredito que a forma da aprendizagem vai ser muito mais significativa com base nas analogias, o nível de entendimento vai ser melhor, ele vai aprender muito bem com as analogias do que sem analogias, por isso acredito eu que a analogia tem uma potencialidade muito forte para o aluno aprender, porque ele tem essa possibilidade exatamente [...], mas usando aquilo que é o seu dia a dia.” (P6).

Finalmente, três entrevistados (tabela 20) afirmaram, e bem, que as analogias ajudam os alunos a reter os conceitos durante mais tempo (C). Para os autores dessas respostas, a retenção dos conceitos por mais tempo acontece porque o aluno que aprende com base em analogias, que recorrem ao dia a dia, continuará a usar o que aprendeu, na escola, em situações do seu quotidiano. Este tipo de respostas é ilustrado de seguida:

“[...] para transmitir conhecimento de uma ciência experimental tem que se criar muita força ou muitos recursos para explicar e essa explicação pode ser entendida agora e ficar pouco tempo na cabeça. Agora para ficar muito tempo na cabeça do estudante é muito bom que se use as analogias. E essas analogias é no dia a dia. Ele percebeu a ciência e no dia a dia ele vai praticando esse conhecimento e vai relacionando aquilo que ele está a praticar com aquilo que ele aprendeu, e é um conhecimento que facilmente se grava.” (P9).

Assim, comparando estas respostas com as potencialidades educativas das analogias apresentadas no capítulo 2, conclui-se que grande parte dos professores entrevistados tinham um conhecimento aceitável sobre as potencialidades das analogias no contexto do ensino da química. Além disso, os resultados obtidos são parcialmente semelhantes aos alcançados em estudos (Jonãna, 2015; Ferraz & Terrazzan, 2002; Mozzer & Justi, 2013; Farias & Bandeira, 2009, Rodríguez & Towns, 2019) revistos no capítulo 2 (secção 2.4.1), os quais sugerem que os professores consideram que as analogias têm grandes potencialidades no ensino de química pelas seguintes razões: os estudantes lembram-se e repetem mais as analogias usadas no ensino de um dado conceito; as analogias conduzem a uma

aprendizagem mais rápida e a uma compreensão mais eficaz de conceitos abstratos; o uso de analogias desenvolve a imaginação e aumenta a capacidade de abstração.

Contudo, deve ser realçado que os professores entrevistados apresentavam mais conhecimento sobre as potencialidades das analogias em ensino de química do que em investigação em química, talvez por serem professores e terem alguma formação para o uso de analogias em ensino de química e por não serem investigadores em química. Além disso, é de referir que o entrevistado que era detentor do grau de doutor não se destacou, pelo menos pela positiva, talvez por não ter trabalhado este assunto no seu doutoramento.

4.3.3. Perspetivas dos professores sobre as limitações e riscos das analogias em investigação em química e no seu ensino

Os professores de didática de química que foram entrevistados foram questionados se, na opinião deles, a utilização de analogias em investigação em química apresenta algumas limitações (questão 13). Os professores distribuem-se pelas diversas categorias, mas mais de metade concentram-se na categoria A, que tem a ver com possibilidade de a analogia poder confundir o destinatário e desviá-lo do essencial (tabela 21). No caso da categoria A e B não é certo que os seus autores estejam a referir-se à investigação em química, podendo estar antes a referir-se a contextos divulgação ou de ensino da química.

Tabela 21 - Perspetivas dos professores sobre as limitações das analogias na investigação em química (N=11)

Categorias de resposta	Professores										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
A- Pode confundir ao destinatário e desviá-lo do essencial		X		X	X	X				X	X
B- Pode não ser compreendida se não forem do quotidiano de quem a ouve									X		
C-Nem todos os conhecimentos podem ser apresentados através de analogias	X							X			
D- Não responde					X				X		

Na verdade, no entender de seis deles (P1, P4, P5, P6, P10 e P11), um dos quais doutor em ensino de química, se o destinatário não estiver familiarizado com o análogo que é usado na analogia, ele pode não a entender e desenvolver ideias erradas ou ideias que não se pretendia ensinar-lhe. Os autores das respostas classificadas nesta categoria (A) afirmaram ainda que, neste caso, o proponente da analogia pode pensar que a analogia está a ajudá-lo, quando, na realidade ela está a criar um

problema a ele e ao destinatário. A resposta apresentada por P5 ilustra estas ideias:

“Eu acho que a maior limitação é só de nos perdermos, nós a pensarmos que estamos a usar uma analogia enquanto é algo que vai confundir ainda mais para a pessoa que vamos apresentar, então, é que nós temos que apresentar uma analogia escolhendo a deduzir que isto de facto vai me ajudar primeiro a caracterizar aquilo que eu preciso e a chegar ao grupo alvo, se esta caracterização usando esta analogia, é do dicionário da pessoa que vai receber, porque se isso não acontece, é limitante. Vamos pensando que estamos a usar analogia para facilitar, como dissemos que é útil, enquanto estamos a complicar ainda mais.” (P5).

O professor P9 afirmou que uma das limitações tem a ver com o facto de a qualidade da analogia estar dependente do conhecimento que quem a produz tem do alvo e do análogo (B). Para ele, essas situações podem acontecer quando o proponente não tem conhecimento da sociedade onde ocorre a investigação. Refira-se que as analogias foram criadas com base no que se sabia naquela altura. Quando analisamos analogia históricas temos que o fazer atendendo a esse contexto da época.

[...] Se for um cientista muito vivido poderá não ter essas limitações, mas se for um cientista pouco vivido terá muitas limitações, por apresentar analogias que não tenham nada a ver com os destinatários da informação. Isso também podemos perceber acho nos modelos atômicos, então foram criados alguns modelos e foram tendo algumas limitações por falta de certo conhecimento de certas realidades, então algumas pessoas por exemplo modelo de Rutherford ele explicou usando analogias que passaram a não se usadas com tempo [...]. (P9).

Dois professores entrevistados (P1 e P8) afirmaram que nem todo conhecimento pode ser envolvido em analogias (C). Para eles, há conteúdos que só se podem mostrar na prática, mas os autores não explicitam que conteúdos são esses nem a que tipo de prática se referiam. Um exemplo deste tipo de resposta foi apresentado por P1:

“Apresenta limitações, nem tudo é possível encontrar analogias muito adequadas, se olharmos a grelha de conhecimentos químicos também temos a componente dos conhecimentos práticos que só na prática é que pode provar não necessariamente a partir das analogias teorizadas [...] eu tenho alguma dificuldade em encontra as analogias para tudo, há analogias para alguns conceitos, e para os outros conceitos é difícil de encontrar essas limitações.” (P1).

Segundo vários autores (Bozelli & Nardi, 2012; Dilber & Duzgun, 2008), e como foi descrito no capítulo 2 (secção 2.2.1), uma das limitações associadas ao uso de analogias é que nenhuma analogia apresenta uma combinação de características do análogo exatamente semelhante às características do alvo. Geralmente, há características do alvo que são diferentes das do análogo, o que pode, se não for devidamente trabalhado: levar à exploração de relações entre elementos que não são, de facto, análogos; originar confusão do análogo com o alvo; fazer com que seja recordado apenas o análogo, em vez de se recordar o novo conceito que se pretendia que passasse a ser conhecido por comparação com esse análogo. Assim, pode concluir-se que alguns entrevistados apresentavam conhecimento baixo sobre as limitações do uso de analogias em investigação em química e, em alguns casos, faziam confusão com limitações em divulgação de conhecimento em química e com limitações no seu ensino de química.

Em seguida, os professores foram questionados sobre o que pensavam acerca da possibilidade

de a utilização de analogias no ensino de química apresentar algumas limitações (questão 14). Os professores dividem-se pelas categorias de resposta consideradas (tabela 22), embora haja uma maior concentração na categoria A, que se refere à inadequação da analogia ao contexto em que ela é usada.

Tabela 22 - Perspetivas dos professores sobre as limitações das analogias no ensino de química (N=11)

Categorias de resposta	Professores										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
A- Não adequação da analogia ao contexto em que é usada	X			X		X	X	X			
B- Falta da compreensão da analogia pelos alunos			X		X					X	X
C- Falta de domínio da analogia pelo professor									X		
D- Não responde				X							

Os entrevistados P1, P4, P6, P7, P8 cujas respostas foram classificadas nesta categoria (A) afirmaram que, se a analogia não for adequada ao contexto em que ocorre o ensino, quando ela é usada, a aprendizagem pode não ser realizada como se pretendia. A resposta apresentada por P1 é um exemplo que mostra este tipo de ideias:

“[...] mas também, é que a analogia deve se adequar ao contexto, não pode ser só simplesmente uma analogia, pode ser entendida num contexto e no outro não ser entendida. Então, há analogias que existem, há conteúdos que tem analogia, mas no contexto a analogia passa a ser dificuldade, você usa uma analogia para clarificar um contexto, mas não é perceptível, dificilmente pode chegar ao objetivo desejado.” (P1).

Outros entrevistados P3, P10 e P11, um deles doutor em ensino de química, entendiam que uma das limitações poderia ter a ver com a dificuldade na transposição pelo aluno do nível macro para o sub-microscópico (B). Os mesmos autores afirmaram, e bem, que se houver falta de cuidado no uso de analogias para ensinar química, os alunos podem assumi-las erradamente e não entender o que se pretende ensinar com base nelas. Uma resposta deste tipo foi apresentada por P11:

“Principalmente no ensino de química como eu referi anteriormente, pode ser mais do que na biologia e física, eu chamo atenção aqui para o carácter sub-microscópico de química, há aspetos que ocorrem num mundo sub-microscópico que tem a ver com eletrões, prótons, partículas subatómicas [...], estas questões todas, podemos usar várias analogias, as vezes existem analogias para mostrar a estrutura dos átomos, podemos usar [...] esta é a intenção mas, mesmo com o uso destas analogias, o aluno pode não ter a percepção exata do que se pretende, esta é a questão, é uma das limitações, ou até desencadear um processo negativo que é ter uma percepção errada por causa do uso da analogia.” (P11).

Um dos entrevistados (P9) tinha a opinião de que a falta de domínio da analogia pelo professor poderia ser uma limitação (C) e que isso poderia dever-se a fraco conhecimento do assunto científico envolvido na analogia por parte do professor e/ou a falta de conhecimento, pelo professor, do contexto onde ele quer usar a analogia:

“A limitação é a mesma, primeiro para podermos usar analogias temos que saber o que é. Também temos que ter muito conhecimento da própria ciência, quando pessoa domina a ciência vai procurar os meios para transmitir, estes meios pode ser usando analogia, mas também a analogia depende da existência e do conhecimento dos aspetos da sociedade, se a pessoa não tem conhecimentos da sociedade dificilmente vai explicar, a limitação está mesmo onde deve ter um profundo conhecimento, tanto da ciência assim como do dia-a-dia do aluno.” (P9).

Assim, pode concluir-se que os professores entrevistados apresentavam conhecimento baixo das limitações das analogias em investigação em química talvez por não trabalharem na investigação nessa área. No entanto, apresentavam conhecimento aceitável das limitações do uso de analogias para ensino de química, o que podia dever-se ao facto de serem professores ou à formação que alguns têm no uso de analogias em ensino de química.

Quando questionados sobre se o uso de analogias em investigação em química pode, ou não, comportar riscos (questão 15), os professores dividiram-se pelas categorias de resposta consideradas (tabela 23), embora haja uma maior concentração na categoria A, que se refere ao risco da não compreensão da analogia por todos, por ela não ser universal (tabela 23). No entanto, os entrevistados cujas respostas foram classificadas nas categorias A, B e C apresentaram respostas sobre os riscos que podem surgir no momento da comunicação ou divulgação do novo conceito aos destinatários e não durante a investigação.

Tabela 23 - Perspetivas dos professores sobre os riscos das analogias em investigação em química (N=11)

Categorias de resposta	Professores										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
A- Não compreensão da analogia por todos (Não ser universal)	X				X	X		X	X		
B-Risco de pensar que a analogia é o próprio conceito em investigação			X	X							
C-Falta da clareza da própria analogia		X								X	X
D- Não responde											

Cinco professores (P1, P5, P6, P8 e P9) afirmaram que os riscos podiam ter a ver com a não compreensão da analogia por todos (A), pelo facto de a analogia não ser adequada para certas realidades. Esta ideia, segundo a qual algumas analogias só podiam ser entendidas por pessoas que estejam no contexto em que ela for produzida, pode ser ilustrada pela resposta que foi apresentado por P9:

“[...] eu acho que grande risco é de não ser percebido por um grupo de pessoas. [...] como cientista que produz um conhecimento universal o outro risco pode estar por em prática as analogias usadas num país e não ser as mesmas usadas num outro país.” (P9).

Os professores P3 e P4 afirmaram que o destinatário podia pensar que a analogia é o próprio

conceito em investigação (B). Essa situação podia fazer com que ele faça transferência de todas características do domínio análogo para o domínio alvo. A resposta de P4 pode ser usada como exemplo deste tipo de afirmações:

[...] o que pode acontecer, nós não tivemos a coisa como que ela é, estamos apenas a assemelhar alguns pontos essenciais, este pode ser um risco de exatamente tomar estes pontos essenciais e não conhecer a coisa como que ela é, pensando que a analogia é o próprio conceito em investigação e não comparação.” (P4).

Três professores (P2, P10 e P11), um com o grau de doutor em ensino de química, afirmaram que pode existir falta de clareza da própria analogia (C). Assim acontece quando as características do domínio análogo não são de fácil comparação com as do domínio alvo. Esse tipo de resposta é ilustrado abaixo:

“Sim, os riscos são esses que eu estou a dizer, em vez de nós ajudarmos na percepção dos conceitos nós podemos introduzir na mente de quem a ouve, algo que ele sozinho não conseguiu perceber por não estar claro, ouve um desvio em relação ao objetivo das analogias que nós estamos a fazer. Então há esses riscos por falta de objetividade, falta de clareza da analogia.” (P2).

Conclui-se, assim, que os professores que participaram no estudo possuíam conhecimento muito baixo dos riscos associados ao uso de analogias na produção de conhecimento em química, mas, em muitos casos, nas suas respostas apresentavam riscos do uso de analogias durante a divulgação de novo conhecimento em química e não durante a produção deste. Essa situação podia dever-se ao desconhecimento dos professores de didática dos riscos do uso de analogias em investigação, por não praticarem a investigação.

De seguida, os professores foram questionados se, na opinião deles, o uso de analogias em ensino de química, comportava riscos (questão 16). Os professores dividiram-se por cinco categorias de resposta (tabela 24), apesar de ter havido uma maior concentração na categoria B, que se refere ao risco de uso de analogias desconhecidas pelos alunos.

Os professores P2, P3, P5 e P6, cujas respostas foram classificadas nesta categoria (B) afirmaram que os riscos podiam ter a ver com o facto de o professor usar analogias que o aluno não conhece. Quando assim acontece, a analogia, em vez de facilitar a aprendizagem, pode inibi-la, de modo que o conceito que se pretendia ensinar pode não ser aprendido. Uma resposta com essa ideia foi apresentada por P5:

“Há um exemplo que se usa muito em química não é, dizem que o átomo é como um “pudim de passas”, então imagine que nem todos podem conhecer um pudim de passas, você pode pensar que está a usar uma analogia, enquanto corre o risco de ensinar duas vezes algo que o aluno mesmo assim desconhece e complicar a aprendizagem.” (P5).

O entrevistado P10 afirmou que os riscos podiam dever-se ao uso de analogias que não apresentam relações adequadas entre o alvo e o análogo (A). Quando assim acontece, a transferência

de conhecimento do domínio análogo para o alvo também será inadequada:

“Tem sim, porque, como eu estava dizer, se eu não encontrar este termo, ou esta analogia não for adequado, aquilo que eu pretendo para o aluno adquirir, será também inadequado, apresenta risco sim, porque todo o professor deve selecionar a analogia que vai usar em um conteúdo, porque cada conteúdo, cada tema, não é, que temos no programa de ensino, tem que ter uma analogia específica, porque tenho que saber este tema, esta analogia, vão combinar, agora se eu não selecionar bem, ou de acordo com o conteúdo que eu quero dar, então e correr risco de não atingir objetivos da minha aula.”(P10).

Tabela 24 - Perspetivas dos professores sobre os riscos das analogias no ensino de química
N=11)

Categorias de resposta	Professores										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
A-Fracas relações entre as partes do domínio análogo e o domínio alvo										X	
B-Uso de analogias desconhecidas pelos alunos		X	X		X	X					X
C-Falta de preparação do professor para o uso de analogias							X	X	X		X
D-Alunos fixarem se na analogia em vez de apreenderem o conceito	X										
E-Aluno fixar-se em aspetos menos importantes da analogia				X							
F-Não responde											

Para outros quatro professores (P7, P8, P9 e P11), os riscos surgem quando o professor não está preparado para usar analogias (C). Na verdade, a falta de preparação do professor para o uso de analogias faz com que o professor as use sem a devida planificação, de forma espontânea, pelo que a analogia pode não produzir o efeito para a qual foi criada. O professor P11 doutorado em ensino de química, apresenta uma resposta que pode servir como exemplo desse tipo de ideias:

“Ya, exige uma preparação por parte do professor, ele deve se entender as analogias, primeiro é conhecer a intenção destas analogias, por detrás de uma analogia, há uma intenção, a ideia é vincular alguma coisa que seria difícil, então a ideia é entender o que é que está por detrás de uma analogia ou de uma determinada analogia, tem que entender isto, e em segundo lugar é saber como vincular esta analogia no geral, no contexto em que você está ensinar de modo que seja desencadeado o processo que você quer que chegue, se é compreender, se é explicar, se é não sei quando, tudo isto deve estar bem claro, então exigem uma preparação por parte do professor antes, para não desencadear como disse repito ao invés de facilitar, complicar ou algumas vezes mesmo, criar concepções erradas, mas difícil de remediar [...] do que seria sem a utilização de modelos.” (P11).

Um professor (P1) afirmou que os riscos surgem se os alunos se fixarem na analogia em vez de se concentrarem no conceito a prender (D). Isso pode fazer com que os alunos pensem que a analogia é que é o conceito que se pretende que aprendam:

“Riscos são esses de ficar apenas na analogia e não se adequar ao conhecimento verdadeiro, por isso em alguns

casos se tu elaboras e dá um teste e apresenta o conteúdo na forma de analogia e não apresenta parte correspondente científico, se fores a perguntar como é que o conceito é explicado por exemplo do átomo segundo Dalton ele vai dar a resposta tal como foi dito, que é uma bola de bilhar, vai descrever a analogia.”(P1).

Um outro professor (P4) afirmou que os alunos podem fixar-se em aspetos menos importantes dos dois domínios que compõem a analogia (E), pelo que a aprendizagem que se pretendia que fosse realizada com o uso de analogia não ocorresse:

“[...] o que pode acontecer, nós não tivemos a coisa como que ela é e usar comparações, estamos apenas a assemelhar alguns pontos essenciais, este pode ser um risco, porque o aluno pode exatamente tomar pontos não essenciais e não conhecer a coisa como que ela.” (P4).

Segundo alguns autores (Harrison & de Jong, 2005; Maharaj-Sharma & Sharma, 2017), e como foi referido no capítulo 2 (secção 2.4.1), o risco no uso de analogias pode surgir quando o professor apresenta uma analogia que não pode ser entendida pelos estudantes corretamente e, como consequência, pode desviá-los do objetivo pretendido. Nos casos em que os estudantes parecem estar familiarizados com a analogia apresentada, corre-se o risco de os mesmos considerarem a analogia como se fosse o conceito que se lhes pretende ensinar, o que pode criar equívocos sérios na aprendizagem desse conceito (Orgill, Bussey & Bodner, 2015). Assim, conclui-se que a maior parte dos professores entrevistados apresentavam conhecimento aceitável dos riscos que o uso de analogias tem em ensino de química.

Em síntese, os professores que participaram neste estudo apresentavam conhecimento muito baixo das limitações e riscos que as analogias apresentam para a produção de conhecimento em química, talvez por não serem investigadores em química. Em muitos casos, os professores referiram-se a limitações e riscos associados ao uso de analogias na divulgação de conhecimento e não na investigação em química. No entanto, comparando as limitações e riscos do uso de analogias em ensino de química aceites pelos investigadores e pelos entrevistados, conclui-se que estes apresentavam conhecimento aceitável sobre os riscos do uso de analogias no ensino de química, o que podia dever-se à formação que alguns deles afirmaram ter tido durante os seus cursos de pós-graduação.

4.3.4. Formação dos professores de didática para o uso de analogias

Os professores de didática de química foram questionados sobre se tiveram alguma formação para o uso de analogias em investigação em química (questão 17). Um entrevistado disse que não teve formação formal, mas que tinha conhecimento de analogias nesta área a partir de leituras que fez; os restantes dez entrevistados responderam que não tiveram formação para o uso de analogias em investigação em química (tabela 25). Assim, pode concluir-se que os professores entrevistados não possuíam formação formal para o uso de analogias em investigação em química.

Tabela 25 - Caracterização da formação dos professores de didática para uso de analogias em investigação em química

(N=11)

Categorias de resposta	Professores										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Teve, mas não formal			X								
Não tem formação	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Não responde											

De seguida, os entrevistados foram questionados sobre se tiveram alguma formação para usar analogias em ensino de química (questão 18). Seis entrevistados afirmaram que tiveram formação durante o mestrado, dois afirmaram que tiveram a formação durante a licenciatura e três responderam que não tinham formação (tabela 26). Conclui-se, assim, que a maior parte dos professores entrevistados possuía alguma formação formal para o uso de analogias em ensino de química.

Tabela 26 - Caracterização da formação dos professores de didática para uso de analogias em ensino de química

(N=11)

Categorias de resposta	Professores										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Teve no mestrado	X			X	X	X			X		X
Teve na licenciatura		X						X			
Não tem formação			X				X			X	
Não responde											

Oito dos onze professores entrevistados, que afirmaram ter tido formação para o uso de analogias no ensino de química, foram questionados sobre o que falaram, nessa altura, sobre analogias e solicitados a apresentar um resumo do que foi tratado (questão 18.2). O resultado consta da tabela 27.

Tabela 27 - Perspetivas dos professores sobre as aprendizagens realizadas para uso de analogias em ensino de química

(N=8)

Categorias de resposta	Professores							
	P1	P2	P4	P5	P6	P8	P9	P11
A-Sobre a relação entre analogias, modelos e dilemas			X					
B-Sobre analogias enquanto estratégia para melhorar a comunicação entre o professor e os alunos	X			X				
C-Sobre as analogias enquanto estratégia de contextualização dos assuntos a lecionar					X		X	
D-Sobre os riscos da utilização de analogias								X
E-Não responde		X				X		

A análise desses dados mostra que, durante a formação, os professores consideraram ter aprendido sobre:

i) a relação entre analogias, modelos e dilemas (A):

“[...] ela falava de analogias como o uso de modelos, ela comparava dilemas, ela traduzia um dilema, mas também dizia que elas eram um método de ensino em que o aluno pode ter duas saídas, as duas saídas podem ser corretas, mas depende da justificação de cada aluno, a defesa que ele vai dar, então ela comparava, analogias com os modelos, os modelos com dilemas, [...]” (P4);

ii) as analogias enquanto estratégia para melhorar a comunicação entre professor e alunos (B):

“Hum, nós estávamos a falar de uma linha de pesquisa, de comunicação no processo de ensino e aprendizagem, eu acho isto, então a professora falava que existem várias estratégias para melhorar a comunicação que o professor deve usar para facilitar a comunicação com seus alunos. Disse ainda que sempre procura falar a linguagem do aluno, aquilo que o professor fala, nem realmente o aluno pode estar a perceber, porque as vezes nós pegamos a ciência que está nos livros, mas a forma de interação muitas vezes não tem sido clara para o aluno. Então estas estratégias que podem ajudar podem ser analogias, música, dança, pode ser modelo, pode ser histórias de dilema, muita coisa.” (P5);

iii) as analogias enquanto estratégia de contextualização dos assuntos a lecionar (C):

“Para se focalizar as analogias era um conteúdo que tinha a ver com aprendizagem significativa e contextualizada. Em que nesta perspectiva estava se, como a própria aprendizagem significa defende que sempre deve se partir de algo que o aluno já sabe e que para tal deve se reparar para aquilo que é o contexto em que o aluno está. Então é neste contexto, nesta perspectiva em que a aprendizagem contextualizada em falamos que temos que recorrer aquilo que são as analogias para abordar um certo conteúdo. [...], mas era sobre aprendizagem significativa e contextualizada. [...], como nós podemos ter uma aprendizagem significativa e contextualizada nesse caso no ensino. [...] Ya. Se trouxe esta estratégia como se fosse uma possibilidade para nós termos uma aprendizagem significativa e contextualizada. Mas não se desenvolveu tanto assim, apenas foi uma menção.” (P6);

iv) os riscos de utilização de analogias (D):

“[...] a questão do género na química, por exemplo é um aspeto que foi tratado, veja que há aspetos de linguagem que são usados na química que colocam a mulher na posição fraca, do tipo ácido forte é aquele que se dissocia completamente e o fraco é aquele que se dissocia parcialmente, a força de atracção, há uma linguagem na química que é usada que em algum momento pode não ser atrativo para as mulheres, porque está associada a força e a força normalmente está associada ao homem, são questões básicas, portanto uma formação específicas na área de analogias não a tive, mas por ter sido formado sobre como tratar conteúdos da matéria na química acabo tendo a maior sensibilidade sobre como tratar estes aspetos.” (P11).

Os resumos apresentados pelos professores sobre o que, segundo eles, foi tratado na formação sugerem que os professores tinham uma vaga ideia do que falaram nas aulas sobre analogias, mas não evidenciavam uma formação suficiente para serem capazes de usar adequadamente analogias para o ensino de química. Esta constatação é concordante com os resultados de estudos revistos no segundo capítulo (ex.: Orgill, Bussey & Bodner 2015; Harrison & de Jong 2005; Kim, Kim & Noh, 2019), os quais mostraram que, apesar de os participantes nos mesmos afirmarem que tinham tido formação para o uso de analogias, evidenciavam um conhecimento reduzido sobre a problemática associada ao uso deste recurso didático.

Por um lado, os professores que participaram neste estudo não tinham formação para o uso de analogias no contexto de investigação em química, o que pode justificar o reduzido conhecimento que estes apresentavam sobre analogias nesse contexto. Por outro lado, e apesar de a maior parte dos entrevistados ter dito que teve formação formal para o uso de analogias em ensino de química, estes recordavam-se de alguns conceitos que terão sido abordados nas aulas, mas a qualidade dos resumos que apresentaram evidenciava um conhecimento muito reduzido sobre o assunto em causa, o que coloca dúvidas sobre a (in)suficiência dessa formação.

4.3.5. Representação das práticas dos professores sobre a utilização de analogias no ensino de didática da química

Os professores de didática de química foram questionados se costumavam usar analogias para ensinar conteúdos de didática de química (questão 19). Como se pode notar na tabela 28, seis entrevistados afirmaram que usavam analogias para ensinar conteúdos de didática de química, dois disseram que as usavam às vezes e três disseram que não usavam analogias para esse fim. Conclui-se, assim, que a maior parte de professores (oito em 11) que participaram neste estudo afirmou que usava, pelo menos algumas vezes (ou sejam usava ou usava às vezes), analogias para o ensino de didática de química.

Tabela 28 - Utilização de analogias para ensinar conteúdos de didática de química (N=11)

Categorias de resposta	Professores										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Usa		X		X	X	X		X			X
Às vezes usa			X				X				
Não usa	X								X	X	
Não responde											

De seguida, os professores que afirmaram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, foram questionados sobre as condições em que recorriam ao uso de analogias nas suas aulas de didática de química (questão 19.1). Contudo, constatou-se que nenhum professor deu exemplos de situações em que costumava usar analogias para ensinar conteúdos de didática de química. As respostas que apresentaram evidenciavam:

- i) o uso de analogias para ensinar conteúdos de química aos seus alunos (P2, P3 e P8), quando percebiam que estes não dominavam os conteúdos de química que são usados nas aulas de didática, como, segundo um deles, acontece com o átomo e a estrutura atômica:

“São aquelas condições que quando a gente percebe que os alunos estão a ter certas dificuldades recorre se as

analogias, para explicar. Isso ajuda para ele ter uma imagem, uma ideia do que estamos a falar. A parte que sei que recorro a algum momento é de estrutura e teoria atômica, eles não têm muita dificuldade de idealizar, o que é átomo, estamos a falar de distribuição aquela coisa toda estamos a falar de ligação química, então é mais ou menos isso, tem algumas analogias e eu recorro.” (P3);

ii) a recomendação para que os seus alunos usassem analogias em determinados conteúdos (P4 e P6) de química que irão lecionar nas escolas secundárias, sem, no entanto, apresentarem qualquer exemplo de analogia que recomendavam aos alunos:

“Muita das vezes eu uso analogias nas aulas de didática de química, fazendo um estudo de programa de ensino do ensino secundário geral, existe conteúdos e nós informamos os estudantes, que quando chegarem a escola, apesar de nós falarmos só teoricamente sem analogias concretas, chamamos atenção para também usarem modelos e analogias. Os modelos estão tipicamente divididos em dois ou três grupos, temos o concreto, mas para eles trazerem isto na escola, podem usar comparações que são a analogias que vocês podem levar um conceito e comparar este com o outro já conhecido, tendo alguma essência entre as duas coisas.” (P4);

iii) a exigência de que os alunos usassem analogias nas aulas de química que simulam (P7 e P11) e em que deviam colocar em prática conhecimentos adquiridos em didática de química, sem, contudo, se perceber se, nestas disciplinas, foram ensinados a usar analogias para ensinarem química:

“Eu uso mais para falar de como usar analogia mesmo, como posso explicar? Temos uma disciplina de didática II, então a didática II tem uma prática integrada, como eu posso dizer, quer dizer aquilo que estudamos na didática II, nós colocamos em prática nas práticas pedagógicas de química II, então é uma disciplina onde eu procuro fazer com os meus alunos façam simulação de aulas, eu tento isto na planificação das aulas, na didática. Nós falamos desta ferramenta que ajuda nas aulas da disciplina de química e assim procuro fazer com que eles usem numa determinada matéria, propondo ou procurando uma analogia que eles podem usar, enquanto eles vão usar eu vou verificando se esta analogia é adequada.” (P5).

Assim, pode concluir-se que os professores que afirmaram usar analogias, pelo menos algumas vezes, para ensinar didática de química, não apresentaram evidências disso, o que podia dever-se a não estarem preparados para ensinar didática de química com base em analogias. Durante a revisão de literatura não se conseguiu encontrar estudos centrados no uso de analogias pelos professores de didática de química.

Os oito professores que disseram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, foram questionados sobre se, nas aulas de didática, quando usavam analogias, tornavam explícito para os alunos que estavam a usar uma analogia (questão 19.2, primeira parte). Apenas três desses professores afirmaram que explicitavam, ou que às vezes explicitavam, que estavam a utilizar uma analogia (tabela 29). De seguida, estes professores, exceto P5 (que não respondeu à questão), foram solicitados a apresentar as razões de explicitarem, ou não explicitarem, que estavam a usar analogias (questão 19.2, segunda parte). No primeiro caso, constatou-se que há quem tenha considerado que:

i) necessitava fazer essa explicitação para chamar a atenção dos alunos que estava a relacionar o conceito novo, em estudo, com algo que que eles já conheciam (P2 e P6):

“Eu explicito a eles que isso é uma analogia, neste caso, eles devem saber que isto é uma analogia, [...], aluno precisa saber que estamos a usar uma analogia e não a realidade que se pretende ensinar, mas sim uma comparação.” (P2).

ii) nem sempre precisava de fazer essa explicitação porque nem sempre essa informação era importante para os estudantes:

“Algumas vezes não precisamos dizer que estamos a usar a analogia, mas pode se dizer que esta questão pode ser comparada, vinculámos conteúdos apenas através de uma comparação, uma explicação funcional sem explicar aos alunos, porque é desnecessário. Há duas formas de usar analogias, há uso explícito em que dizemos que isto compara-se a, é semelhante a, e há uma forma implícita em que sem dizermos nada acabamos vinculando, do tipo por exemplo, quando falamos da proximidade dos átomos, é como se fosse um objeto que se aproxima a algo mais quente em relação ao outro, é como se usar o calor para explicar a questão dos átomos que apresentam maior eletronegatividade.” (P11).

No segundo caso, os entrevistados P3, P4, P7 e P8 afirmaram que não tornavam explícito para os seus alunos que estavam a usar uma analogia porque a analogia não é o objeto de estudo:

“Não digo porque prontos, em algum momento acabam apercebendo-se que é analogia e prontos eu não digo e não posso afirmar que estou a usar uma analogia porque eu não quero que aprendam a analogia. É no momento da explicação de um determinado conceito que eu vou usar analogia e sem dizer a eles que eu estou a usar uma determinada analogia, [...] esse não é objetivo da aula.” (P3);

Tabela 29 - Explicitação da utilização de analogias pelos professores que afirmaram que as usavam, pelo menos algumas vezes, nas aulas de didática de química

(N-8)

Categorias de resposta	Professores							
	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P11
Explícita	X				X			
Às vezes explícita								X
Não explícita		X	X			X	X	
Não responde				X				

Conclui-se, portanto, que os professores de didática de química que afirmaram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, divergiam quanto à necessidade de explicitação, para os alunos, de que estavam a usar analogias, sendo que são menos de metade os que diziam fazer essa explicitação. De acordo com Júnior, Francisco e Oliveira (2012) a explicitação do uso de analogias pode ser vantajosa, pois poderá ajudar os estudantes a concentrarem-se nos aspetos essenciais da analogia e a não confundir o análogo com o conceito que se pretende que seja aprendido.

De seguida, os oito professores que disseram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, foram questionados sobre os conteúdos em que as têm usado, nas aulas de didática de química (questão 20). No entanto, e como mostra a tabela 30, só quatro desses professores (P4, P6, P7 e P8) apresentaram exemplos de conteúdos passíveis de serem considerados de didática de química (ex.: atividades laboratoriais) ou de educação, em geral, mas relevantes para a didática da química (ex.:

currículo); os outros quatro professores (P2, P3, P5 e P11), um dos quais detentor do grau de doutor em ensino de química, apresentaram conteúdos de química (ex.: ligação química). Estes resultados podem dever-se a desconhecimento das potencialidades das analogias para ensinar didática e/ou a alguma confusão entre conteúdos pertencentes às diversas disciplinas que lecionavam, nomeadamente de química e didática de química.

Tabela 30 - Conteúdos em que os professores dizem usar analogias nas aulas de didática de química (N=8)

Disciplina	Conteúdos	Professores							
		P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P11
Didática de química	Meios de ensino de química			X			X		
	Métodos de ensino de química			X		X			
	Atividades laboratoriais							X	
	Estruturação da aula de química					X			
Educação	Princípios didáticos				X	X			
	Currículo							X	
	Construtivismo						X		
Química	Misturas de substâncias								X
	Estrutura atômica		X	X				X	X
	Tabela periódica					X			
	Ligação química	X			X				
	Reação química	X	X						
	Equilíbrio químico								X
	Funções inorgânicas								X
	Processos químicos industriais								X

Os oito entrevistados que afirmaram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, nas aulas de didática foram solicitados a dar um exemplo dessas analogias (questão 21). No entanto, nenhum professor conseguiu apresentar exemplos de analogias centrados em didática de química. Pelo contrário, três deles (P3, P5 e P6) fizeram referências que têm a ver com o uso de analogias em química. Como se ilustra de seguida, estas referências apresentam o análogo (ex.: casamento ou equipa de futebol) para um conteúdo de química (ex.: ligação química):

“Acho que as analogias que nós temos usado mais, até que o programa já recomenda para o caso de ligação química tem vários exemplos, casamentos, equipas de futebol, depois mais tem, justamente ali na ligação química. Eu acho que é o capítulo que está mais patente e evidente que o próprio programa de ensino já recomenda.” (P3);

Assim, conclui-se que os professores que afirmaram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, nas aulas de didática de química não evidenciavam conhecimento das analogias que podem ser usadas para ensinar conteúdos dessa área disciplinar. Isto pode significar que, provavelmente, não estarão a ensinar conteúdos de didática com base em analogias nem a ensinar os alunos sobre a problemática das analogias enquanto recurso didático. Acresce que, apesar de terem relacionado

analogias com conteúdos de química, eles também tiveram dificuldades em apresentar essas analogias, o que, tendo em conta estudos realizados por diversos autores (Orgill, Bussey & Bodner, 2015; Maharaj-Sharma & Sharm 2017, Kim, Kim & Noh, 2019), pode denotar falta de domínio do assunto.

Acresce que, quando os oito professores que afirmaram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, foram questionados se, nas aulas de didática de química, costumavam referir ou trabalhar com analogias sobre estrutura atômica (questão 22), apenas cinco dos oito professores entrevistados responderam afirmativamente, dois responderam negativamente e um evitou responder (tabela 31).

Tabela 31 - Uso de analogias sobre átomo e a estrutura atômica, nas aulas de didática de química (N=8)

Frequência de utilização	Professores							
	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P11
Trabalha/aborda	X		X	X	X			X
Às vezes trabalha/aborda								
Não trabalha/aborda						X	X	
Não responde		X						

Os entrevistados que afirmaram referir ou trabalhar com analogias sobre átomo e/ou estrutura atômica, nas aulas de didática (P2, P4, P5, P6 e P11), invocaram duas razões para fazerem esse tipo de abordagem:

- i) necessidade de os estudantes compreenderem profundamente o conceito de átomo (P2, P4 e P11), pois, como refere P11, detentor do grau de doutor em ensino de química, este conceito é de difícil compreensão e a estrutura atômica é a base para o tratamento de outros conceitos de química:

“Mencionei isto, para eles por esta ser uma área mais sensível da química na escola, o cerne da questão, como eu disse, tudo o resto que nós notamos na química, tem como essência a estrutura atômica. Entender o átomo que é uma partícula invisível a olho nu, o aluno tem que abstrair porque não vem, e depois este átomo é constituído por um núcleo, que tem dentro dele prótons e neutrões, segundo nível de abstração e elétrons na sua eletrosfera, terceiro nível de abstração e o aluno deve imaginar, [...] para depois referir que esta forma de arrumação determina polaridade de arrumação que tem propriedades macroscópicas exibidas, então, grande parte das propriedades observadas, resultam do que acontece no nível da estrutura dos átomos, que nem se podem observar, então se há uma unidade temática crucial para o uso de analogias, é a estrutura atômica, e os nossos estudantes devem saber isso e fazerem o uso de analogias nesta matéria na escola. Eu julgo que se as analogias sobre o átomo forem bem usadas por eles no ensino secundário, outros assuntos com maior ou menor dificuldade ficam mais ou menos facilitados, [...]” (P11);

- ii) necessidade de concretizar assuntos abstratos (P5 e P6), pois, como mencionou P6, a estrutura atômica é muito abstrata e difícil de compreender:

“Porque é óbvio que quando se fala de estrutura atômica em algum momento é coisa muito abstrata, então o nível de percepção pode ser muito difícil para alunos no secundário, então sempre deverão recorrer a algo concreto para

a comparação e com base naquilo que se observa na realidade os seus alunos podem ter a imagem de como é que está a acontecer.” (P6).

Conclui-se, assim, que os professores que afirmaram referir ou trabalhar com analogias sobre o átomo e/ou a estrutura atômica tinham conhecimento aceitável sobre as razões que justificam esse tipo de tratamento com os seus estudantes que serão futuros professores de química do ensino secundário.

De seguida, os cinco professores que afirmaram referir ou trabalhar com analogias sobre o átomo e/ou estrutura atômica (P2, P4, P5, P6 e P11), um dos quais doutor em ensino de química, foram solicitados a apresentar as analogias que costumavam usar nas suas aulas (questão 22.1). Estes cinco entrevistados apresentaram cinco diferentes exemplos de analogias, sendo que o número de analogias apresentado por cada entrevistado oscilou entre uma (P5) e três (P2, P4, P6 e P11) analogias. Nota-se a preocupação de alguns entrevistados com a adequação das analogias ao contexto do aluno. Na verdade, e dado que a analogia de “pudim de passas”, muito usada para descrever o modelo atômico de Thomson (Monteiro & Justi, 2000), não funciona em Moçambique, país onde o “pudim de passas” é muito pouco usado, alguns professores propuseram a sua substituição por uma goiaba (P5) ou por um bolo de frutas (P2, P4 e P6).

Tabela 32 - Exemplos de analogias sobre átomo e a estrutura atômica recordados pelos professores que disseram que usavam analogias nas aulas de didática

(N=5)

Exemplos de analogias	Professores				
	P2	P4	P5	P6	P11
Analogia da goiaba (análoga à do pudim de passas) para átomo de Thomson			X		
Analogia do pudim de passas ou bolo de frutas, para átomo de Thomson	X	X		X	
Analogia da bola de bilhar, para modelo de Dalton	X			X	X
Analogia de fogão com lume para explicar as diferenças de energias de ionização necessárias para retirar eletrões próximos e afastados do núcleo					X
Analogia do sistema planetário, para o átomo de Rutherford	X	X		X	X
Não responde					

No entanto, os entrevistados limitaram-se a efetuar uma breve descrição da analogia que diziam referir ou usar, sem evidenciarem conhecimento das limitações e riscos da mesma. Contudo, as analogias apresentadas contêm algumas limitações e riscos importantes. Assim:

- i) a analogia da goiaba, um análogo do contexto do aluno, é potencialmente boa, mas pode correr o risco de levar os alunos a pensar que os eletrões estão fixos no interior do átomo, incrustados num qualquer tipo de substância material, tal como as sementes da goiaba estão fixas na sua polpa:

“[...] sim, mas é. Voltando, falar de uma comparação acho vamos ser muito repetitivo no modelo atômico de Thompson, como pudim de passas, [...] é mais recomendável falar de um pudim de passas, mas digo-lhes que

temos algumas dificuldades, de o que é pudim, um pudim com passas para depois fazer uma analogia como modelo atômico de Thompson [...], por exemplo falo para usarem analogia de uma goiaba, a goiaba o formato que tem, tem a semente no interior envolvida por uma massa, uma massa branca ou vermelha dependendo do tipo e goiaba, e sementes podem ser elétrons, e este seria um exemplo natural contextualizado [...]" (P5);

- ii) a analogia do bolo de frutas, apesar de este bolo ser familiar aos alunos, pode induzir a ideia de que, tal como o bolo tem diferentes tipos de frutas, também o átomo tem diferentes tipos de elétrons; além disso, o referir que as frutas estão encrustadas é problemático, pois o termo 'encrustado' dá a entender que os elétrons estão revestidos por uma crosta, o que não é verdade:

"[...] pudim de passas, é uma delas que muitas vezes falo com eles ou então bolos de fruta que tem frutas aí encrustadas, para o átomo segundo Thomson." (P6);

- iii) a analogia de sistema planetário, para o átomo de Rutherford e de Bohr, que compara a diminuição da temperatura com o aumento da distância ao sol com a diminuição da força de atração do núcleo sobre os elétrons, à medida que a distância destes ao núcleo aumenta, mas há professores que parecem ter errado a analogia:

"[...] estrutura atômica por exemplo já existe o modelo interplanetário, e para mostrar os planetas que estão mais próximos do sol são mais quentes em relação aos planetas mais distantes, da mesma forma que a força de atração entre os elétrons e a carga nuclear, é maior em relação aos que estão distantes do núcleo [...]" (P11).

- iv) a analogia de fogão com lume, para explicar a necessidade de maior e menor energia de ionização para se 'arrancar o elétron do núcleo', o que pode levar os alunos a pensar que, tal como acontece com objetos próximos ao fogão, os elétrons mais próximos ao núcleo são 'mais quentes' que os periféricos:

"Para além do sistema planetário temos falado de um fogão, um objeto próximo de um fogão, recebe mais calor do que aquele que se encontra mais afastado, então isto poderão usar, para mostrar que para os elétrons mais periféricos é mais fácil cederem do que os que estão mais próximo do núcleo, isto é mais fácil para Bohr do que quando formos na mecânica quântica, em que os aspetos são mais complexos, introduz-se o conceito de orbital, é outro nível de abstração, ainda quando falamos de orbital s, orbital, d e f, para além de camadas, acaba sendo mais abstração, em que o aluno na escola pode não entender [...]" (P11).

- v) a analogia da bola de bilhar que, apesar de poder ser do quotidiano do aluno, pode fazer pensar que os átomos têm diferentes cores, uma vez que as bolas de bilhar têm várias cores:

"[...] por exemplo falamos de bola de Bilhar, para falar do modelo de Dalton, que é uma massa, mais ou menos são algumas analogias que falamos para eles usarem para explicar isto e aquilo." (P6).

Conclui-se, dessa forma, que os professores que afirmaram referir ou trabalhar com analogias sobre o átomo e/ou estrutura atômica com seus estudantes, embora em alguns casos tentem adequar as analogias ao contexto do aluno, não indicaram as limitações e riscos que elas apresentam. Isso pode fazer com que os alunos transfiram todas características do domínio análogo para o domínio alvo, o que iria originar aprendizagens indesejáveis.

Segundo alguns autores (Bozelli & Nardi, 2012; Dilber & Duzgun, 2008), e como foi descrito no capítulo 2 (secção 2.2.1), nenhuma analogia apresenta uma combinação de características do análogo exatamente semelhante às características do alvo, pelo que o seu valor didático depende da exploração que é feita da analogia, nomeadamente no que é comparável e não comparável.

Os oito professores que afirmaram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, foram ainda solicitados, a indicar quantas analogias usavam, em média, numa aula de didática de química (questão 23). A tabela 33, relativa à média de analogias que os oito participantes do estudo diziam usar, mostra que há uma maior concentração de professores na categoria 3-5 analogias, comparativamente com a outra categoria em que foram classificadas respostas (1-3). A média de analogias usadas pelos professores de didática é muito baixa quando comparada com a relatada por autores que investigaram este assunto. Na verdade, estudos mostram que em ciências e particularmente em química os professores usaram em média 5 a 10 analogias. A disciplina de didática de química é uma didática que visa preparar os futuros professores para ensinarem a química que é uma disciplina com muitos conceitos cuja aprendizagem requer uma elevada capacidade de abstração, pelo que o uso de analogias poderia ser útil para os futuros professores.

Tabela 33 - Número médio de analogias que os professores que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, dizem utilizar nas aulas de didática

(N=8)

Número médio de analogias usado	Professores							
	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P11
Uma a três (1-3)			X		X			X
Três a cinco (3-5)	X	X		X			X	
Não responde						X		

De seguida, os oito professores que disseram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, nas aulas de didática de química, foram solicitados informar se as usavam igualmente, ou não, em todos temas (questão 24). Assim, sete professores responderam que usavam analogias em alguns temas e um não respondeu (tabela 34).

Tabela 34 - Uso de analogias pelos professores que afirmaram que usavam analogias, pelos menos algumas vezes, na leção dos diversos temas de didática de química

(N=8)

Uso de analogias nos temas	Professores							
	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P11
Usam igualmente em todos temas								
Usa em alguns temas	X	X	X		X	X	X	X
Não responde				X				

Os entrevistados que afirmaram que usavam analogias em alguns temas, referiram que o faziam porque:

i) há temas em que os alunos não entenderiam as analogias que poderiam ser usadas (P2, P4, P6 e P7):

“Por que não? porque há temas que não nos possibilitam usar analogias [...], as razões são várias, por exemplo quando estamos em casa a preparar a lição, você vê não tenho possibilidade de usar uma analogia, há outras você vê que estes aqui de acordo com o assunto que vou ensinar o aluno pode ou não entender. Então vai depender do tipo da matéria e se os alunos podem entender, e isso indica se posso usar ou não a analogia o que deve ser visto pelo professor antes de usar a analogia para ensinar uma matéria.”(P4);

ii) as analogias só devem ser usadas quando existe um análogo do cotidiano do aluno (P3, P8 e P11) que se relaciona com a matéria a ser ensinada:

“Depende do contexto, como eu disse, a analogia é um recurso quando há falta de compreensão normal do conteúdo, e o aluno conhecer algo que lhe possa ajudar na comparação, se eu diagnostiquei que há uma falta de compreensão por experiências passadas do aluno posso me socorrer da analogia. [...] se o que ele conhece pode esclarecer a matéria uso se não dá não uso para não complicar, é só quando há dificuldades de compreensão de uma determinada matéria.” (P11).

Na verdade, as analogias devem ser usadas apenas quando constituírem uma mais valia para a aprendizagem e isso requer, como os professores entrevistados afirmaram, que as analogias sejam adequadas ao contexto e compreendidas pelos alunos. A química envolve conceitos que são abstratos e de difícil compreensão para os estudantes, pelo que neste caso, as analogias bem selecionadas podem auxiliar, tal como defendem alguns autores (Sendur, Toprak & Pekmez, 2011; Maharaj-Sharma & Sharm, 2015; Rodriguez & Towns, 2019).

Os oito entrevistados que afirmaram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, foram questionados se costumavam enfrentar dificuldades quando usavam analogias para ensinar conteúdos da didática de química (questão 25). Cinco entrevistados responderam que enfrentavam dificuldades, dois responderam que não enfrentavam dificuldades e um não respondeu (tabela 35).

Tabela 35 - Dificuldades que os professores que afirmaram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, dizem enfrentar nas aulas de didática

(N=8)

Dificuldades em usar analogias	Professores							
	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P11
Enfrenta	X	X	X			X		X
Às vezes enfrenta								
Não enfrenta					X		X	
Não responde				X				

De seguida, os professores que afirmaram que enfrentavam dificuldade(s), foram solicitados a indicar o tipo(s) de dificuldade(s) que costumavam enfrentar (questão 25.1). Constatou-se que esses

professores mencionaram:

i) dificuldades em encontrar análogo que apresenta relações evidentes com o conceito a ensinar:

“Por exemplo procurar uma analogia que funciona sem deixar margem para dúvidas, sem criar duvidas, sem criar confusão nas nossas cabeças. Sim, as vezes as analogias, em vez de nos ajudarem podem criar-nos mais confusão na cabeça. É aquilo o que estava a dizer antes, temos que usar as analogias que de facto são analogias, não algo que está fora do contexto.” (P2);

ii) dificuldade em escolher a analogia que apresente boas relações entre o domínio alvo e o domínio análogo:

“[...] é puxar o conhecimento que se pretende para aquela realidade, quando agente usa analogias, pensa várias vezes, qual é a analogia que vamos usar aqui, qual é o conceito ou objeto que vou relacionar com o que vou falar na sala de aulas, qual é o objeto real que vou pegar para os meus alunos perceberem, então fica um pouco complicado.”(P4);

iii) dificuldades em entender se o aluno confundiu o análogo com o conceito que pretendia ensinar:

“Nunca prestei atenção, a dificuldade que pode surgir é aquela que estava a dizer eu não consigo me aperceber se o aluno confundiu a própria analogia com o conceito. Então nunca prestei atenção para ver se o estudante tem essa dificuldade ou realmente depois de usar a analogia eu perceber isso. Nós sabemos que colocamos algumas questões e isso não quer dizer que ele não tem nenhuma dificuldade ou entendeu a matéria.” (P3);

iv) dificuldades em saber se ocorreu a aprendizagem da matéria ensinada com base na analogia (P7 e P11), pois, como refere P11, detentor do grau de doutor em ensino de química, os estudantes, às vezes, podem lembrarem-se só do análogo, em vez de se lembrarem do novo conceito que se pretendia que aprendessem:

“Dificuldades é de compreensão, já tive caso em que o aluno compreende linearmente a analogia, em que o aluno entende a analogia usada no sentido em que foi usada e não no sentido do ensino, já existem estes casos, já houve situações percebidas, como disse anteriormente, você usa para facilitar mais ao invés de facilitar você acaba prejudicando o aluno, mas, grosso modo, as analogias, acabam cumprindo aquela que é a função que é a facilitação da compreensão daquilo que é o conteúdo de ensino [...]” (P11).

Note-se que professores que participaram no estudo realizado por Maharaj-Sharma e Sharm (2017) e também reconheceram que tinham dificuldades em usar analogias.

No segundo caso, constatou-se que dois entrevistados (P6 e P8) afirmaram não enfrentar dificuldades porque planificavam as analogias e antecipavam as dificuldades que pensavam que iriam surgir durante as aulas:

“Para mim digo que não porque escolho já analogias com um pressuposto dos que vou explorar e para que contexto, então se não encontro nenhuma analogia então não levo nenhuma analogia para a turma, porque já sei o que vou explorar e até que nível. Como eu estava a dizer anteriormente que tem algumas analogias que nós levamos com algumas limitações, então torna-se logo bem claro que vamos explorar até o nível X, porque isso se assemelha com aquilo que nós queremos, agora o resto que esta lá pode não ter nenhuma semelhança.” (P6).

Na verdade, e como referem alguns autores (Maharaj-Sharma & Sharm, 2015; Rahayu & Sutrisno, 2019), fazer planificação das analogias a usar nas aulas minimiza os riscos para os alunos e

as dificuldades que os professores enfrentariam no uso de analogia.

De seguida, os oito entrevistados que afirmaram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, foram questionados sobre quando decidiam usar analogias, antes da aula ou durante a aula (questão 26). A maior parte desses professores (cinco) afirmaram decidir usar analogias antes da aula, um afirmou que decidia durante a aula, um outro afirmou que decidia ora antes e ora durante a aula e um evitou responder à questão (tabela 36).

Tabela 36 - Momento em que os professores que afirmaram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, dizem decidir usá-las nas aulas de didática

(N=8)

Decisão de usar analogias	Professores							
	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P11
Antes da aula		X			X	X	X	X
Durante a aula			X					
Antes e durante a aula	X							
Não deram resposta				X				

Entretanto, os entrevistados mencionaram diferentes razões que os levavam a decidir usar analogias nos diferentes momentos. No primeiro caso, ou seja, antes da aula, foram apresentadas as seguintes razões:

- i) necessidade de planificar a analogia a usar (P3, P6, P7 e P8), pois, como afirma P6, sempre é necessário ter em mente o que se vai tratar antes de ir para a sala de aula, apesar de não ser possível prever tudo:

“É uma fase de planificação, porque eu sei o que vou tratar, então eu vou ter que preparar logo o que é que vou usar como recurso para atingir aquele objetivo. Então muitas das vezes eu decido antes, mas há movimentos em que por causa das dúvidas ali pode surgir uma outra necessidade em que tenho que recorrer a uma outra situação para esclarecer coisas pontuais. Mas muitas das vezes as analogias eu decido antes.” (P6);

- ii) necessidades de planificar a analogia a usar, e de diminuir os riscos e de prever as limitações que a analogia pode apresentar:

“Há uma didática básica que ajuda a conhecer os riscos que a analogia pode ter para o aluno, o professor deve entender o uso das analogias, que limitações tem, porque precisa conhecer que as analogias tem limitações, pode ilustrar uma situação e negligenciar a outra, por exemplo no uso da estrutura tetraédrica do metano não fica clara a questão dos elétrons partilhados, não fica clara a questão daquelas nuvens de elétrons, também é uma questão, eu estou a apresentar uma coisa, mas há uma coisa não apresentada, é preciso conhecer que os modelos e as analogias apresentam limitações, mas se você for a usar de forma improvisada dentro da aula, há um risco e certas limitações das analogias que se podem evitar se serem bem antecipadas durante a planificação podem ser negligenciadas.” (P11).

No segundo caso, ou seja, em que a decisão é tomada durante a aula, o entrevistado P4 afirmou que decidia usar analogias quando descobria que os alunos não estavam a entender a matéria, algo que,

segundo ele, não se conseguia planificar:

“Quando se nota que alguma coisa não está sendo percebida, aí já podemos recorrer a analogias, se for antes da aula, fica complicado por não se poder prever dificuldades e pensar em analogia a usar antes. Então quando nós vemos que os alunos, estão a ter dificuldades de entender, quando você descobre que os alunos não estão aí para consigo, recorre-se a uma analogia.” (P4).

No terceiro e último caso, o professor que afirmou decidir usar analogias antes e durante a aula associou esse uso ao colmatar de dificuldades dos alunos, de dois modos diferentes. Assim, quando conseguia prever dificuldades dos alunos, planificava o uso de analogia, mas quando, durante a aula, os alunos apresentavam dificuldades não antecipadas, usava analogias sem as planificar:

“Bom! Não posso mentir. Didática é uma disciplina que nós podemos nos programar, e isto mais aquilo e as vezes antes da aula penso e coloco a analogia a usar. Mais, durante a conversa com os alunos, podem aparecer situações em que precisamos usar analogia que não tenha sido programada, não posso dizer que tudo seja possível programar não [...]. se algum momento em que eu estou a tratar pode persistir uma dificuldade, então para enfatizar mais aquilo que estou a tratar, uso uma analogia.” (P2).

Conclui-se, portanto, que os professores que afirmam que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, divergiam em relação ao momento que decidiam usar analogias. Contrariamente aos que diziam planificar o uso de analogias, aqueles que decidiam usá-las durante a aula correm mais riscos e têm menos probabilidade de colmatar as limitações das analogias. No entanto, o uso não planificado de analogias foi também constatado em diversos estudos (Oliva, Azcárate & Navarrete, 2007; Akaygun et al, 2018), referidos no capítulo 2 (secção 2.4.2), nos quais os professores referiam usar analogias de forma espontânea e não planificada. Refira-se que o professor que é detentor de grau de doutor destacou-se pela positiva, por reconhecer a importância de que as analogias sejam planificadas.

Os oito professores de didática de química afirmaram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, mas a média de analogias que eles diziam usar é baixa. No entanto, dos oito entrevistados que afirmaram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, só quatro é que apresentaram analogias relativas a conteúdos de didática de química, o que denota um fraco domínio de uso de analogias nesta disciplina. Os mesmos professores não conseguiram dar exemplos de analogias usadas nas aulas de didática, tendo-se limitado a indicar situações em que recomendavam aos seus estudantes que usassem analogias ou a referir que usavam analogias quando seus estudantes mostravam dificuldades com alguns conceitos de química relevantes para a didática.

Os resultados acima sugerem que, apesar de alguns professores de didática terem afirmado que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, e terem referido que tiveram formação durante o mestrado, estes não evidenciaram um conhecimento que pareça ser suficiente para os habilitar a utilizar analogias para ensinar didática de química.

4.3.6. Materiais a que os professores de didática de química diziam recorrer para usarem analogias nas aulas

Os oito professores de didática de química que afirmaram que usavam analogias, pelos menos algumas vezes, foram questionados sobre em que se baseavam ou a que recorriam para selecionar as analogias que usavam nas aulas de didática de química (questão 28). Quatro professores afirmaram que criavam as suas analogias, três disseram que recorriam a diferentes livros de química e um disse que as retirava da internet (tabela 37). Note-se que professores que participaram em estudos realizados por outros autores (Thiele & Treagust, 1994a; Orgill, Bussey & Bodner, 2015; Şendur, Toprak & Pekmez, 2011), e como referimos no capítulo 2 (secção 2.4.2), também afirmaram usar analogias do seu repertório ou retiradas de diferentes livros.

Tabela 37 - Fontes a que os professores de didática que afirmaram que usavam analogias, pelos menos algumas vezes, disseram recorrer para selecionar as analogias a usar nas aulas (N=8)

Categorias de resposta	Professores							
	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P11
Cria as suas analogias	X			X			X	X
Retira as analogias de diferentes livros de química		X	X			X		
Retira as analogias da Internet					X			
Não responde								

Os 11 professores de didática de química que participaram neste estudo foram questionados sobre a importância que atribuíam às analogias que são apresentadas nos livros de química e de didática de química (questão 29). A maior parte dos entrevistados (nove dos 11) afirmou que as analogias existentes nos livros de química e nos livros de didática de química são importantes (tabela 38). Um entrevistado afirmou que as analogias apresentadas nos livros de química não são importantes. Nos restantes casos não se obtiveram respostas.

Tabela 38 - Importância que os professores de didática de química dizem atribuir às analogias apresentadas nos livros de química e de didática de química (N=11)

Livros	Categorias de resposta	Professores										
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Química	Têm importância	X	X		X	X		X	X	X	X	X
	Não têm importância			X								
	Não responde						X					
Didática de química	Têm importância	X	X		X	X		X	X	X	X	X
	Não têm importância											
	Não responde			X			X					

Os nove professores de didática de química que afirmaram que as analogias inseridas nos livros de química e de didática de química são importantes, foram questionados se costumavam utilizar as analogias apresentadas nesses livros (questão 29.1, primeira parte). Dois desses professores (P8 e P11), um dos quais com o grau de doutor em ensino de química, afirmaram que usavam as analogias apresentadas nesses livros, quatro professores (P2, P4, P5 e P7) afirmaram que as utilizavam algumas vezes e três não responderam (tabela 39).

Tabela 39 - Uso das analogias apresentadas nos livros de química e de didática de química pelos professores que diziam atribuir importância às analogias neles apresentadas

(N=9)

Livros	Categorias de resposta	Professores								
		P1	P2	P4	P5	P7	P8	P9	P10	P11
Química	Sim, utiliza						X			X
	Algumas vezes utiliza		X	X	X	X				
	Não responde	X						X	X	
Didática de química	Sim, utiliza						X			X
	Algumas vezes utiliza		X	X	X	X				
	Não responde	X						X	X	

Os seis professores que afirmaram que usavam, pelos menos algumas vezes, as analogias apresentadas pelos livros de química e de didática de química foram solicitados a dizer as razões pelas quais usavam essas analogias (questão 29.1, segunda parte). Estes professores apresentaram respostas que não constituíam justificações do uso de analogias inseridas nos referidos livros, sendo que alguns deles entraram mesmo em contradição, pois, tal como P7, afirmaram que esses livros não apresentavam analogias que possam ser usadas nas aulas:

“Muitas vezes estas analogias não estão de acordo com aquilo que vou ensinar, e se não está relacionado com aquilo que vou usar, não vou recorrer a esta analogia.” (P7).

De seguida, os seis professores (P2, P4, P5, P7, P8 e P11), um doutor em ensino de química, que afirmaram que usavam, pelo menos algumas vezes, analogias inseridas nos livros de didática de química, foram questionados se costumavam fazer algum tipo de avaliação das analogias incluídas nesses livros (questão 33). Três desses professores afirmaram que costumavam fazer a avaliação dessas analogias, um afirmou que fazia às vezes e dois afirmaram que não faziam essa avaliação (tabela 40).

Os quatro professores que afirmaram que faziam a referida avaliação, pelo menos algumas vezes, foram solicitados a dizer por que faziam a referida avaliação e como a faziam (questão 33.1). No que concerne às razões que os levavam a avaliar as analogias, foram obtidas duas razões principais:

- i) averiguar se as analogias inseridas nos livros de didática de química eram adequadas ao que iam ensinar (P2, P5 e P11), razão ilustrada pela resposta de P2:

“Sim. Tenho feito alguma avaliação no sentido de ver a relação direta com o conteúdo e ver se o aluno vai entender e se está mesmo adequado ao nível dos alunos, [...]” (P2).

ii) verificar se a analogia tem a ver com o cotidiano do aluno, razão ilustrada pela resposta de P4:

“Nem sempre, dependendo se eu quero usar a analogia ou não, mas não assim com muita frequência, só se for o caso de eu querer mesmo usar as analogias para explicar alguma coisa, eu tenho que prestar atenção, mas fazer uma avaliação da ponta até a outra, isto nunca fiz, não posso lhe mentir. É para ver se estas analogias estão de acordo com a nossa realidade ou não e se vale a pena usar ou não.” (P4).

Tabela 40 - Avaliação das analogias incluídas nos livros de didática de química pelos professores de didática de química que afirmaram que usavam analogias, pelo menos algumas vezes (N=6)

Categorias de resposta	Professores					
	P2	P4	P5	P7	P8	P11
Avalia	X		X			X
Às vezes avalia		X				
Não avalia				X	X	
Não responde						

Conclui-se, deste modo, que os quatro professores que afirmaram que avaliavam, pelo menos algumas vezes, as analogias inseridas nos livros de didática de química apresentavam razões aceitáveis para efetuarem a avaliação das analogias inseridas nos livros de didática de química. Contudo, constatou-se que nenhum destes professores explicou como costumava fazer a avaliação em causa.

Os seis professores que afirmaram que usavam, pelo menos algumas vezes, as analogias inseridas nos livros de didática de química, foram solicitados a dar um exemplo de uma analogia incluída num desses livros e que consideravam ser uma boa analogia (questão 34). Nenhum dos seis professores conseguiu apresentar algum exemplo de analogias que obedecessem ao solicitado.

De seguida, os mesmos seis professores foram solicitados a apresentar um exemplo de uma analogia incluída num desses livros e que consideravam ser uma má analogia e, ainda, a dizer por que afirmavam que era uma má analogia (questão 35, primeira parte). Nenhum desses seis professores conseguiu apresentar um exemplo dessas analogias.

Conclui-se, assim, que nenhum dos seis entrevistados que afirmaram que utilizavam, pelo menos algumas vezes, analogias inseridas nos livros de didática de química foi capaz de recordar e apresentar uma boa e ou uma má analogia inserida num desses livros. No entanto, atendendo a que entre os seis professores de didática que afirmaram usar analogias apresentadas nos livros de didática de química existem quatro professores (P2, P4, P5 e P11), um doutor em ensino de química, que afirmaram fazer, pelo menos algumas vezes, avaliação dessas analogias antes de as usar, é difícil entender que não

tenham conseguido apresentar exemplos nem de uma boa nem de uma má analogia. Uma possível explicação para este facto é que, quando foram questionados sobre a avaliação das analogias, tenham dado uma resposta que pensavam ser a resposta desejável, mas que, na prática, não costumem fazer tal avaliação. O professor com o grau de doutor em ensino de química não conseguiu destacar-se entre os quatro colegas, o que pode ter a ver com a falta de tratamento de analogias durante o seu doutoramento.

Os 11 professores de didática de química foram questionados se faziam avaliação das analogias existentes nos ME do ESG (questão 36, primeira parte). Quatro entrevistados afirmaram que faziam a avaliação dessas analogias, seis afirmaram não o fazer e um não respondeu (tabela 41). Conclui-se, assim, que são poucos (quatro em 11) os professores de didática de química que diziam avaliar as analogias apresentadas nos ME de química do ESG. Este resultado é consistente com resultados anteriormente obtidos por outros autores (Thiele & Treagust, 1994b; Thiele & Treagust, 1995; Monteiro & Justi, 2000; Gonçalves & Julião, 2016; Akaygun et al, 2018), que constataram que, apesar de existirem várias analogias nos ME de ciências com que trabalhavam, muitos professores não faziam a avaliação ou faziam uma avaliação parcial das mesmas (Kim, Kim & Noh, 2019).

Tabela 41 - Avaliação das analogias incluídas nos ME de química do ESG pelos professores de didática de química

Categorias de resposta	Professores										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Faz avaliação		X		X	X						X
Às vezes faz avaliação											
Não faz avaliação			X			X	X	X	X	X	
Não responde	X										

De seguida, os quatro professores que afirmaram que faziam a avaliação das analogias apresentadas nos ME do ESG foram questionados se costumavam fazer essa avaliação conjuntamente com os seus estudantes de didática de química, futuros professores de química (questão 36, segunda parte). Todos os quatro professores (P2, P4, P5 e P11), um deles detentor do grau de doutor em ensino de química, afirmaram que o faziam. Quando foram questionados sobre quando faziam essa avaliação (questão 36, terceira parte) forneceram respostas que referem dois momentos:

- i) aquando da discussão do modo como alguns conceitos importantes de química podem ser lecionados no ESG (P2, P4 e P5), ideia que é evidenciada pela resposta de P2:

“[...] quando discutimos os conceitos de átomo, ião, molécula e outros onde fazemos uma reflexão com eles sobre possíveis analogias e as que existem nos ME. E a partir dali vamos ao manual do aluno sobre um conceito que estamos a discutir e o que o programa recomenda como analogia. [...]” (P2);

ii) aquando da análise de ME de química em uso no ESG no contexto da preparação de aulas para o estágio, como refere P11:

“Sim tenho. sim com meus estudantes do último ano, durante o primeiro semestre quando vão a escola dar aulas, esta avaliação pode ser feita quando estamos a fazer a análise dos ME que irão usar, olhando para la, os termos que lá estão e as analogias, modelos que usam os livros [...], para que o conhecimento seja transmitido, é mais por aí.” (P11).

Conclui-se, portanto, que os quatro professores de didática que afirmaram que faziam avaliação das analogias inseridas nos ME de química, conseguiram indicar momentos em que faziam a avaliação das analogias inseridas nesses ME.

Os 11 professores foram questionados sobre como é que os seus alunos reagiam às analogias existentes nos livros de química, nomeadamente se davam importância e se compreendiam essas analogias (questão 39). Por um lado, sete entrevistados afirmaram que os seus estudantes davam importância às analogias apresentadas nos livros de química, um afirmou que só às vezes davam importância, dois pensavam que não davam importância, e um não respondeu. Por outro lado, cinco professores entrevistados manifestaram a opinião de que os seus estudantes costumavam compreender as analogias inseridas nos livros de química, um referiu que pensava que só às vezes as compreendiam, três pensavam que os seus alunos não as compreendiam e dois não reponderaram (tabela 42). Conclui-se, deste modo, que a maior parte dos professores entrevistados (sete em 11) pensavam que os seus estudantes davam importância às analogias inseridas nos livros de química, mas só uma minoria (cinco em 11) dos entrevistados expressaram a opinião de que os seus estudantes compreendiam essas mesmas analogias.

Tabela 42 - Importância e compreensão que os professores de didática pensavam que os alunos apresentavam das analogias inseridas nos livros de química

(N=11)

Foco	Categorias de resposta	Professores										
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Importância	Sim, dão importância	X	X		X	X	X	X			X	
	Às vezes dão importância								X			
	Não dão importância			X								X
	Não responde									X		
Compreensão	Sim, compreendem-nas	X	X			X	X	X				
	Às vezes compreendem-nas				X							
	Não as compreendem			X					X			X
	Não responde									X	X	

Os 11 professores entrevistados foram questionados sobre como é que os seus estudantes reagiam às analogias existentes nos livros de didática de química, designadamente se lhes davam

importância e se as compreendiam (questão 40). No que respeita à importância, quatro dos professores entrevistados afirmaram que os seus estudantes davam importância a essas analogias, três afirmaram que só as vezes davam importância, dois entrevistados afirmaram que não davam importância e dois não responderam. No que concerne à compreensão, um professor entrevistado afirmou que os seus estudantes costumavam compreender as analogias inseridas nos livros de didática de química, quatro afirmaram que os alunos só as vezes as compreendiam, quatro professores manifestaram a opinião de que os seus estudantes não as costumavam compreender e dois professores não responderam (tabela 43). Assim, conclui-se que poucos entrevistados (quatro em 11) pensavam que os seus estudantes davam importância às analogias inseridas nos livros de didática de química, sendo ainda menos (um em 11) os que pensavam que eles compreendiam essas mesmas analogias.

Tabela 43 - Importância e compreensão que os professores de didática de química pensavam que os alunos apresentavam das analogias inseridas nos livros de didática de química

(N=11)

Foco	Categorias de resposta	Professores										
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Importância	Sim dão importância		X		X			X			X	
	Às vezes dão importância	X				X	X					
	Não dão importância								X			X
	Não responde			X						X		
Compreensão	Sim compreendem-nas		X									
	Às vezes-compreendem-nas				X	X	X	X				
	Não as compreendem	X							X		X	X
	Não responde			X						X		

De seguida, os 11 professores de didática de química foram questionados sobre como é que os alunos reagiam às analogias existentes nos ME de química, nomeadamente se davam importância e se compreendiam essas analogias (questão 41). Por um lado, oito entrevistados afirmaram que os seus estudantes costumavam dar importância às analogias apresentadas nos ME de química, dois afirmaram que os estudantes não costumavam dar-lhes importância e um não respondeu. Por outro lado, três entrevistados afirmaram que os seus estudantes costumavam compreender as analogias inseridas nos ME de química, quatro afirmaram que só às vezes costumavam compreendê-las, dois disseram que os estudantes não costumavam compreender essas analogias e outros dois não responderam (tabela 44).

Assim, pode-se concluir que a maior parte dos professores (oito em 11) pensava que os seus estudantes costumavam atribuir importância as analogias apresentadas nos ME de química, mas só uma minoria (três em 11) pensava que os seus estudantes costumavam compreender essas mesmas analogias.

Tabela 44 - Importância e compreensão que professores de didática pensavam que os alunos apresentavam das analogias inseridas nos ME de química

(N=11)

Foco na...	Categorias de resposta	Professores										
		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Importância	Sim dão importância	X	X		X	X	X	X	X		X	
	Às vezes dão importância											
	Não dão importância			X								X
	Não responde									X		
Compreensão	Sim compreendem-nas	X				X	X					
	Às vezes compreendem-nas		X		X				X		X	
	Não as compreendem			X								X
	Não responde							X		X		

Em síntese, uma parte dos professores entrevistados (cinco dos oito) que afirmou que usava, pelo menos algumas vezes, analogias para ensinar didática de química disse que criava as suas próprias analogias e outra parte desses mesmos professores afirmou que as retirava dos livros e da internet. Esses resultados foram também encontrados nos estudos realizados por outros autores (Thiele & Treagust, 1994a; Orgill, Bussey & Bodner, 2015, Körhasan & Hidir, 2019), como já referimos acima.

O uso de analogias provenientes de livros de química e da internet pode ser problemático, pois muitas dessas analogias podem não ter a ver com o contexto moçambicano, mas sim com o contexto em que foram criadas. Como referem Monteiro e Just (2000) e Akaygun et al (2018), a relação das analogias com o contexto dos alunos é uma condição necessária para a sua utilidade pedagógica. A maior parte de professores entrevistados (nove em 11) afirmou que dava importância às analogias inseridas nos livros de química e de didática de química. No entanto, notou-se que poucos desses professores (dois em nove) afirmaram que as utilizavam, o que contrasta com a importância que diziam atribuir-lhes. Durante a revisão não conseguimos encontrar investigações que mostrassem contradições desta natureza.

Finalmente, refira-se que apenas três dos seis professores de didática que usavam, pelo menos algumas vezes, analogias inseridas nos livros de química parecem fazer avaliação prévia das analogias que usavam nas aulas e que só uma minoria (quatro em 11) dos professores de didática de química entrevistados afirmaram fazer a avaliação das analogias inseridas em ME de química do ESG. Estes números reduzidos de professores sugerem que os entrevistados, por um lado, podiam não estar preparados para avaliar analogias e, por isso, evitavam fazer tal avaliação e, por outro lado, que eles pensavam que qualquer informação que é apresentada em livro é correta e que não precisava de ser avaliada, devendo ser usada tal como é apresentada. No entanto, durante a revisão de literatura não se conseguiu encontrar estudos centrados na avaliação depois do uso de analogias pelos professores de

didática de química. Acresce que o professor que é detentor de grau de doutor em ensino de química não se diferenciou dos colegas, talvez por não ter estudado a temática das analogias na sua formação doutoral.

4.3.7. Seleção e avaliação de analogias que os professores de didática de química diziam usar nas aulas

Os oito professores de didática de química que afirmaram que usavam, pelo menos algumas vezes, analogias foram questionados sobre que critérios adotavam para selecionar as analogias que usavam nas suas aulas de didática de química (questão 30, primeira parte). Os mesmos professores distribuíram-se pelas diversas categorias, mas metade deles (P3, P5, P7 e P11), incluindo o doutor em ensino de química, concentraram-se na categoria A, que tem a ver com o facto de sentirem que precisavam de selecionar analogias que servissem para concretizar os objetivos da aula (tabela 45). Uma resposta deste tipo foi apresentada por P11:

“A analogia ajudar para que se atinjam os objetivos da aula, isto é, que o meu aluno aprenda com base no uso da analogia, procuro avaliar se a analogia é boa e se há de fazer chegar a mensagem de melhor forma para o aluno, [...], então a seleção das analogias tem a ver se ela vai fazer com que o aluno aprenda o conteúdo programático, o que quero ensinar com a analogia, esse é o critério mais importante para a escolha da analogia.” (P11).

Tabela 45 - Critérios que os professores de didática, que afirmaram que usavam analogias, disseram que adotavam para selecionarem as analogias a usar nas suas aulas

(N=8)

Critérios	Professores							
	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P11
A- A analogia deve servir para concretizar os objetivos da aula		X		X		X		X
B- A analogia deve permitir ao aluno fazer a transferência correta das características do domínio análogo para o domínio alvo	X		X					
C- A analogia deve pertencer ao quotidiano do aluno					X		X	
D- Não responde								

Os entrevistados P2 e P4 afirmaram que selecionavam analogias que consideravam que permitiam ao aluno fazer a transferência correta das características do domínio análogo para o domínio alvo (B). Uma das respostas que evidencia estas afirmações foi apresentada por P2:

“Eu disse, critério é clareza, simplicidade, para que o aluno a entenda e consiga usá-la para aprender o conteúdo a partir da analogia que eu apresento. A analogias deve ser objetiva tem que estar clara para o aluno usá-la corretamente. Aqui, sim, deve se usar a analogia depois de se verificar que o aluno pode a entender e usar para o que quero ensinar.” (P2).

Dois professores (P6 e P8) afirmaram que selecionavam analogias que consideravam que pertenciam ao quotidiano do aluno (C). Um exemplo deste tipo de resposta é a que foi apresentada por P6:

“Para mim um dos critérios que uso normalmente é, uma analogia deve ser conhecida pelo aluno ou deve ser do dia a dia do aluno e não só eu conhecer a analogia e usar, e o outro critério é o nível de informação que esta analogia me fornece, deve espelhar o fenômeno e conceito que eu quero transmitir.” (P6).

Conclui-se, deste modo, que os oito professores de didática de química que afirmaram que usavam, pelo menos algumas vezes, analogias para ensinar conteúdos de didática de química, tinham conhecimento aceitável dos critérios que deviam ser adotados para selecionar as analogias para usar nessas aulas. De facto, segundo alguns autores (Duit, 1991; Glynn, 1995; Bachelard, 1996; Junior, Francisco & Oliveira, 2012; Freitas, 2011; Akaygun et al, 2018), e como se descreveu no capítulo 2 (secção 2.2.1), para ter validade pedagógica, a analogia deve pertencer ao cotidiano do aluno para que este consiga entendê-la e transferir adequadamente os atributos do domínio alvo para o domínio análogo.

De seguida, os oito professores que afirmaram que usavam, pelo menos algumas vezes, analogias foram solicitados a dar um exemplo de uma analogia que usavam nas suas aulas de didática de química e que consideravam ser uma boa analogia (questão 31). No entanto, só um desses mesmos professores (P11), o detentor do grau de doutor em ensino de química, conseguiu apresentar um exemplo de uma analogia que ele considerava ser uma boa analogia e que se pode considerar passível de ser usada para ensinar conteúdos de didática de química. Os outros professores apresentaram analogias que podem ser usadas em química (P2, P3, P4, P7, P8 e P9) ou em educação (P5). No primeiro caso, P11 apresentou uma analogia baseada na utilização de ingredientes para preparar uma refeição, que comparou com a utilização de meios e métodos de ensino na planificação de uma aula de química:

“Huuuuuu, é complicado na didática de química, mas há uma analogia que eu tenho usado por exemplo para mostrar a relevância da planificação das aulas de química. Costumo usar uma analogia da cozinha em casa por exemplo, você tem uma dispensa com vários ingredientes que seriam os meios e métodos, mas isto é um bom ponto de partida para fazer boa comida, mas a boa comida depende de como você mistura os ingredientes, do mesmo jeito que na planificação das aulas você pode fazer a recolha da informação, que é um ponto de partida, a forma como você arruma integra estes conhecimentos é importante para fazer com que os alunos aprendam novos conhecimentos [...]” (P11).

No segundo caso, os professores em questão apresentaram um análogo que usavam para lecionar conteúdos de química ou de educação. Assim:

- i) seis professores (P2, P3, P4, P7, P8 e P9) afirmaram que usavam o pudim de passas e uma esfera maciça para lecionarem, respetivamente, o modelo atómico segundo Thomson e segundo Dalton, como se pode notar na resposta de P4:

“Vou falar aquilo que me recordo, como o pudim de passas e o modelo de Thomson, e esfera maciça para o átomo de Dalton, sempre são essas analogias que se usam e é o que mais me recordo, como não é uma área da qual eu exploro muito fica difícil falar, mas prontos, não sei se é bom ou é mau, mas é o que me recordo, que talvez eu tenha passado também aos meus estudantes.” (P4);

ii) um professor (P5) afirmou que usava os regulamentos nas instituições como um análogo para lecionar um conteúdo de educação, os princípios didáticos:

“É uma analogia de regulamento de uma instituição com princípios didáticos, que comparo com quer dizer o tem um conceito quase semelhante, [...] se eu falo desse regulamento porque é usado, e que nós falamos que lá tem deveres e direitos, então quando nós olhamos para os princípios didáticos que ditam as regras a seguir para boa planificação de aulas de química, também são normas e deveres, os conceitos são próximos [...]” (P5).

O facto de apenas um dos oito professores, o doutor em ensino de química, ter apresentado uma analogia que é passível de ser usada para lecionar conteúdos de didática de química sugere que, ao contrário do que afirmaram anteriormente, esses professores podem não estar a ensinar didática de química com base em analogias.

De seguida, o único desses professores que apresentou uma analogia que podia ser considerada para ensinar conteúdos de didática de química (P11) foi solicitado a justificar por que dizia que essa analogia era uma boa analogia (questão 31.1). O professor afirmou que era uma boa analogia porque envolvia algo do quotidiano dos estudantes e que, assim, eles podiam relacionar facilmente o domínio análogo (preparação de uma refeição) com o domínio alvo (preparação de uma aula):

“Por ser algo que o estudante convive com ele no seu dia a dia. O estudante pode pensar na cozinha e ver como se preparam refeições e daí pensar como se pode preparar uma aula de química. Eu acho que eles podem relacionar com muita facilidade com o dia-a-dia deles, isto todos percebem. [...]” (P11).

Assim, pode concluir-se que, o único desses professores que conseguiu recordar-se e apresentar uma analogia passível de ser considerada para lecionar conteúdos de didática de química apresentou uma razão aceitável para justificar que a analogia em causa é uma boa analogia. Talvez isso possa dever-se ao grau de doutor em ensino de química que ele possui. No entanto, o professor não atendeu, por um lado, ao facto de que, apesar de a analogia ser do quotidiano dos alunos, nada garante que todos os alunos, principalmente os alunos de sexo masculino, estavam familiarizados com o análogo (que, tradicionalmente, faz parte dos afazeres femininos) e, por outro lado, ao facto de dificilmente todos os estudantes entenderem uma dada analogia.

Os oito professores que afirmaram que usavam, pelo menos algumas vezes, analogias foram questionados se, quando usavam analogias nas suas aulas, costumavam avaliar o seu efeito na aprendizagem do conteúdo por parte dos estudantes (questão 32). Seis desses oito entrevistados afirmaram que avaliavam o efeito das analogias na aprendizagem, um afirmou que não fazia tal avaliação e um não respondeu (tabela 46). De seguida, esses seis professores foram solicitados a dizer por que o faziam e como o faziam (questão 32.1). No que respeita às razões que os levavam a avaliar esse efeito, estes professores afirmaram que o faziam para ver se os estudantes aprenderam com base na analogia usada (P2, P4, P5, P6, P8 e P11). Esta razão é ilustrada pela resposta de P2:

“Bom, avalio mais para ver se os estudantes entenderam a matéria que ensino com analogia, [...], quer dizer eu sempre devo ver se os alunos aprenderam com base na analogia porque senão fico sem saber se valeu ou não usar a analogia.” (P2);

Tabela 46 - Realização de avaliação do efeito das analogias na aprendizagem, por parte dos professores que afirmaram que usavam analogias nas aulas (N=8)

Categorias de resposta	Professores							
	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P11
Faz avaliação	X		X	X	X		X	X
Às vezes faz avaliação								
Não faz avaliação		X						
Não responde						X		

No que concerne a como avaliavam o referido efeito, todos estes seis professores (P2, P4, P5, P6, P8 e P11), incluindo o doutor em ensino de química, afirmaram que o avaliavam com base em perguntas, relacionadas com os conteúdos em que usaram a analogia, que colocavam aos alunos. Como afirma P4, se os estudantes conseguissem explicar o conteúdo ensinado isso era sinal de que o tinham entendido:

“avalio quando depois posso pedir para eles explicarem um determinado conteúdo em que se usou a analogias. Se os alunos conseguem explicar corretamente um determinado conteúdo que se ensinou com base na analogia, significa que eles perceberam.” (P4).

Conclui-se, assim, que os seis professores de didática que afirmaram que faziam a avaliação do efeito das analogias tinham conhecimento razoável de por que é necessário fazer essa avaliação, mas evidenciaram conhecimento muito baixo de como fazer essa avaliação. Note-se que outros autores (Lancor, 2014; Akaygun et al, 2018), como referimos no capítulo 2 (secção 2.2.1), constataram que os professores de ciências que participaram nos estudos que realizaram afirmaram que avaliavam o efeito das analogias usadas a partir das respostas que os seus alunos davam às questões que lhes colocavam. Contudo, as respostas obtidas parecem evidenciar que os professores de didática de química são pouco criativos em relação às formas de avaliar as analogias, uma vez que as que optaram são muito tradicionais e que, de acordo com a literatura (Jarman, 1996; James e Scharmann, 2007; Freitas & Lima, 2014), há outras formas de avaliar a aprendizagem que decorre do uso de analogias. Na verdade, essa avaliação pode ser feita, por exemplo, a partir da criação de analogias ou da análise crítica de analogias sobre o assunto em questão.

Os oito professores que afirmaram que usavam, pelo menos algumas vezes, analogias foram questionados se costumavam pedir aos seus estudantes para usarem analogias nas aulas de didática de química (questão 37). Sete desses professores afirmaram que pediam isso aos seus estudantes e um

disse que não pedia (tabela 47).

Tabela 47 - Solicitação de utilização de analogias nas aulas de didática de química, pelos professores que afirmaram que usariam analogias

(N=8)

Categorias de resposta	Professores							
	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P11
Pede	X	X	X	X	X		X	X
Às vezes pede								
Não pede						X		
Não responde								

Os sete professores de didática de química que afirmaram que pediam aos seus estudantes que usassem analogias foram solicitados a dizer em que contexto queriam que os seus estudantes as usassem (questão 37.1, primeira parte). No entanto, só quatro desses professores (P2, P4, P6 e P11), incluindo um detentor do grau de doutor em ensino de química, responderam à questão e afirmaram que pediam aos seus estudantes que as usassem durante as aulas de química que simulavam na universidade. A resposta de P4 é um exemplo de resposta que ilustra este tipo pedido:

“Eu peço a eles para usarem as analogias quando estamos nas simulações de aulas na universidade, aquilo que chamamos de micro aulas, e exijo a eles para que usem analogias, praticamente quando estamos nas práticas pedagógicas de química [...] e faço isso numa área restrita da didática de química sobre as micro-aula e costumo a pedir a eles que tragam algo que é uma analogia.” (P4).

De seguida, os mesmos quatro professores (P2, P4, P6 e P11) foram solicitados a dizer como o faziam (questão 37.1, segunda parte). Constatou-se que nenhum desses professores explicitou como costumava pedir seus estudantes que usassem as analogias nas referidas aulas, apesar de um ser detentor de grau de doutor em ensino de química. Os resultados acima apresentados contrastam com os obtidos por Jarman (1996), James e Scharmann (2007) e Rigolon (2016), segundo os quais os professores de ciências que participaram nos respetivos estudos afirmaram que incentivavam os estudantes a produzir analogias sobre alguns conceitos e a usá-las nas suas aulas.

Os seis professores que afirmaram que pediam aos seus estudantes para usarem analogias foram questionados se os estudantes apresentavam dificuldades quando lhes solicitavam que produzissem analogias nas aulas de didática de química (questão 38, primeira parte). Cinco desses professores afirmaram que os seus estudantes apresentavam dificuldades e um disse que não apresentavam (tabela 48).

De seguida, os cinco professores que afirmaram que os seus estudantes apresentavam dificuldades quando lhes pediam para produzirem analogias foram solicitados a dizer por que pensavam que isso acontecia (questão 38, segunda parte). Nenhum desses professores, respondeu à questão, pois

as suas respostas centraram-se em assuntos referentes ao uso de analogias em vez de se centrarem nas dificuldades associadas à produção destas pelos alunos.

Tabela 48 - Percepções dos professores de didática de química sobre as dificuldades dos alunos quando solicitados a produzir analogias

(N=6)

Categorias de resposta	Professores					
	P2	P4	P5	P6	P8	P11
Apresentam dificuldades	X	X		X	X	X
Não apresentam dificuldades			X			
Não responde						

Contudo, é interessante notar que um professor (P2), assumiu que, se os professores tiverem dificuldades em produzir analogias, é natural que essas dificuldades se reflitam nos seus alunos:

“Nós todos temos dificuldades, quer dizer o professor tem problemas de usar analogias, porque às vezes não consegue usar analogias que possam produzir aquele efeito que se quer, e eles poderem ver boa analogia do professor. Nós como professores podemos usar analogias que às vezes distorcem, analogias que não nos conduzem aos objetivos. Nossos alunos também mostram mais dificuldades, porque nos não lhes ensinamos bem essa parte pois não sabemos bem como fazer isso. Eles podem arranjar algumas analogias bonitas nem, mas se não nos conduzem a objetivos então fica difícil [...]” (P2).

O facto de esses professores, independentemente da sua formação académica, não conseguirem indicar as dificuldades que os seus estudantes tinham em produzir analogias e terem antes referido as dificuldades decorrentes do uso de analogias pode sugerir que estes não conseguiram diferenciar entre o que era produzir analogias e o que era usar analogias disponíveis.

Em síntese, os cinco professores de didática de química que afirmaram que usavam, pelo menos algumas vezes, analogias tinham conhecimento aceitável dos critérios que deviam ser adotados para seleccionar as analogias para usar nas aulas de didática de química. Contudo, apesar de esses cinco professores terem afirmado que faziam avaliação das aprendizagens resultantes das analogias que usavam nas aulas, estes não conseguiram apresentar analogias que têm usado nas referidas aulas. Possivelmente, eles deram respostas que pensavam ser desejáveis, mas, na verdade, não costumavam fazer essa avaliação. Na revisão de literatura efetuada encontraram-se estudos que referem a avaliação de analogias por professores (Kim, Kim & Noh, 2019) mas não se encontraram estudos centrados na avaliação do efeito na aprendizagem do uso de analogias pelos professores de didática de química. Assim, as respostas apresentadas por estes professores sugerem, mais uma vez, que, apesar de eles terem afirmado que tiveram formação para o uso de analogias, durante o curso de mestrado, os mesmos não evidenciaram possuir um conhecimento sobre este assunto, suficiente para ensinarem os seus estudantes a produzir e a usar analogias.

4.3.8. Perspetivas que os professores de didática de química diziam ter sobre o uso que vão fazer de analogias e por parte dos estudantes que concluírem o curso

Os 11 professores de didática de química foram questionados se, na opinião deles, os estudantes que concluírem o curso de ensino de química irão, ou não, usar analogias nas escolas (questão 42, primeira parte). Dois professores entrevistados afirmaram que os estudantes que concluírem o curso irão usar analogias e oito afirmaram que alguns irão usar e dois não responderam (tabela 49). Assim, pode-se concluir que a maior parte dos professores (sete em 11) pensava que só alguns dos seus estudantes irão usar analogias quando terminarem o curso e uma minoria (dois em 11) pensava que todos irão usar.

Tabela 49 - Perspetivas que os professores de didática de química dizem ter face ao uso de analogias pelos seus futuros estudantes

(N=11)

Categorias de resposta	Professores										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Todos vão usar analogias				X		X					
Alguns vão usar analogias		X	X		X		X	X		X	X
Não responde	X								X		

De seguida, os nove professores que afirmaram que pelo menos alguns estudantes irão usar, analogias foram solicitados a dizerem por que pensavam assim (questão 42, segunda parte).

No que concerne à opinião de que todos os estudantes irão usar analogias os professores apresentaram uma razão, que tem a ver com algumas conversas que faziam com os seus estudantes nas suas aulas sobre o uso de analogias (P4 e P6). Como afirma P1 nessas aulas eles também mencionavam as vantagens do uso delas em ensino de química:

“Eu penso que irão usar porque temos falado nas aulas de didática de química que eles deverão usar analogias e para ensinar a química e também falamos com eles sobre quais as vantagens de uso de analogias principalmente para a disciplina de química, [...] e, então certamente aquelas discussões que temos levado a cabo com eles sobre o uso de analogias pode fazer com que eles usem analogias nas escolas onde irão lecionar.” (P1).

No que respeita a opinião de que só alguns estudantes irão usar analogias foi também apresentada uma razão. Os sete professores, incluindo o detentor de grau de doutor em ensino de química, afirmaram que, apesar de eles chamarem a atenção aos seus estudantes para usarem analogias, nem todos costumavam acatar essa chamada de atenção (P2, P3, P5, P7, P8, P10 e P11). Uma resposta deste tipo foi apresentada por P2:

“Alguns sim, não podemos dizer que todos, mas eu acho que alguns poderão usar as analogias, por que temos chamado atenção neste sentido, quer dizer para usar as analogias, apesar de saber-se que nem todos escutam essas chamadas de atenção. Então alguns deles, não podemos pensar que todos vão usar as analogias [...]” (P2).

No entanto, os professores que afirmaram que alguns estudantes irão usar analogias não

conseguiram mostrar evidências de porque achavam que os seus estudantes poderão usar analogias. As respostas que eles apresentaram parecem sugerir que estes simplesmente chamavam a atenção para que os seus estudantes usassem analogias, sem, contudo, apresentar situações reais em que ensinavam como se podia usar analogias e reais vantagens do uso dessas em certos conteúdos de química.

Os 11 professores de didática de química foram questionados se, na opinião deles, o uso ou não, de analogias nas aulas de didática de química influenciará o uso desta ferramenta por parte dos estudantes, quando chegarem às escolas (questão 43, primeira parte). Todos os 11 professores afirmaram que o uso de analogias nas aulas de didática de química poderá influenciar para que os seus estudantes venham a usar essa ferramenta depois da formação.

Contudo, apesar de uma parte desses mesmo professores (três em 11) terem antes respondido que não usavam analogias para ensinar conteúdos de didática de química, parece que tinham consciência de que se as usassem os seus estudantes as usariam nas futuras práticas letivas nas escolas. No entanto, isso pode não ser suficiente, pois, segundo alguns autores (Silva, Souza & Silva, 2013; Rigolon, 2016; Kim, Kim & Noh, 2019), para que os futuros professores venham a usar analogias, estes devem ser preparados para tal.

De seguida, os 11 professores foram solicitados a explicar por que diziam isso (questão 43, segunda parte). Os entrevistados apresentaram duas razões que os levavam a afirmar que o uso de analogias nas suas aulas de didática poderá influenciar o uso dessas nas escolas pelos seus estudantes:

i) porque as discussões e exemplos concretos que eles usavam na universidade com os seus estudantes poderão motivar os futuros professores a fazer o uso deste recurso de ensino (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e 10). Um exemplo de resposta com esse tipo de afirmações foi apresentado por P5:

“[...] as discussões que podem surgir quando nós os professores usamos analogias nas aulas, podem servir de catalisador positivo para eles as usarem no futuro. Passarão a ver a importância que nos damos as analogias como professores deles durante a formação. Se por exemplo trazermos uma analogia sobre o átomo e discutirmos sobre essa mesma analogia eles teriam facilidade de usar a mesma analogia quando forem a escola [...]” (P5);

ii) porque quando os alunos aprendem alguma coisa têm a tendência de aplicar o que aprenderam (P8 e P11), pois, como afirma P8, os estudantes poderão notar a importância de analogias para o ensino de química com base em exemplos apresentados nas aulas de didática quando estão a ensinar como usar certas analogias em química:

“Eu penso que o aluno quando aprende, ele tem a tendência de usar aquilo que ele aprendeu, e principalmente quando ele vê que tem importância do que estudou. As vezes pode se falar de como ensinar o conceito de ião com base em uma analogia. Ai nós mostrarmos a ele a importância das analogias, com situações reais e com exemplos concretos ele vai ser influenciado.” (P8).

Assim, pode concluir-se que os entrevistados tinham a consciência de que se os estudantes assistirem ao uso de analogias pelos professores de didática de química serão influenciados a usar essa ferramenta nas escolas, o que pode não ser linear, como já afirmámos acima. No entanto, apesar de os professores terem apresentado respostas que parecem aceitáveis, fica-se em dúvidas se isso corresponde a verdade, pois quando eles foram solicitados a indicar uma boa analogia para o ensino de química e didática de química, só um (em oito) foi capaz de o fazer para o ensino de didática de química.

Os 11 professores de didática de química foram questionados se, na opinião deles, a abordagem de um tema sobre analogias na disciplina de didática de química influenciará o uso desta ferramenta por parte dos estudantes quando chegarem às escolas (questão 44, primeira parte). Assim tivemos seguintes respostas (tabela 50).

Tabela 50 - Perspetivas dos professores de didática de química face à possível influência da abordagem, nas suas aulas, do tema referente às analogias, pelos alunos

(N=11)

Categorias de resposta	Professores										
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11
Influencia	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X
Não responde							X				

Os dez professores de didática de química que afirmaram que a abordagem da temática das analogias nas suas aulas poderá influenciar o uso destas nas escolas secundárias por parte de seus estudantes, foram solicitados a apresentar as razões que os levavam a pensar dessa forma (questão 44, segunda parte). A análise das suas respostas evidenciou a existência de duas principais razões para essa expectativa face aos seus estudantes:

- i) tratando a temática de analogias na didática de química, haveria mais tempo para discutir com os estudantes sobre o tema (P1, P4, P5, P6 e P9), pois como afirma P4, não o faziam porque não existe tempo reservado para o assunto de analogias:

“Mas julgo que se tivéssemos uma unidade dentro da didática, ou até um tema específico de analogias nos nossos programas de didática de química iríamos falar de como devem ser usadas as analogias, tipologias das analogias, limitações e outros problemas quem têm a ver com analogia, com exemplos concretos o que aprofundaria o conhecimento dos nossos estudantes, mas agora não há tempo reservado para isso [...], não encontro muito espaço, o que dificulta [...]”. (P4);

- ii) o tratamento deste conteúdo diminuiria as dificuldades dos estudantes (P2, P3, P8, P10 e P11), pois como refere P2, os estudantes saberiam o que é uma analogia, suas vantagens e passariam a fazer o seu uso nas aulas:

“Eu acho que é muito importante isto porque os estudantes saberiam o que são as analogias e que benefícios apresentam para o ensino de química o que diminuiria suas dificuldades. Eu acho que pode influenciar muito bem

sem nenhuma dúvida e acho que ensinando a eles vão saber como usá-la e terão facilidade de usar analogias.” (P2).

Assim, conclui-se que a maior parte professores (dez em 11) tinha opinião de que a abordagem do tema de analogias nas aulas de didática de química irá potenciar aos futuros professores sobre o conhecimento de analogia, o que poderá ajudar a estes a usá-las nas escolas. Na verdade, segundo alguns autores (Freitas & Lima 2014; Freitas, 2011; Kim, Kim & Noh, 2019), como referimos no capítulo 2 (secção 2.2.1) a inclusão da temática de analogias na formação de professores ajuda a estes terem o domínio do uso de analogias.

Os 11 professores de didática de química foram questionados sobre que pensamentos acerca de analogias a entrevista lhes trouxe (questão 45). Assim, constatou-se que:

- i) três professores (P1, P2 e P7) afirmaram que tomaram consciência que, às vezes, não analisavam as analogias que usavam e que não tinham cuidado em analisar, com os seus estudantes, as analogias inseridas nos ME de química. Um exemplo deste tipo de resposta foi apresentado por P1:

“É que dentro desta entrevista eu percebi que [...] possivelmente há algumas analogias que não analiso no M de química [...], há algumas analogias que eu não chego a discutir com os alunos, conseqüentemente, se estão no ME eles poderão até também não tratarem no ensino de química com seus alunos, nesta entrevista acabou me despertando isto [...].” (P1);

- ii) dois professores (P3 e P4) disseram que tinham aprendido que as analogias são importantes e que passarão a usá-las. Um exemplo de resposta com esse tipo de afirmações foi apresentado por P3:

“Vai sofrer é logico, quando nós temos um contacto com alguém há sempre uma aprendizagem que nós temos então com esta conversa se calhar chamou me atenção da importância que o uso da analogia pode ter para o ensino de química. Então, se eu tiver a oportunidade de falar de estratégias no ensino de química já não vou deixar de fora o uso de analogia, vou tentar buscar embora daquilo que eu já procurei ler não encontrei muitas analogias que me estimulassem, [...].” (P3);

- iii) um professor (P5) afirmou que pensou em fazer investigação para entender as analogias usadas pelos professores, nas escolas:

“Sinceramente falando eu nem sabia que era para falar de que, mas ao longo da entrevista eu fui pensando, hum, pior quando tu perguntaste, sobre qual é a análise que já fez sobre as analogias que são usadas no ensino de química, então eu pensei hum, então posso fazer uma pesquisa para perceber quais são as analogias que os professores às vezes usam, e isto pode ser bom para mim, e melhorar também a minha atuação dentro da sala de aulas, mas para não desviar muito daquilo que é feito a nível local, e falar de algo concreto e próximo a mim e aos meus alunos e me despertou a necessidade de facto de não usar por acaso se não, não estaríamos a falar disso agora, acho que é importante falar das analogias, agora vou usar para valer.” (P5);

- iv) dois outros professores (P6 e P10) disseram que iriam praticar mais a componente do uso de analogias, pois como refere P6, esse assunto era até então por si negligenciado:

“Muita coisa. Eu não tenho usado muito analogias por falta de interesse por minha parte. Agora, primeira coisa é a ficha caiu em termos da necessidade de ter uma prática constante [...] agora fui lembrado nas entrevistas que se há ou não potencialidades, dos ganhos das analogias que o nosso ensino poderá ter, então vem mais nos chamar atenção de que deve ser mais uma prática firme de tudo aquilo vinha sendo. É trabalhoso sim, mas é gratificante no final. [...]. Outra coisa é as analogias no campo de produção de conhecimentos por caso é uma coisa que, quando me perguntou sobre isso eu fiquei assim, então é um aspecto que para mim está a iluminar agora analogias para aqueles que produzem conhecimento, porque eu estava mais abalizado em analogias para o ensino. Então para mim é algo que está a piscar agora e veio através desta entrevista.” (P6);

v) três professores (P8, P9 e P11), um dos quais doutorado em ensino de química, afirmaram terem descoberto que há necessidade de ensinar os seus estudantes a usar analogias e que passarão a avaliar as analogias que usarem. Um exemplo deste tipo de resposta foi apresentado por P8:

“Que é preciso ensinar os meus alunos de que o que é isso de analogias, não digo que quando estou neste momento estou a usar analogia, verifiquei agora que uso muito, mas não mostro agora que estou a usar [...] e ainda também que percebi que existem analogias boas e analogias pouco boas e só que tem que ter o critério de avaliar.” (P8).

Conclui-se, deste modo, que os professores de didática de química estavam disponíveis para passar a ter um novo comportamento em relação à temática do uso de analogias para o ensino da didática de química, ou seja, poderão passar a refletir mais sobre como usar esse recurso de ensino. No entanto, apesar de estes professores apresentarem respostas que se podem considerar aceitáveis, o uso adequado de analogias pode não acontecer no futuro, pois notou-se que os mesmos tinham dificuldades em usar analogias para o ensino da referida disciplina.

De seguida, os 11 professores foram questionados se a sua prática relativa ao uso de analogias nas disciplinas que lecionavam e/ou nas aulas de didática de química iria sofrer alterações (questão 46). Todos 11 entrevistados afirmaram que as suas práticas relativas ao uso de analogias nas suas aulas de química e/ou didática de química iriam sofrer alterações.

Os 11 professores entrevistados foram solicitados a apresentarem as razões que os levavam a pensar que as suas práticas relativas ao uso de analogias sofreriam alterações depois da entrevista (questão 46, segunda parte). Os professores afirmaram que suas práticas mudariam por duas razões principais:

i) iriam revistar as analogias dos livros de química, ME dos alunos (P1, P2, P3, P4, P8, P10 e P11). Como se pode notar na resposta de P1, para além de analogias desses livros este pensava em procurar outras analogias para usar nas aulas:

“Vai nessa componente é desde de já como dizia vou rever os programa, os livros de química e o ME de química fosse visitar para ver o tipo de analogias que lá se encontram, é por isso em algum momento vai ter que mudar, mesmo se concentrando a aquelas analogias que estão nesses recursos me desperta agora uma ideia de que se existe essas que estão no programa ou ME de química, quais são as outras analogias que poderiam serem usadas, poucas vezes me faço esta pergunta. Então com esta entrevista, me veio esta ideia.” (P1);

ii) passarão a fazer planificação de analogias para o ensino de didática e outras disciplinas de química (P5, P6, P7 e P9). Um exemplo de resposta com esse tipo de afirmações foi apresentado por P5:

“Por causa mesmo destas coisinhas que eu fui pensando agora, para usar bem analogias afinal é preciso planificá-las. Então eu acho que tenho de usar de verdade as analogias, há que pensar em cada aula que agente pode dar e verificar que tipo de analogias podem ser utilizadas, o que logo implica pensar, planificar e levar para a sala de aulas.” (P5).

Conclui-se, portanto, que os 11 professores de didática de química que participaram neste estudo se sentiram motivados para buscar mais saberes acerca do uso de analogias, para mudarem as suas anteriores práticas relativas a essa temática. Na verdade, apesar de se notar nas respostas desses professores uma vontade de mudar as práticas em questão, provavelmente isso não será suficiente para que ocorram mudanças efetivas, a menos que eles sejam formados para usar analogias no ensino de química e didática de química.

Em síntese, pode afirmar-se que a maior parte dos 11 professores de didática de química que participaram neste estudo não estavam muito seguros de que os estudantes por si formados irão usar analogias nas suas futuras escolas, porque a temática das analogias não fazia parte do currículo do curso de formação inicial de professores que os estudantes frequentam. No entanto, os mesmos 11 professores acreditavam que, se eles usassem analogias para lecionar didática de química e se a temática das analogias fosse tratada ao longo da formação, os seus estudantes teriam melhores condições para usar analogias no futuro, nas suas escolas. Refira-se que resultado semelhante a este também foi encontrado em alguns outros estudos (Freitas & Lima 2014; Freitas, 2011), como referimos acima.

Foi interessante constatar que os mesmos 11 professores afirmaram que o seu comportamento em relação à temática das analogias mudaria pelo facto de terem participado na entrevista em que assenta este estudo, o que significa que a entrevista pode ter tido implicações positivas, pelo menos, em alguns dos professores que nela participaram.

Contudo, apesar de esses professores terem manifestado a vontade de passar a usar analogias com mais frequência e com os devidos cuidados, talvez essa vontade não seja suficiente para mudar as suas práticas. Dado que eles apresentavam dificuldades, de natureza diversa, relativamente ao uso de analogias, talvez eles precisem de ser formados na temática das analogias, para passarem a abordar e a usar corretamente este recurso didático nas aulas de didática de química.

4.4. Resultados obtidos no estudo sobre preparação de futuros professores para o uso didático de analogias

Neste subcapítulo apresentam-se os resultados obtidos no estudo realizado com estudantes finalistas do curso de licenciatura em ensino de química, referente à formação facultada a estes futuros professores para o uso de analogias. Os dados foram recolhidos por entrevista (anexo 5) realizada a 17 estudantes finalistas, conforme descrito no subcapítulo 3.5. O subcapítulo organiza-se em sete secções, definidas em função das dimensões da entrevista.

4.4.1. Concepções dos estudantes sobre o conceito de analogia

Os 17 estudantes foram questionados se já tinham ouvido falar de analogias (questão 6). Exceto três (E2, E7 e E9), todos os restantes 14 estudantes afirmaram que já tinham ouvido falar de analogias.

Os 14 estudantes que afirmaram que já tinham ouvido falar de analogia foram questionados sobre o que entendiam por analogia (questão 6.1). Esses entrevistados deram diferentes respostas, umas de cariz concetual (n=9) e outras de cariz operacional (n=3) e dois não responderam (tabela 51). Os dois estudantes que não responderam são homens, tal como a maior parte dos participantes neste estudo, e estão na idade mínima para a conclusão da licenciatura (22 anos), pelo que a não resposta pode dever-se a não terem aprendido sobre este assunto durante o curso e/ou ao facto de, provavelmente, não disporem de experiência profissional docente que lhes permitisse familiarizar-se com o conceito e recurso didático em causa.

Tabela 51 - Concepções dos estudantes sobre o conceito de analogia

(N=14)

Tipo de definição	Categorias	Estudante E...														
		1	3	4	5	6	8	10	11	12	13	14	15	16	17	
Concetual	Respostas Corretas															
	Respostas Incompletas			X				X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Respostas Alternativas															
Operacional /funcional		X				X	X									
Não responde			X		X											

As respostas de cariz concetual foram classificadas usando as categorias previstas na secção 3.5.5, tendo-se constatado que ninguém apresentou respostas que pudessem ser consideradas corretas. Assim, dos nove entrevistados que deram respostas concetuais compreensíveis, oito estudantes (E4, E10, E11, E13, E14, E15, E16 e E17) apresentaram respostas incompletas, uma vez que se limitaram a dizer que uma analogia era uma comparação ou uma semelhança. Apesar de estar correto, na medida em que as analogias envolvem comparações e assentam em semelhanças, as respostas foram

consideradas incompletas, pois:

i) três entrevistados (E10 e E14) não explicitaram o que estava envolvido nessa comparação, como ilustra a resposta de E:

“eu acho que segundo o que sei é comparação, eu posso dizer que faz se comparação de conteúdos com aquilo que o aluno sabe.” (E14).

ii) quatro estudantes (E11, E13 e E17) afirmaram que analogia é uma relação entre o conteúdo a lecionar e o quotidiano do aluno, sem dizerem que relação é essa e nem como deve ser feito esse relacionamento. Um exemplo deste tipo de resposta foi apresentado por E11:

“uma analogia para mim é a relação de um determinado conteúdo com o quotidiano de modo a esclarecer melhor aquele conteúdo no ato da aula.” (E11).

iii) três estudantes (E4, E15 e E16) limitaram-se a dizer que as analogias usavam semelhanças, sem, no entanto, referirem como é que, nas analogias, se usavam essas semelhanças. Um exemplo deste tipo de respostas foi apresentado por E15:

“analogia, acho que são semelhanças que nós devemos usar de conceitos variados com o dia a dia do aluno, nós temos conceitos diferentes e vamos ver as semelhanças que esse s conceitos podem ter com o aluno.” (E15).

O entrevistado E12 também apresentou uma resposta incompleta, mas esta incompletude deve-se ao facto de ter misturado o conceito de analogia com o uso de outros recursos de ensino, nomeadamente com exemplos, em vez de se concentrar no significado daquele conceito. Como se pode constatar, este estudante referiu que estabelecemos uma analogia quando usamos exemplos do quotidiano do aluno.

“analogia é uma forma de tentar incorporar um exemplo do quotidiano dos alunos com os conteúdos científicos, de modo a fazer perceber os estudantes. Quando falamos de reação química podemos dar exemplo de carvão a arder e isso pode ser bom por ser do quotidiano do aluno [...]” (E12).

Três respostas foram consideradas operacionais, dado que os autores destas (E1, E6 e E8), referiram que analogia é um instrumento que ajuda a levar o aluno a aprender e, por isso, em vez de definirem o conceito de analogia disseram para que servem as analogias. Um exemplo deste tipo de resposta foi apresentado por E1:

“acredito que uma analogia é um instrumento que nós usamos para ajudar fazermos a transmissão dos conceitos que nós achamos complicados no processo de ensino e aprendizagem, como instrumento que nos ajuda a levar o aluno a perceber uma dada matéria, olhando para a complexidade da matéria.” (E1).

Assim, pode concluir-se que os 14 estudantes entrevistados apresentam conhecimento muito baixo do conceito de analogia, o que pode dever-se ao facto de eles, provavelmente não terem sido ensinados sobre a temática das analogias durante o curso. As respostas muito resumidas que

apresentaram podem ser sinal de que eles tinham dificuldades em dar uma definição do conceito. Na verdade, os futuros professores de ciências que participaram no estudo realizado por Orgill e Bodner (2007) também apresentaram dificuldades concetuais semelhantes às anteriormente referidas. No entanto, as conceções que os 14 estudantes evidenciaram e o facto de outros três desconhecerem o conceito, podem resultar do modo como a temática das analogias foi (ou não) abordada nas aulas de didática de química e estar relacionadas com o facto de os respetivos professores também terem apresentado definições incompletas do conceito de analogia, que misturaram com o conceito de exemplo, como foi apresentado no capítulo 4 (secção 4.3.1). Isso pode sugerir que seria importante que os professores de didática de química dominassem e ensinassem bem o conceito de analogia para que os seus estudantes pudessem apreende-lo e utilizá-lo corretamente.

4.4.2. Perceções dos estudantes sobre a abordagem das analogias nas aulas de didática de química

Os três estudantes (E2, E7 e E9) que na questão (6.1) afirmaram que não tinham ouvido falar de analogias foram informados sobre o que são analogias, como previsto no capítulo 3 (3.5...), para poderem continuar na entrevista. De seguida, os 17 estudantes foram questionados se, durante as aulas de didática de química, os professores abordaram a temática das analogias (questão 7, primeira parte). Desses 17 estudantes, 11 afirmaram que os referidos professores abordaram a temática das analogias nas aulas em causa e seis afirmaram que os respetivos professores não abordaram tal temática (tabela 52). Com exceção de E4, que tem 23 anos de idade, os outros estudantes que afirmaram que os professores não abordaram as analogias nas aulas de didática de química estão um pouco atrasados em relação ao tempo normal de conclusão de licenciatura (E1, E7, E8, E10 e E15), pois têm 30, 29, 26, 26, 24 anos de idade respetivamente. Isso pode significar que estes estudantes, que estavam há bastante tempo na universidade, não tinham estudado o assunto, ou, se o tinham estudado, já se tinham esquecido do que tinha sido tratado nas anteriores disciplinas de didática de química, ou pode, ainda, significar que preferiram não dar resposta a esta questão, para evitarem ser questionados, de seguida, sobre outros aspetos relacionados com este conceito.

Tabela 52 - Perceções dos estudantes sobre a abordagem das analogias nas aulas de didática de química

(N=17)

Tipos de resposta	Estudante E...																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Abordaram		X	X		X	X			X		X	X	X	X		X	X
Não abordaram	X			X			X	X		X					X		
Não responde																	

De segunda, os 11 estudantes que afirmaram que os seus professores abordaram a temática das analogias, foram solicitados a apresentar um resumo do que foi abordado nessas aulas. Desses 11 estudantes, nove (E2, E3, E5, E10, E11, E12, E13, E14 e E17) apresentaram três resumos do que os seus professores abordaram durante as aulas. A análise dos resumos mostra que, durante essas aulas, os estudantes dizem ter aprendido:

i) a relacionar os conteúdos a ensinar em química com o quotidiano dos alunos (E2, E3, E5, E10).

Um exemplo desse tipo de resposta foi apresentado por E3:

“[...] aprendemos que deve-se relacionar o que está a ensinar com o que está próximo da realidade do aluno durante as aulas de química, [...], o professor dizia que se nos queremos falar das reações químicas de combustão nos podemos falar da queima da lenha, aproximar a realidade do aluno para sala de aula, acho essa analogia é a comparação do que está a se ensinar na aula com a realidade do aluno ou com aquilo que o aluno conhece.” (E3).

ii) a verificar se a analogia que vai ser usada envolve o quotidiano do aluno (E11, E13, E14 e E12).

Um exemplo deste tipo de resposta foi apresentado por E11:

“simplesmente nos aconselhavam usar analogias no ato das aulas, foi ensinado que é bom sempre ver se a analogia que se vai usar está de acordo como aquilo que existe no dia a dia do aluno porque isso faz perceber o aluno o conteúdo que queremos ensinar, devemos olhar para a analogia e o conhecimento daquela analogia para o aluno.” (E11).

iii) que o uso de analogias é importante e pode ser vantajoso, mas quando as analogias são usadas espontaneamente podem ser desvantajosas (E17):

“De uma maneira resumida eu posso dizer que aprendemos que é importante usarmos analogias nas nossas aulas ou nas aulas dadas, [...], o uso de analogias pode trazer vantagens e desvantagens de acordo com a nossa preparação, as analogias espontâneas elas podem trazer desvantagens porque é algo não preparado.” (E17).

Assim, pode concluir-se que, apesar dos nove estudantes terem afirmado que os professores abordaram a temática das analogias, os seus resumos mostram um baixo conhecimento do assunto para um futuro professor que precisa aprender sobre o uso de analogias para ensinar química nas escolas. Em alguns casos os futuros professores referiram, nos resumos, exemplos em vez de analogias, o que pode sugerir que, possivelmente, não saibam diferenciar exemplos de analogias. Na verdade, os futuros professores de ciências que participaram no estudo realizado por Jarman (1996), também não conseguiram diferenciar analogias de exemplos.

4.4.3. Perspetivas dos estudantes sobre as potencialidades das analogias no contexto de ensino de química

Os 17 estudantes foram questionados se, na opinião deles, o uso de analogias no contexto de ensino de química tem ou não potencialidades (questão 8, primeira parte). Dos 17 entrevistados, 12 afirmaram que as analogias têm potencialidades no referido contexto, três afirmaram que elas não têm potencialidades e dois entrevistados não responderam (tabela 53). Os dois estudantes que não responderam são homens e um (E5) estava na idade mínima para conclusão da licenciatura (22 anos),

mas o outro (E7) tinha uma idade um pouco mais avançada, 29 anos de idade. Esta diferença entre os dois estudantes faz com que seja um pouco difícil antecipar uma razão que os pode ter levado a não responder, mas uma possibilidade pode ter a ver com tentar evitar outras perguntas sobre o assunto.

Tabela 53 - Perspetivas dos estudantes sobre as potencialidades das analogias no contexto do ensino da química

(N=17)

Tipos de resposta	Estudantes																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Têm potencialidades	X	X	X	X		X		X	X	X			X		X	X	X
Não têm potencialidades											X	X		X			
Não responde					X		X										

De seguida, os 12 entrevistados que afirmaram que as analogias têm potencialidades no contexto do ensino de química foram convidados a justificar as suas opiniões (questão 8, segunda parte). Os mesmos 12 entrevistados apresentaram duas razões que os levavam a afirmar que as analogias têm potencialidades no referido contexto. Assim, estes entrevistados afirmaram que as analogias têm potencialidades porque:

- i) ajudam a melhorar a compreensão de conceitos difíceis de química e melhoram a aprendizagem (E1, E2, E3, E4, E6, E9 e E13). Um exemplo deste tipo de resposta foi apresentado por E1:

“Elas ajudam a melhorar a compreensão de determinados conceitos complexos, o que faz com que os alunos melhorem a aprendizagem dos mesmos principalmente no ensino de química, existem aspetos que temos vontade de ensinar, mas vemos que encontramos uma linguagem totalmente complicada, o que nos torna difícil de dar nossas aulas aos nossos alunos, mas acreditamos que com as analogias o aluno pode melhorar a compreensão e despertar a sua mente para a aprendizagem.”(E1).

- ii) permitem a abordagem de conceitos abstratos de química com base em conhecimento do dia a dia do aluno (E8, E10, E15, E16 e E17). Este tipo de respostas é ilustrado de seguida, pela resposta de E8:

“Porque nos facilitam a ensinar conceitos abstratos da química aos alunos, quando nós usamos analogias, nós levamos o aluno a aprender mais a partir daquilo que é o seu quotidiano.” (E8).

Assim, pode concluir-se que os 12 estudantes tinham opiniões razoáveis sobre as potencialidades das analogias no contexto de ensino de química, mas não foram capazes de explicar detalhadamente as suas opiniões. Estes resultados são consistentes com os obtidos por outros autores (Freitas & Lima 2014; Freitas, 2011) que, como referimos no capítulo 2 (seccao 2.5), constataram que os futuros professores de química que participaram nos respetivos estudos tinham conhecimento reduzido sobre as potencialidades das analogias.

4.4.4. Perspetivas dos estudantes sobre limitações e riscos do uso de analogias para o ensino de química

Os 17 estudantes envolvidos neste estudo foram questionados se, na opinião deles, o uso de analogias para o ensino de química apresentava algumas limitações (questão 9, primeira parte). Dez entrevistados afirmaram que o uso de analogias, no contexto do ensino de química, apresentava limitações, quatro entrevistados disseram que não apresentava limitações e três não responderam (tabela 54). Os três estudantes que não responderam são dois homens (E6 e E17) e uma mulher (E10). Os dois homens estavam na idade mínima para conclusão da licenciatura (22 anos) enquanto que a mulher tinha uma idade um pouco mais avançada, pois tinha 26 anos. Mais uma vez, a não resposta pode dever-se ao facto de o assunto não ter sido abordado, mas ter sido esquecido ou pode sugerir que estes três estudantes evitaram responder com receio de dizerem algo pouco acertado.

Tabela 54 - Perspetivas dos estudantes sobre as limitações das analogias para o ensino de química (N=17)

Tipos de resposta	Estudantes																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Tem limitações	X	X	X		X		X		X		X			X	X	X	
Não tem limitações				X				X				X	X				
Não responde						X				X							X

De seguida, os dez entrevistados que afirmaram que o uso de analogias para o ensino de química apresentava limitações foram solicitados a explicar por que diziam isso (questão 9, segunda parte). Os mesmos dez estudantes dividiram-se pelas categorias de resposta consideradas (tabela 55), com uma maior concentração na categoria A, que refere que nem todos os conceitos de química podem ser ensinados com base em analogias. Uma resposta deste tipo foi apresentada pelo estudante E16:

“[...] penso que nem todos conceitos químicos podem ter uma analogia para ensinar os alunos na escola. Então, de princípio não deveria apresentar, mas nós temos alguns conceitos em química que são complicados o professor fazer uma relação com aquilo que se tem diariamente, então é por isso que torna complicado fazer analogias de alguns conteúdos [...]” (E16).

Tabela 55 - Razões que levaram os estudantes a afirmar que o uso de analogias no ensino de química apresentava limitações

Categorias de resposta	Estudantes										
	1	2	3	5	7	9	11	14	15	16	
A- Inexistência de analogias para alguns conceitos de química		X	X	X	X	X			X	X	
B- Falta de criatividade do professor para usar analogias	X						X	X			
C- Não responde											

Três entrevistados (E1, E11 e E14) afirmaram que uma das limitações é devida a falta de

criatividade por parte do professor. Um exemplo de resposta que refere esta ideia foi apresentado por estudante E11:

“Uma das limitações em química, poder ser criatividade do próprio professor, em adequar um certo conceito com a analogia que traz olhando para as analogias por exemplo de bola de bilhar se não percebeu bem a analogia pode fazer essa analogia que não sirvam para o conteúdo de átomo de Dalton, e usa analogias que seria para ‘então uma das limitações que acho que tem é esse.’ (E11).

Assim, concluir-se que 10 dos 17 estudantes apresentavam conhecimento aceitável das limitações do uso de analogias em ensino de química, pois, na verdade, não há boas analogias para todos os conceitos e, como mostram alguns estudos (Bozelli & Nardi, 2012; Dilber & Duzgun, 2008), os professores apresentam dificuldades em criar boas analogias. Note-se que estes estudantes apresentaram mais conhecimento sobre o assunto do que os futuros professores de ciências que participaram em estudos realizados por outros autores (Jarman, 1996; Freiras, 2011; Rigolon, 2008; Rigolon, 2016), os quais, no contexto desses estudos, não conseguiram mencionar nenhuma limitação associada ao uso de analogias.

Os 17 estudantes foram questionados se, na opinião deles, o uso de analogias em ensino de química comporta riscos (questão 10). Seis desses estudantes (E2, E5, E8, E9, E11 e E16) concentraram-se na categoria A, que tem a ver com o risco de o aluno não entender a analogia, como pretendido (tabela 56). Uma resposta deste tipo foi apresentada por E11:

“Eu acho que sim há riscos. Uma analogia usada pode levar o estudante a desviar-se do que se pretende ensinar por não estar a entender a própria analogia. Podemos fazer analogias de uma coisa que na verdade desvia o aluno e até ele aprender outras coisas em vez daquilo que queríamos ensinar com base na analogia [...] isso faz com que o estudante pense aquilo que não é.”. (E11).

Tabela 56 - Perspetivas dos estudantes sobre os riscos do uso de analogias no contexto de ensino de química

(N=17)

Categorias de resposta	Estudantes																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
A- O aluno pode não entender a analogia como desejado		X			X			X	X		X					X	
B- Os alunos desconhecem o análogo	X			X						X				X			
C- O professor pode usar mal as analogias						X						X	X		X		
D- Não responde			X				X										X

Os restantes estudantes distribuíram-se por outras três categorias de resposta. Quatro estudantes (E1, E4, E10 e E14) afirmaram que há risco se o aluno não conhecer o análogo (B). Quando isso acontece, corre-se o risco de a analogia não servir para os alunos aprenderem. Um exemplo deste tipo de resposta foi apresentado por E1:

“Eu acredito que sim, comporta riscos porque apesar de nós trazermos estas analogias elas podem não serem conhecidas pelos alunos e estes podem não aprender os conteúdos. Podemos sim trazer para sala de aulas diferentes analogias, mas também devemos saber que os nossos estudantes são seres que vivem em diferentes meios sociais, cada um traz consigo uma bagagem diferente do outro. Isso faz com que a analogia que usamos não seja do conhecimento de maior parte dos alunos e assim não vai ser entendida como queremos. Por exemplo pode ser análogo para o António, mas pode não ser muito análogo para o Felisberto, olhando para contexto social em todos aspetos.” (E1).

Para quatro estudantes (E6, E12, E13 e E15) os riscos surgem quando o professor usa mal as analogias, por não estar preparado para isso (C). Como afirma E10, isso pode fazer com que o professor não consiga fazer o relacionamento correto das características do domínio análogo e as do domínio alvo e, por conseguinte, o aluno pode não aprenda com a analogia usada:

“Porque em algum momento o professor pode não usar bem a analogia por não ter aprendido como se deve usar analogias e assim não saber como fazer a relação entre o que o aluno sabe do seu dia a dia e o conhecimento da química que pretende ensinar. Então se o professor não conseguir relacionar bem ou usar bem essa analogia o aluno pode não relacionar bem aquilo que ele conhece de casa, porque o objetivo de usar analogia é para o aluno tirar aquela conceção que ele traz e ter o transferir para um saber científico, aquele que está no livro ou se aprende na escola.” (E10).

Dos três estudantes que não responderam (D), dois (E3 e E17) estavam na idade mínima para a conclusão da licenciatura (tinham 22 anos), e um (E7) estava um pouco atrasado, pois tinha 29 anos.

Assim, pode concluir-se que 14 dos 17 estudantes apresentavam um conhecimento razoável sobre os riscos que podem surgir quando as analogias são usadas para o ensino de química, pois mencionaram aspetos que são coincidentes com os referidos por especialistas na área (Harrison & de Jong, 2005; Orgill, Bussey & Bodner, 2015; Maharaj-Sharma & Sharma, 2017) e que foram referidos no capítulo 2 (secção 2.4.1).

4.4.5. Conhecimento que os estudantes apresentam das analogias sobre o átomo e/ou a estrutura atômica

Os 17 estudantes foram questionados se conheciam alguma(s) analogia(s) sobre o átomo e/ou a estrutura atômica (questão 11). Quinze desses estudantes afirmaram que conheciam alguma(s) analogia(s) sobre o átomo e/ou a estrutura atômica e dois não responderam (tabela 57).

Tabela 57 - Conhecimento que os estudantes apresentavam de analogias sobre o átomo e a estrutura atômica

(N=17)

Tipo de resposta	Estudante																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Conhece	X	X	X	X		X		X		X	X	X	X	X	X	X	X
Não responde					X		X										

Os dois que não responderam são homens, mas estavam em situações diferentes: um tinha a

idade mínima para a conclusão da licenciatura (E5), pois tinha 22 anos, e outro estava um pouco atrasado (E7), pois tinha 29 anos de idade.

De seguida, os 15 estudantes que afirmaram que conheciam alguma(s) analogia(s) sobre o átomo e/ou a estrutura atômica foram solicitados a descrever essa(s) analogia(s) (questão 11.1). Esses estudantes apresentaram descrições de quatro analogias (tabela 58), três das quais (A, B e C) estavam incluídas em manuais escolares moçambicanos.

Tabela 58 - Analogias sobre o átomo e a estrutura atômica apresentadas pelos estudantes

(N=15)

Categorias de resposta	Estudante																
	1	2	3	4	6	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
A- Analogia do pudim de passas para átomo de Thomson	X					X			X	X	X						
B- Analogia do sistema solar para modelo atômico de Rutherford		X			X		X		X			X					
C- Analogia da bola de bilhar para átomo de Dalton	X		X	X	X			X						X	X	X	
D- A analogia do ovo estrelado para modelo atômico de Rutherford										X							
E- Não responde																	

A análise das descrições de analogias apresentadas pelos estudantes mostra que eles conheciam as seguintes analogias, embora nem sempre tenham dado muitos detalhes sobre as mesmas:

i) Analogia do pudim de passas (A), usada para abordar o modelo de Thomson:

“[...] no modelo de Thomson existe a analogia de pudim de passas, onde se afirma que o átomo é parecido a um bolo de passas então, voltando na ideia anterior sobre o risco dessas analogias é por exemplo dizer para um estudante que o átomo é como se fosse um pudim de passas, é difícil para uma pessoa que não percebe o que é pudim, perceber como é o átomo segundo Thomson, é mais ou menos isso.” (E1);

ii) Analogia do sistema solar (B), usada para ensinar o modelo atômico de Rutherford:

“A comparação que se faz aí, é do sistema solar para dizer que o sol é o núcleo e vários planetas vão circular em volta dele.” (E2);

iii) Analogia da bola de bilhar (C), usada para lecionar sobre o átomo de Dalton:

“Conheço bem a analogia usada para comparar o átomo segundo o Dalton. O átomo de Dalton compara-se a uma bola de bilhar que é redondo e que dificilmente pode-se dividir. Mas entendo que aqui não se pode dizer que a bola de bilhar não se pode dividir e aí está uma contradição. Ela é forte, mas se divide. Acho que a ideia principal é desse modelo estar a esclarecer que o átomo é redondo.” (E10);

iv) A analogia do ovo estrelado (D), usada para abordar o modelo atômico de Rutherford:

“[...] uma outra analogia podemos explicar o átomo segundo Rutherford recorrendo também ao ovo estrelado, [...] o ovo estrelado pode ser um exemplo da estrutura atômica, dizendo que a gema pode se comparar com o núcleo e a clara ser a eletrosfera ou orbital [...] por exemplo quando falei aqui de ovo estrelado, eu sabendo que o átomo é uma coisa abstrata porque nem eu ainda não vi o átomo e nem os estudantes também, mas segundo as escrituras

eu posso comparar o átomo com ovo estrelado, porque o ovo estrelado eu vejo em casa, aquilo que eu disse as analogias por exemplo está relacionado com o nosso quotidiano.” (E12).

Analisando os dados apresentados na tabela 58, pode concluir-se que quatro dos 15 estudantes que afirmaram que conheciam analogias sobre o átomo e/ou a estrutura atômica conseguiram apresentar duas analogias cada um, as quais podem ser usadas para ensinar sobre o átomo e/ou a estrutura atômica. Os restantes 11 estudantes só apresentaram uma analogia cada um. Acresce que alguns deles tentaram indicar os riscos que podem surgir quando as analogias descritas são usadas. No entanto, constatou-se que 14 dos 15 estudantes apresentaram analogias que estão inseridas em ME em uso nas escolas secundárias moçambicanas e que só um é que apresentou uma analogia diferente dessas.

Os 15 estudantes que afirmaram que conheciam alguma(s) analogia(s) sobre o átomo e/ou a estrutura atômica foram solicitados a indicar onde conheceram a(s) analogia (s) que acabavam de apresentar (questão 11.2). Todos esses estudantes afirmaram que ouviram os seus professores, nas escolas secundárias e na universidade, falar das referidas analogias.

Os 17 estudantes foram questionados se os professores que lhes ensinaram química usaram analogias quando lecionaram sobre o átomo e/ou a estrutura atômica (questão 12, primeira parte). Todos esses estudantes, independentemente de terem, ou não afirmado que conheciam alguma(s) analogia(s) afirmaram que os seus professores usaram analogias para abordar esse conteúdo.

De seguida, todos os estudantes foram solicitados a apresentar a(s) analogia(s) que foi ou que foram usadas (questão 12, segunda parte) pelos respetivos professores de química. Os mesmos 17 estudantes apresentaram três analogias (tabela 59).

Tabela 59 - Analogias que os estudantes dizem que seus professores usaram para abordar o átomo e/ou a estrutura atômica

(N=17)

Categorias de resposta	Estudante E...																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
A- Analogia do pudim de passas para átomo de Thomson			X			X		X		X	X				X	X	X
B- Analogia do sistema solar para modelo atômico de Rutherford	X			X		X		X	X			X					X
C- Analogia de bola de bilhar/berlinde para átomo de Dalton	X	X			X		X				X		X	X			
E- Não responde																	

Assim, pode concluir-se que os 17 estudantes que afirmaram que os seus professores usaram analogias para abordar o átomo e/ou a estrutura atômica apresentaram as mesmas analogias que

haviam sido referidas pelos 15 estudantes que afirmaram que conheciam analogias sobre esse conteúdo de química. Isto pode sugerir que as analogias que os estudantes afirmaram que conheciam são as que os seus professores usaram nas aulas e são, por sua vez, as mesmas que aparecem nos ME em uso nas escolas secundárias moçambicanas (ex.: Barros, 2014; Monjane & Cuco, 2013). Durante a revisão de literatura não se conseguiu encontrar estudos centrados no conhecimento que os futuros professores de ciências apresentavam de analogias sobre o átomo e/ou estrutura atômica. Contudo, parece possível afirmar-se que algumas das analogias que os alunos disseram ser usadas são adequadas (ex.: analogias B e C) por apresentarem características do domínio alvo comparáveis com as do domínio análogo e por fazerem parte do dia a dia do aluno. Contudo, uma delas (analogia A) não é adequada porque o pudim de passas não é usado e, por isso, não faz parte do quotidiano dos alunos moçambicanos. Alguns dos estudantes (ex.: E1, E8, E11, E12 e E13) referiram este aspeto e consideraram que isso pode fazer com que, ao usar essa analogia, se corra o risco de os alunos não a entenderem ou de a entenderem de uma forma não antecipada.

4.4.6. Avaliação crítica, pelos estudantes, das analogias sobre o átomo e/ou estrutura atômica apresentadas pelos ME de química

A questão 13 da entrevista baseava-se em uma analogia, extraída de um ME de química do ESG, que é apresentada na figura 1 e que, como se pode constatar, é composta por um texto e por uma imagem.

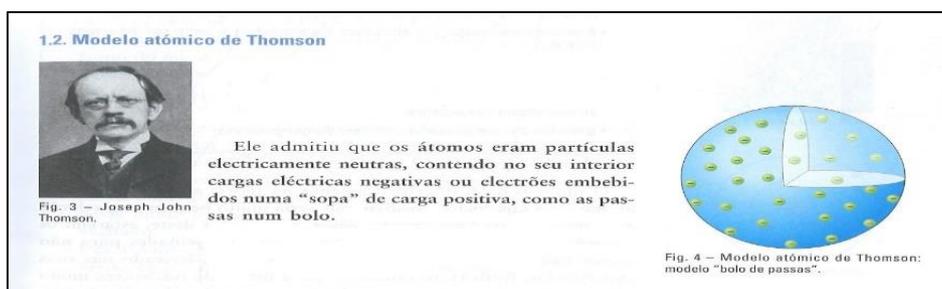


Figura 1: Analogia em que se centra a questão 13 da entrevista (Extraída de: Barros, 2014, p.59)

Refira-se que a analogia apresentada na figura 1 (bolo de passas) é uma analogia simples que, atendendo a Ferry (2016), estabelece apenas relações de correspondência entre elementos de primeira ordem e não apresenta relações entre correspondências, o que pode dificultar realização de aprendizagens complexas por parte dos alunos. As correspondências passíveis de serem estabelecidas entre o alvo e o análogo são apresentadas na tabela 60, relativa ao mapeamento da referida analogia.

Segundo alguns autores (Monteiro & Justi, 2000), a analogia do pudim de passas é problemática,

pois, por um lado, de acordo com a experiência do cotidiano, as passas distribuem-se na superfície da massa e não por toda a massa e, por outro lado, a comparação entre a massa do pudim e a carga positiva pode levar a pensar que o átomo, de acordo com Thomson, era formado, em grande parte, por cargas positivas, o que realmente não é verdade.

Tabela 60 - Mapeamento estrutural da analogia 1

Domínio análogo	Correspondência	Domínio alvo
Bolo de passa	← E1 →	Átomo
Passas no bolo	← E2 →	Elétrões no átomo
Massa do pudim	← E3 →	Cargas positivas no átomo

Os 17 estudantes, que começaram por ser solicitados a dizer o que tinham entendido desta analogia (questão 13), apresentaram quatro opiniões sobre o que tinham entendido. Apesar de se notar um esforço por parte de alguns entrevistados para indicar alguns riscos que a analogia pode ter, a maior parte desses estudantes teve dificuldades em descrever o significado da referida analogia, como se pode notar nas afirmações a seguir:

- i) três estudantes (E1, E12 e E13) afirmaram que entenderam que o autor comparava o modelo atômico de Thomson com um bolo de passas. Para eles, o autor afirmou que os elétrões estão dentro de uma sopa e que isso pode causar ou reforçar uma má concepção por parte dos alunos. Um exemplo deste tipo de resposta foi apresentado por E1:

“Nessa analogia, ele faz uma comparação do modelo de Thomson com um bolo de passas. Ele acredita que nós temos aqui elétrões que estão embebidos numa sopa, o que pode dar a entender que os elétrões estão mergulhados na sopa, e isso não ajuda a compreensão do modelo atômico de Thomson. Parece que há uma junção lá dessas partículas de carga negativa dentro do átomo.” (E1);

- ii) um entrevistado E11 disse ter entendido que a comparação é feita entre o modelo atômico de Thomson com um bolo de passas e que, na descrição da analogia, o autor afirma que toda massa do átomo é positiva, o que para o estudante não corresponde a verdade:

“Segundo o que está aqui, sinteticamente compara-se o modelo atômico de Thomson com bolo de frutas, considerava que o átomo era carregado positivamente, o que é errado, ou seja, diz que a toda a massa é positiva em que os elétrões estavam nessa massa [...]” (E11);

- iii) dois estudantes (E2, E8) afirmam que o autor usou um bolo de passas para comparar com o átomo. Contudo, como afirma erradamente E2, o autor usou essa analogia porque o bolo de passa é redondo, com cargas positivas e negativas. Na verdade, no bolo não existem as cargas que o estudante refere, mas existem passas, como no átomo existem elétrões:

“Entendi que eles fazem uma comparação entre o átomo segundo Thomson e um bolo de passas, comparam isso porque o bolo de passas tem uma estrutura redonda e para além da estrutura redonda podemos encontrar umas partículas que estão carregadas positivamente e negativamente, por isso que aqui eles dizem que o átomo é eletricamente neutro.” (E2);

iv) os estudantes (E4, E6, E7, E9, E14, E15, E16 e E17) afirmam que entenderam que o autor comparava o bolo com passas com o modelo atômico de Thomson. Para eles, o autor quis explicar que existem, no átomo, cargas negativas e positivas, o que faz com que o átomo seja neutro. Essas afirmações podem ser constatadas na resposta de E4:

“Eu pude perceber que olhando para própria analogia, este é o modelo atômico de Thomson em que dizia que o átomo era semelhante a um bolo de passas. No bolo existem partículas que se comparam com as cargas positivas e negativas. Penso que o que queria dizer é simplesmente que o átomo segundo Thomson tem duas cargas contrárias e por isso é eletricamente neutro.” (E4).

Pode concluir-se que apesar de ter havido tentativas de explicitar os problemas que a analogia apresenta, a maior parte dos estudantes não entendeu e não conseguiu descrever o que a referida analogia pretende mostrar. Isso pode ter a ver com a forma pouco clara como a analogia foi apresentada e descrita. Contudo, alguns desses estudantes apresentaram alguns problemas que podem surgir quando se usar essa analogia. Pode dar-se um exemplo do uso do termo metafórico “embebido” numa sopa que é problemático. Na verdade, segundo alguns autores (Ferry & Nagem, 2008), o termo “embebido” é problemático, pois, pode dar a entender que os elétrons estão imersos dentro de um líquido (como, normalmente, as sopas são) ou de uma outra substância, o que pode dificultar a aprendizagem.

Os 17 entrevistados foram questionados se a analogia era válida (questão 13.2, primeira parte). Sete desses estudantes afirmaram que a analogia apresentada no ME era válida, oito entrevistados afirmaram que não era válida e dois não responderam (tabela 61). Os dois estudantes que não responderam são homens e tinham idade superior à idade mínima para a conclusão da licenciatura, pois um (E7) tinha 29 anos e o outro (E9) tinha 25 anos. A não resposta pode ter tido a ver com receio em dar respostas nas quais não sentiam segurança.

Tabela 61 - Opiniões dos estudantes sobre a validade da analogia 1 (N=17)

Categorias	Estudante E...																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
É válida			X	X		X				X		X	X			X	
Não é válida	X	X			X			X			X			X	X		X
Não responde							X		X								

De seguida, os 15 estudantes que afirmaram que a analogia era válida, foram solicitados a

justificar a sua opinião (questão 13.2, segunda parte). Sete estudantes apresentaram três razões para justificarem por que razão afirmaram que a analogia era válida:

i) o conceito análogo, “bolo de passas”, era do quotidiano do aluno (E4):

“Porque primeiramente ele deu o conceito do átomo, e comparou com um bolo de passas que o aluno conhece. Também comparou os eletrões e protões com as passas existentes no bolo e por isso que acho que a analogia é válida.” (E4);

ii) existem partículas no bolo de passas que são comparáveis aos protões que existem no átomo (E3, E6, E12 e E13). Um exemplo deste tipo de respostas é apresentado por E3:

“Olhando para aquilo que o próprio autor pretende alcançar, eu acho que a comparação em algum momento pode ser valida, visto que se no caso no bolo que ele está a comparar existem algumas partículas que são as passas, eu acho que ele está tentando comparar que no átomo também existem cargas positivas parecidas as que existem no bolo.” (E3);

iii) existem ingredientes no bolo que comparáveis às cargas positivas e negativas no átomo (E10, E16). Na verdade, essa justificação não é certa, pois não se mostrou a que ingredientes se comparavam os eletrões e protões. Um exemplo deste tipo de respostas foi apresentado por E10:

“A Partir do pressuposto de que o átomo dentro dele temos cargas elétricas negativas e positivas, o pudim de passas, por exemplo o bolo em si, dentro dele podemos encontrar vários ingredientes posso assim dizer, ele usou essa analogia estava a comparar esses ingredientes do bolo com protões e eletrões [...]. No meu ponto de vista acho que é um pouco difícil de entender, mas é valida” (E10).

Os oito estudantes que consideraram a analogia inválida (E1, E2, E5, E8, E11, E14, E15 e E17) também apresentaram três razões principais para considerarem que a analogia não era válida, pois segundo eles:

i) o termo usado é metafórico e o análogo não faz parte do quotidiano do aluno e isso dificulta a compreensão dos alunos (E1, E2, E5, E11 e E14). A resposta apresentada por E1 pode ilustrar esse tipo de respostas.

“Oh, acredito que a linguagem e a palavra usada não são muito claras, embebido. O que é embeber? Eu acredito que não, eu poderia, quer dizer que o autor aqui deveria olhar mais para a nossa realidade, porque é que falo isso? Falo isso por causa de falar de passas num bolo, então nós já tivemos problemas com isto quando se diz pudim de passas ou passas num bolo, o estudante as vezes fica sem saber o que são as passas, nem o que é um bolo de passas. Eu tive dificuldades de explicar na 9ª classe, na escola vila nova durante o estágio que fiz.” (E1);

ii) não está claro onde estão as diferentes partículas, nomeadamente as que têm carga positiva no referido bolo E15:

“Não é valida porque eles não ilustram aqui com clareza a existência de cargas positivas então aqui só tem cargas negativas. A figura não está clara por não mostrar onde estão as diferentes cargas para fazer entender ao aluno.” E15;

iii) o átomo tem uma parte central positiva (protões) e eletrões à sua volta, mas a descrição afirma

que no interior há cargas negativas (E17).

“De acordo com o que eu sei, no átomo a carga central não é negativa, pois os prótons têm cargas positivas, então aqui ele vem dizer que contendo no seu interior cargas negativas que são os elétrons, mas a definição que nós temos não é essa aqui apresentada [...]” (E17).

Assim, pode concluir-se que um pouco mais de metade dos estudantes entrevistados (oito em 17) manifestou a opinião de que a analogia não era válida e apresentou razões aceitáveis para tomarem essa posição. Uma outra parte considerável (sete em 17) considerou que a analogia era válida, mas não conseguiu apresentar razões plausíveis para sustentar a sua posição.

Os sete estudantes (E3, E4, E6, E10, E12, E13 e E16) que afirmaram que a analogia era válida, foram questionados se, na opinião deles, essa analogia podia ajudar os alunos a aprender sobre o modelo atômico de Thomson (questão 14, primeira parte). Todos os setes estudantes finalistas afirmaram que que a referida analogia ajudava aos alunos aprenderem o modelo atômico de Thomson.

De seguida, os mesmos sete estudantes foram solicitados a apresentar as razões que os levaram a pensar que a referida analogia podia ajudar os alunos a aprender sobre esse modelo (questão 14, segunda parte). Todos os sete estudantes (E3, E4, E6, E10, E12, E13 e E16) apresentaram uma única e mesma razão, pois todos afirmaram que a analogia fazia parte da realidade do aluno. Para eles, ela poderia ajudar na aprendizagem porque, como afirma o aluno E3, teria facilidade em relacionar o que existe num bolo com o que existe no átomo:

“Essa analogia pode ajudar sim. Eu penso que se estamos a falar de bolo não estaríamos distantes da realidade do próprio aluno, e por fazer parte do quotidiano do aluno ele pode pensar no bolo de passas e relacionar com o átomo. Penso que o aluno também ficaria mais motivado, porque só ouvir falar de bolo seria fácil, depois para lhe relacionar o que o bolo tem no seu interior, e pensaria que assim está um átomo. Estaríamos a lhe dizer que no átomo também existem cargas do jeito que estão há partículas no bolo, logo facilitaria a compreensão dos alunos.” (E3).

Na verdade, a razão apresentada por esses sete futuros professores sugere que possuem um conhecimento muito reduzido sobre o que significa uma analogia pertencer ao quotidiano de um aluno, pois, do que se conhece da realidade moçambicana, poucas vezes se faz nas famílias um bolo de passas. Esse facto pode ser um sinal de que os referidos estudantes apresentam dificuldades em analisar criticamente as analogias incluídas no ME de química.

Os 17 estudantes finalistas foram questionados se, na opinião deles, essa analogia comportava alguns riscos para o aluno (questão 14.1, primeira parte). Sete entrevistados têm a opinião de que a analogia comportava riscos para o estudante, nove achavam que não comportava riscos e um não respondeu (tabela 62). Um estudante que não respondeu (E7) é homem e tinha idade um pouco avançada (tinha 29 anos). Esta foi a quinta questão a que não respondeu, pelo que a não resposta pode ter a ver com a falta de capacidade e ou de a vontade para responder.

Tabela 62 - Perspetivas dos estudantes sobre os riscos da analogia 1

(N=17)

Categorias	Estudante E...																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Comporta riscos	X	X			X							X	X	X			X
Não comporta riscos			X	X		X		X	X	X	X				X	X	
Não responde							X										

De seguida, os sete estudantes finalistas que afirmaram que a analogia comportava riscos foram solicitados a afirmar porque diziam isso (questão 14.1, segunda parte). Os mesmos sete estudantes (E1, E2, E5, E12, E13, E14 e E17) apresentaram três razões que os levavam a considerar que a referida analogia comportava certos riscos para o aluno:

- i) a linguagem usada pelo autor da analogia - “embebido” - e o tipo de partículas usadas - “passas” - pode dificultar os alunos (E1, E12 e E14), dado que, com refere E1, o termo é metafórico e as passas podem não ser conhecidas:

“Eu acredito que sim porque sinto aqui primeiras más expressões que o autor achou trazer aqui, primeiro é embebido numa sopa e depois é o termo passas, acredito que o aluno pode não entender como estão os eletrões no átomo e não entender o que são essas coisas de passas.” (E1);

- ii) o aluno pode pensar que o conceito análogo é o próprio conceito em estudo (E2 e E13), pois como afirma E13, o bolo de passas pode ser confundido com o modelo atómico de Thomson:

“Porque ele pode pensar que o bolo que ele tem no seu quotidiano é o modelo de Thomson, mas isso depende muito do próprio docente que estiver a lecionar, se o docente for uma pessoa preparada ele pode levar os alunos a perceberem que se usou no bolo apenas para nos ajudar a perceber.” (E13);

- iii) os eletrões estão misturados com os protões. Este tipo de resposta pode ser ilustrado pela resposta de E5:

“Segundo o que está escrito aí e na figura, sim ele pode deparar com um problema aqui, ele admitiu que os átomos eram partículas eletricamente neutra, tendo no seu interior cargas elétricas negativas e eletrões embebidos numa sopa com cargas elétricas positivas ou eletrões misturados com protões o que não corresponde à verdade. O aluno pode ver na figura as cargas negativas dentro do átomo, mas pode vir questão essas cargas positivas onde estão na figura, porque ele só vê cargas negativas, e nós podemos ficar com um ponto de interrogação [...]” (E5).

Os restantes nove estudantes (E3, E4, E6, E8, E9, E10, E11, E15 e E16) apresentaram duas razões principais que os levavam a dizer que a analogia não apresentava riscos. Eles consideraram que:

- i) existe uma relação clara entre o domínio análogo e domínio alvo (E11, E8 e E16). Um exemplo deste tipo de respostas foi apresentado por E11:

“Porque eu creio que está muito claro, o objetivo dele aqui é explicar como é que o átomo está, como é que ele é formado, do jeito que a figura está e o que ele descreve sobre o pudim de passas depois de ver a imagem o aluno vai entender como está o átomo porque isso se relaciona-se muito bem.” (E11);

- ii) o domínio análogo faz parte do contexto do aluno (E3, E4, E9 e E10), afirmação que se pode

notar na resposta de E3:

“Ele algum momento pode não comportar visto que é algo que os alunos conhecem, eu acho que não comporta nenhum risco porque nossos alunos conhecem muitos bolos que se fazem nas suas casas.” (E3).

Assim, pode concluir-se que os sete estudantes finalistas que manifestaram a opinião de que a analogia usada no ME comportava alguns riscos, têm ideias aceitáveis sobre certos riscos. No entanto, os nove estudantes, que têm opinião de que a analogia não comportava riscos, parecem muito conformados com o que lhes é apresentado e não possuem ideias assertivas, pois, ao afirmarem que os alunos conhecem o bolo de passas, mostram que estavam a evitar esforçar-se para avaliar criticamente a referida analogia.

Os 17 estudantes foram solicitados a dizer por que achavam que o autor usou a referida analogia (questão 14.2). Com exceção dos 13, E16 e E15 (que não responderam), 14 estudantes apresentaram duas opiniões:

i) evitar ensinar o conceito de átomo de uma forma abstrata (E1, E2, E3, E4, E5, E7, E8, E10, E11 e E17) para ajudar os alunos a melhorar a compreensão da constituição do átomo segundo Thomson:

“Atendendo e considerando que estamos a falar do átomo, falar do átomo de uma forma abstrata, sem mostrar nada, eu acho que não poderia facilitar na compreensão, então ele optou em usar essa analogia para melhorar a compreensão dos os alunos no modelo atômico de Thomson.” (E3);

ii) facilitar a aprendizagem do modelo atômico do Thomson (E6, E9, E12 e E14):

“Ele usou essa analogia era mais a analogia para facilitar o entendimento do modelo atômico segundo Thomson alunos melhorar o conhecimento dos alunos sobre o modelo atômico de Thomson e pensou que por eles saberem o que é bolo de passas, assunto da vivência do aluno quando fala essa questão de bolo, sopas, ele olhou mais para isso, porque bolo e sopa todo mundo está lá, facilita [...]”. (E6).

Assim, pode concluir-se que alguns estudantes têm opiniões razoáveis das razões que justificam o uso de analogias, mas não fazem um juízo crítico, ou seja, não avaliam se a analogia é, realmente, boa no contexto de ensino de química em Moçambique.

Quando os 17 estudantes que participaram no estudo foram questionados se aquela analogia poderia ser melhorada (questão 14.3, primeira parte), quinze afirmaram que podia ser melhorada e dois não responderam (tabela 63).

Os dois estudantes que não responderam à questão são um homem e uma mulher (E7 e E12) e tinham idade um pouco avançada, pois ambos tinham 29 anos de idade, o que pode significar que, provavelmente, são trabalhadores estudantes e não tinham tido oportunidade de refletir sobre os assuntos tratados nas aulas ou de procurar informação complementar para os aprofundar.

Tabela 63 - Perspetivas dos estudantes sobre a possibilidade de melhorar a analogia 1
(N=17)

Categorias	Estudante E...																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Pode ser melhorada	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
Não precisa de ser melhorada																	
Não responde							X					X					

De seguida, os 15 estudantes finalistas que afirmaram que a analogia podia ser melhorada, foram solicitados a dizer como devia ser melhorada (questão 14.3 segunda parte). Os mesmos 15 estudantes apresentaram duas propostas para a melhorar. Segundo eles, o autor do ME devia:

i) evitar usar a linguagem metafórica que existe na descrição da mesma (E1, E2, E5, E6, E10 e E17). Contudo, os estudantes não dizem qual é a melhor linguagem a usar, apesar de darem algumas sugestões concretas. A este propósito, note-se que E1 dá sugestões centradas em melhorar a descrição do domínio análogo, pois, segundo ele, há muitos ingredientes numa sopa:

“Primeiro especto que digo, ela pode ser melhorada é o especto quando se fala de cargas estão embebidas na sopa e são cargas positivas, primeiro é perceber o que é estar embebido? Se for sopa de legumes, existirão lá muitas partículas ou muitas coisas com cores diferentes, então o tomate tem a sua coloração tem o vermelho, vamos ter aí carnes [...]” (E1);

ii) relacionar mais explicitamente o domínio análogo e seus elementos com o domínio alvo e os elementos deste, indicando a relação entre os elementos que existem nos dois domínios (E3, E4, E8, E9, E11, E13, E14, E15, E16), até porque, como afirma E9, não se consegue visualizar as cargas positivas que o autor refere na descrição da analogia:

“Ai pode sim se melhorar, mas depende de cada autor, se o autor é um bom pode melhorar...[...] eu na minha opinião poderia dando melhor indicação das partículas que se comparam no bolo com eletrões e prótons e dizer de quais as partículas positivas que diz existem, assim para um aluno da 9ª classe compreender bem o modelo de Thomson. O autor devia clarificar onde estão as cargas negativas e positivas, senão o aluno fica sem saber como é que as partículas estão distribuídas no átomo [...]” (E9).

Assim, pode concluir-se que a maior parte de entrevistados (15 em 17) pensava que a analogia 1 devia ser melhorada e apresentou ideias razoáveis sobre o que se deve melhorar nessa analogia.

A questão 15 da entrevista baseava-se em uma analogia, extraída de um ME de química do ESG, que é apresentada na figura 2 e que, como se pode constatar, é composta, apenas, por um texto.

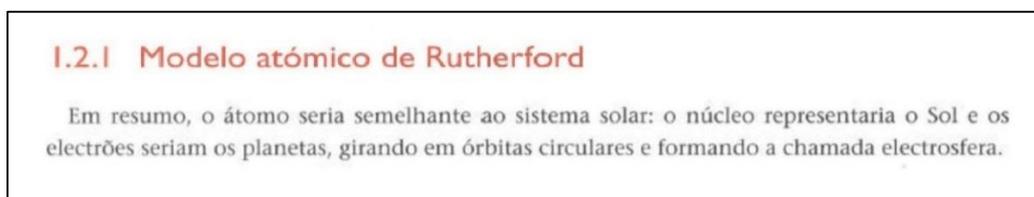


Figura 2: Analogia em que se centra a questão 15 da entrevista (Extraída de: Monjane & Cuco, 2013, p.32)

Refira-se que a analogia 2 é estruturada, uma vez que, atendendo a Ferry (2016), para além de estabelecer correspondência entre elementos de primeira ordem apresenta relações entre esses mesmos elementos, o que facilita a realização de aprendizagens complexas por parte dos alunos. As relações passíveis de serem estabelecidas entre o alvo e o análogo são apresentadas na tabela 64, relativa ao mapeamento da referida analogia.

Tabela 64 - Mapeamento estrutural da analogia 2

Domínio análogo	Correspondência	Domínio alvo
Sistema solar	← E1 →	Átomo
Sol	← E2 →	Núcleo
Planetas	← E3 →	Elétrões
Planetas girando em volta do sol	← E3(r.) →	Elétrões em movimento na eletrosfera ou nas orbitais

Segundo alguns autores (Ferry & Nagem, 2008), a analogia do sistema solar pode ser problemática, pois os estudantes podem pensar que, tal como o sol apresenta temperaturas altas, o núcleo do átomo também apresenta temperaturas altas.

Todos os 17 estudantes que começaram por ser solicitados a dizer o que tinham entendido desta analogia (questão 15), apresentaram uma única e mesma descrição, mencionando somente as correspondências entre os elementos, mas sem, contudo, conseguir descrever as relações entre estes, como se pode notar na afirmação que se segue, de E1:

“Entendi que o autor queria explicar aqui que como é que é o átomo segundo Rutherford. O autor aqui acabou propondo um sistema solar, para comparar esse modelo, onde o núcleo representa o sol e os elétrões seriam neste caso os planetas não é, simplesmente para que o aluno pudesse ver o sol e os planetas para ele ter uma ideia e tentar chegar próximo a essa realidade de como é o átomo segundo o Rutherford.” (E1);

Os 17 estudantes foram questionados se a analogia em causa era válida (questão 15.2, primeira parte). Quinze desses estudantes afirmaram que a analogia era válida e dois não responderam à questão (tabela 65).

Tabela 65 - Opiniões dos estudantes sobre a validade da analogia 2

(N=17)

Categorias	Estudante E...																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
É válida	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Não é válida																	
Não responde					X					X							

Os dois estudantes que não responderam são um homem (E5) e uma mulher (E10), sendo que o homem estava na idade certa para conclusão de licenciatura (tinha 22 anos) e a mulher estava um pouco atrasada (tinha 26 anos). Talvez a não resposta se tenha devido à considerável exigência da questão que obrigava a analisar criticamente a analogia, atividade que alguns alunos gostam pouco de fazer, em parte por ser algo que poucas vezes lhes é pedido que façam.

De seguida, os 15 entrevistados que afirmaram que a analogia era válida, foram solicitados a justificar a sua opinião (questão 15.2, segunda parte). Desses 15 estudantes, 14 apresentaram duas razões principais para justificarem por que razão manifestavam a opinião de que a analogia era válida:

i) existem relações claras entre os elementos do domínio análogo e do domínio alvo (E1, E2, E13).

Um exemplo deste tipo de respostas foi apresentado por E13:

“Porque aqui o autor demonstra claramente o núcleo do átomo pode ser comparado ao sol e outros planetas compram-se aos eletrões. [...] Eu acho que é válida porque no modelo de Rutherford, por existirem comparações reais e úteis para a aprendizagem dos alunos.” (E13);

ii) porque o aluno sabe que o que está a ser dito que existe no átomo no sistema solar existe o mesmo (E3, E4, E6, E7, E8, E11, E12, E14, E15, E16 e E17). Um exemplo deste tipo de respostas foi apresentado por E12:

“A analogia apresenta de é válida porque esse tema o aluno já aprendeu durante as suas aulas de geografia na 8ª classe, e o modelo atômico de Rutherford é abordado na 9ª classe. O aluno vai entender por ela ser clara em relacionar o que existe no átomo e o que existe no sistema solar. É uma coisa que faz parte do dia a dia do aluno [...] então segundo essa explicação com conteúdos de sistema solar na geografia o aluno pode entender melhor a estrutura atômica.” (E12);

Assim, pode concluir-se que os 15 estudantes têm conhecimento razoável sobre as razões de a analogia ser válida para o ensino da estrutura do átomo segundo Rutherford.

Os 15 estudantes que afirmaram que a analogia era válida, foram questionados se, na opinião deles, essa analogia podia ajudar os alunos a aprender sobre o modelo atômico de Rutherford (questão 16, primeira parte). Desses 15 estudantes, 12 afirmaram que a referida analogia ajudava aos alunos aprenderem o modelo atômico de Rutherford e três não responderam à questão (tabela 66).

Tabela 66 - Opiniões dos estudantes sobre a utilidade da analogia 2
(N=15)

Categorias	Estudante E...																
	1	2	3	4	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	17		
Pode ajudar	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	X	X		
Não pode ajudar																	
Não responde				X		X	X										

Os três estudantes que não responderam são todos homens e um estava na idade mínima para

a conclusão de licenciatura (23 anos) enquanto que os outros dois tinham idade um pouco mais avançada (E7 e E8), pois tinham 29 e 26 anos, respetivamente. As razões da não resposta podem ter a ver com a exigência da questão, especialmente no caso dos dois últimos estudantes, que, por serem mais velhos, podem ter tido receio em explicitar as suas ideias sobre o assunto, com receio de errarem.

De seguida, os 12 estudantes que afirmaram que a analogia 2 podia ajudar no ensino do modelo atómico de Rutherford foram solicitados a justificar por que diziam isso (questão 16, segunda parte). Esses mesmos 12 estudantes apresentaram três razões principais para considerarem que a analogia pode ajudar no ensino do referido modelo. Assim, segundo eles:

- i) o aluno já tem conhecimento do domínio análogo por já ter aprendido sobre o sistema solar (E1, E2, E6, E10, E11, E15 e E16), e isso é um pré-requisito necessário que está satisfeito:

“Acredito que isto pode ajudar, portanto para que o aluno entenda isso ele deve ter um pressuposto de ter estudado os planetas e o sistema solar, conhecimento que ele já adquiriu na 8ª classe, mas se ele não estudou isso ou se não domina a geografia neste caso ele não vai ter nenhuma noção a respeito.” (E1);

- ii) as comparações entre o domínio alvo e o domínio análogo foram apresentadas de forma clara e correta (E3, E5, E9 e E17). Um exemplo de respostas contendo esta ideia foi apresentado pelo estudante E5:

“Pode ajudar porque as comparações são evidentes do que existe num átomo e do que existe no sol. Se o aluno já aprendeu o sistema solar certamente não terá dificuldades de aprender com base nessa analogia dado que ela faz bem o relacionamento entre as partes do sol e dos outros planetas. Sol é como núcleo, e outros planetas são as eletrosferas. Isso fica muito claro para a pessoa que quer ensinar e aprender.” (E5);

- iii) a posição e o que acontece nos dois domínios está bem explicado e permite a aprendizagem (E12, E13, E14). Um exemplo deste tipo de resposta foi apresentado por E12:

“O modelo de Rutherford diz que o núcleo está no centro e em redor do núcleo estão os eletrões a girar então essa analogia não difere, o comportamento do átomo com o comportamento do sistema solar é igual, dado que o núcleo do átomo está no centro e os eletrões estão em sua volta e isso permite a aprendizagem. Então o aluno já tem conhecimentos do sistema solar, então ele só vai juntar as ideias e vai tornar a matéria muito clara.” (E12).

Assim, pode concluir-se que os estudantes entrevistados apresentam um conhecimento razoável sobre a ajuda que a analogia 2 pode dar aos alunos na aprendizagem do modelo atómico de Rutherford.

Os 17 entrevistados foram questionados se, na opinião deles, essa analogia comportava alguns riscos para os alunos (questão 16.1). Sete entrevistados afirmaram que a analogia comportava riscos, oito estudantes afirmaram que não comportava riscos e dois não responderam (tabela 67).

Os dois estudantes que não responderam são homens (E7 e E9) e os dois estavam um pouco atrasados no curso (tinham 29 e 25 anos de idade, respetivamente). Este grupo etário parece ter mais cautela em responder às perguntas, talvez por receio de errar.

Tabela 67 - Perspetivas dos estudantes sobre os riscos da analogia 2

(N=17)

Categorias	Estudante E...																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Comporta riscos	X				X					X	X	X	X		X		
Não comporta riscos		X	X	X		X		X						X		X	X
Não responde							X		X								

De seguida, os sete estudantes que afirmaram que a analogia comportava riscos foram solicitados a explicar porque diziam isso (questão 16.1). Os mesmos sete estudantes (E1, E5, E10, E11, E12, E13 e E15) apresentaram três razões que os levavam a considerar que a referida analogia comportava certos riscos para o aluno:

- i) o fraco domínio pelos estudantes de como é constituído e funciona o sistema solar (domínio análogo), pode fazer com que os mesmos entendam, erradamente, o modelo atómico de Rutherford (E1, E5, E11 e E12). Um exemplo deste tipo de respostas foi apresentado por E1 e nele pode constatar-se que se não existir esse conhecimento o aluno corre o risco de fazer um relacionamento errado do que acontece nos dois domínios:

“Pode comportar sim, se os alunos não entenderem como é constituído e funciona o sistema solar na geografia, pode ser por causa da de não saber geografia mesmo. O risco que se corre aqui, é que o aluno não conhecer primeiro os planetas, como eles estão dispostos, como é que eles se relacionam com outros planetas, como giram ou como é que acontece este movimento de rotação e translação ou outros movimentos dos planetas em torno do sol. Se aluno não saber isso é um risco, não vai entender.” (E1);

- ii) os estudantes podem pensar que o análogo é o próprio modelo atómico de Rutherford (E13 e E15), pois, como afirma E13, isso pode acontecer se não existir uma explicação sobre a analogia:

“Sim. Eles podem pensar em algum momento que o sol e a terra é o átomo, eles podem entender aquilo como se fosse o modelo de Rutherford, muitas vezes isso requer que o professor consiga explicar bem que está usar a comparação do sol e átomo, se não corre-se esse risco do aluno pensar que o sol é o referido átomo de Rutherford” (E13);

- iii) os diferentes tamanhos que apresentam os planetas podem dar a entender que os eletrões são também de diferentes tamanhos (E10):

“Também comporta. os riscos que pode comportar essa analogia, são do tamanho real dos planetas eu creio que todos planetas não tem a mesma dimensão que os eletrões são partículas com dimensões determinadas.” (E10).

Os outros oito estudantes (E2, E3, E4, E6, E8, E14, E16 e E17), que referiram que a analogia 2 não apresentava riscos, avançaram com duas razões principais para justificar essa opinião. Assim, consideraram que:

- i) o análogo é bem conhecido pelos alunos, pois é do seu quotidiano (E2, E3, E4, E6, E8, E14, E17). Um exemplo deste tipo de resposta foi apresentado por E4:

“Risco, acho que não. Os ^{alunos} conhecem já da geografia o sistema solar e é do dia a dia deles. Isso ajuda a eles compreender mais o modelo de Rutherford dado que está a facilitar mais a compreensão quando ele relaciona com o sistema solar que é algo que o aluno já conhece muito bem a partir de outra disciplina.” E4);

ii) as relações entre o domínio análogo e o domínio alvo são bem claras e são fáceis de estabelecer, como ilustra a resposta de E16:

“A apresentação do autor está muito clara para explicar o modelo atômico de Rutherford e qualquer aluno pode compreender o que se pretende com essa analogia. Como eu já havia dito que essa analogia aproxima a realidade do que existe no sistema solar com o existe no modelo de Rutherford onde temos as orbitais que giram em torno dele, então é o mesmo que o sol e o planeta, então é algo que pode ser feita analogia. Basta o professor explicar bem” (E16).

Assim, pode concluir-se que um pouco mais de metade dos estudantes (oito em 17) tem a opinião de que a analogia não comportava riscos, o que não corresponde à verdade, pois qualquer analogia, se usada sem os devidos cuidados, comporta riscos.

Os 17 estudantes foram questionados se essa analogia poderia ser melhorada pelo autor do ME (questão 16.2, primeira parte). A tabela 68 mostra que oito entrevistados afirmaram que ela poderia ser melhorada, seis afirmaram que não poderia ser melhorada e três não responderam. Os três estudantes que não responderam são dois homens (E5 e E11) e uma mulher (E10) e os dois homens estavam na idade certa para conclusão de licenciatura (tinham 22 e 21 anos de idade, respetivamente) enquanto que a mulher estava um pouco atrasada no curso (tinha 26 anos de idade). Estas não respostas podem dever-se a receio de errar, mas podem também ser causadas por uma atitude de crença acrítica no manual escolar, que é muito comum entre os seus utilizadores.

Tabela 68 - Perspetivas dos estudantes sobre a possibilidade de melhorar a analogia 2 (N=17)

Categorias	Estudante E...																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Pode ser melhorada		X		X		X	X	X				X		X			X
Não precisa de ser melhorada	X		X						X				X		X	X	
Não responde					X					X	X						

De seguida, os oito estudantes que afirmaram que a analogia poderia ser melhorada, foram solicitados a dizer como deveria ser melhorada (questão 16.2, segunda parte). Os mesmos oito estudantes apresentaram duas propostas para a melhorar. Segundo eles, o autor do ME deveria:

i) acrescentar uma imagem do sistema solar e associá-la à descrição (E2, E4, E6 e E15), proposta que pode ser ilustrada pela resposta de E2:

“Sim, eu sou da opinião mesmo de que pode ser melhorada. O autor devia colocar ao lado da descrição uma imagem do sistema solar para ser fácil fazer-se a comparação. [...]. Há software que simulam como funciona o sistema solar, assim, pegando esse software pode se ter uma imagem do sistema solar e colocar no livro onde está

a descrição, então eu acho que pode ser melhorada desse jeito, [...]” (E2).

ii) apresentar descrição de como é o sistema solar e incluir imagens do átomo e do sistema solar (E8, E12, E14 e E17):

“Sim. O autor podia descrever mais como funciona o sistema solar e trazer alguns conhecimentos da geografia, seria uma revisão assim, e fazer comparações com base no que trouxe na revisão mais exaustiva. Assim os alunos que não aprenderam bem na geografia o sistema solar iam entender a partir dessa revisão. [...] outra coisa, talvez pode se melhorar usando imagens, ele pode melhorar usando imagens do sistema solar e imagens da estrutura atômica.” (E12).

Em síntese, e tendo em conta a análise da analogia 1 que foi apresentada acima, os 17 estudantes realizaram análises muito pobres dessa analogia e, talvez por isso, um pouco mais de metade tenha afirmado que ela não era válida. Os estudantes dividiram-se entre os riscos (sete em 17) e os não riscos da analogia (nove em 17) sem, no entanto, apresentarem razões aceitáveis para justificar as suas opiniões, mas quase todos consideraram que a analogia deveria ser melhorada, apesar de as propostas da melhoria apresentadas serem pouco claras. Este comportamento dos estudantes pode ser sinal de falta de conhecimento sobre o modelo de Thomson e/ou sobre analogias e, conseqüentemente, de bases para analisar criticamente analogias, em geral, e analogias inseridas em ME, em particular.

Os 17 estudantes apresentaram uma descrição razoável da analogia 2, apesar de todos se terem limitado a fazer a descrição das correspondências em vez de focarem as relações entre os elementos do alvo e do análogo. Os oito estudantes que afirmaram que a analogia 2 podia ser melhorada apresentaram uma sugestão a ter em conta, pois, para eles, deveria ser incluída na analogia a imagem do sistema solar e do átomo. Na verdade, e como referem alguns autores (Orgill, Bussey e Bodner, 2015), a inclusão de imagens numa analogia pode reforçar a descrição que é feita, nomeadamente pelos autores de ME, e melhorar a compreensão da mesma.

4.4.7. Perspetivas que os estudantes dizem ter sobre o uso de analogias, no futuro

Os 17 estudantes foram questionados se tencionavam usar outras analogias (questão 19, primeira parte), para além das apresentadas pelos ME de química. Catorze desses estudantes afirmaram que tencionavam usar outras analogias e três não responderam (tabela 69).

Tabela 69 - Perspetivas que os estudantes dizem ter sobre a utilização de outras analogias para além das apresentadas pelos ME

(N=17)

Categorias de resposta	Estudantes E...																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Tenciona usar	X	X	X		X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X
Não responde				X						X	X						

Os três estudantes que não responderam são dois homens (E4 e E11) e uma mulher (E10), estando os dois primeiros na idade mínima para conclusão de licenciatura (23 e 21 anos, respectivamente) e a mulher com idade um pouco mais avançada (dado que tinha 26 anos de idade). Note-se que estes estudantes já deixaram outras questões sem resposta, o que pode denotar falta de conhecimentos sobre o assunto em causa ou de interesse em colaborar no estudo.

De seguida, os 14 estudantes que afirmaram que tencionavam usar outras analogias foram solicitados a responder porque diziam isso (questão 19, segunda parte). Esses estudantes apresentaram três razões que os levaram a afirmar que tencionavam usar outras analogias. Eles afirmaram que:

i) o uso de outras analogias poderá melhorar a compreensão de conceitos difíceis de química (E1, E15 e E16). Um exemplo deste tipo de resposta foi apresentado por E1:

“Sim, sim. “Usarei outras analogias porque as analogias podem melhorar a forma de perceção dos conceitos químicos que são complicados de explicar para o aluno o que aumenta o rendimento pedagógico nas nossas aulas. O uso de analogias é necessário principalmente quando os estudantes acham que o assunto tratado é muito complexo para eles, como é o caso da estequiometria entre outros aspetos que ao começar logo a falar dessa ciência, as vezes para o estudante é um bocado complicado.” (E1)

ii) o uso de analogias ajuda a concretizar os conceitos que não tem exemplares ou referentes observáveis da química (E2, E3, E9, E13), como mostra a resposta que, a título de exemplo, se apresenta de seguida:

“Sim. Visto que a química é uma ciência com conceitos difíceis de aprender em muitos casos esses conceitos são muito abstratos o que faz com que seja necessário usar muitas analogias no ensino da química. Quando falamos de átomo, ião, eletrão, dificilmente eu posso mostrar aos alunos essas partículas, então recorrendo a analogias eles podem aprender do que eu falar no vazio [...] então eu sou de opinião que deve-se usar analogias e irei usar outras analogias por porque elas são fundamentais para nossas aulas.” (E3).

iii) as analogias recorrem a linguagem do quotidiano do aluno e isso faz com que ele aprenda com facilidade os conceitos em estudo (E5, E6, E7, E8, E12, E14 e E17). Este tipo de respostas é ilustrado de seguida, pela resposta de E5:

“Sim...usarei outras porque para a aprendizagem da química sempre é preciso usar uma linguagem que o aluno compreenda com facilidade, neste caso linguagem de analogias. Sempre que se usa uma analogia devemos ter em conta que escolhamos o que o aluno conhece e isso faz com que ele se identifique com o que ensinamos. Então eu irei usar muitas analogias desde que isso se identifique com o que o aluno sabe e numa linguagem habitual desse aluno que vai aprender a química [...].” (E5)

Assim, pode concluir-se que os 14 entrevistados apresentaram razões aceitáveis para justificarem por que irão usar outras analogias, para além das que estão inseridas nos ME, pois apresentaram razões que são mencionadas por especialistas da área (Ferraz & Terrazzan, 2001; Bozelli & Nardi, 2006), como referimos no capítulo 1 (secção 1.2.3).

Os 14 estudantes que afirmaram que tencionavam usar outras analogias foram questionados se

conheciam alguma(s) analogia(s) que pretendiam usar (questão 19, terceira parte). Doze desses estudantes afirmaram que conheciam alguma(s) analogia(s) que pretendiam usar e dois não responderam (tabela 70). Os dois estudantes que não responderam (E5 e E16) são homens e todos estão na idade mínima para a conclusão de licenciatura, ou seja, 22 anos de idade. A não resposta por parte de E5 foi um problema recorrente no grupo dos estudantes que estavam na idade certa para conclusão de licenciatura.

Tabela 70 - Perspetivas dos estudantes sobre analogia(s) que pretendiam usar
(N=14)

Categorias de resposta	Estudantes E...																
	1	2	3	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16	17			
Tinha uma analogia	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X		X			
Não responde				X									X				

De seguida, os 12 estudantes que afirmaram que conheciam outra(s) analogia(s) que gostariam de usar foram solicitados a descrever as referidas analogias (questão 19, quarta parte). Oito estudantes (E1, E2, E3, E6, E12 E13, E15 e E17) apresentaram as três analogias seguintes:

i) analogia das vias de circulação, para descrever as camadas/orbitais do modelo atómico de Rutherford-Bohr (E1 e E13):

“Há uma analogia que geralmente tenho usado, principalmente quando falamos do modelo atómico de Rutherford, sobre as camadas/orbitais, então estas camadas tenho comparado com diferentes estradas ou vias por ordem circulam viaturas e elas têm um número limite de viaturas que podem circular [...]” (E1).

ii) analogia das direcções opostas das faixas de rodagem de uma estrada, para descrever os dois números de spin (E7).

“[...] os diferentes sentidos nas estradas são os dois números de spin de sentidos opostos, [...] bom, ali exatamente olha-se para os sentidos, apesar de na 9ª classe não falarem de sentidos opostos, mas eles tendem a ver, quando eles na 11ª estudarem os spins, então eles já têm esta analogia.” (E7).

iii) analogia do aparador, para representar os lantanídeos e os actínídeos (E2, E3, E6, E12 e E15), embora não se perceba muito bem qual é a comparação a efetuar:

“Sim. É uma analogia muito nova que se faz uma comparação na tabela periódica de gavetas de um aparador como se fosse o lugar onde estão localizados lantanídeos e actínídeos. Ai considera-se que da maneira que se coloca os pratos numa gaveta de aparador e fecha-se, assim acontece com os elementos de transição dos grupos f (lantanídeos e actínídeos) eles encontraram-se escondidos são elementos de transição internas e não externo como os elementos do bloco “principal.” (E2).

Outros estudantes apresentaram a descrição de exemplos em vez de analogias (E8, E9, E14 e E17), como evidencia a resposta de E8:

“Uma que eu gostaria de usar, é que são muitas na cabeça... [...] uma é aquela que já falei a prior que é a combustão de lenha, quando falamos das reações químicas, na 8ª classe o aluno ainda não conviveu com estes fenómenos,

estou a falar da própria combustão de lenha e carvão e depois dizer que não essa aqui é uma reação de combustão, a outra é o apodrecimento das frutas, eu posso dizer que se ele deixa uma comida hoje e a comida apodrece ou não, nós temos uma laranja e a laranja apodrece e se transforma em nutrientes ou adubos, é uma reação química, inicialmente nós tínhamos a laranja e depois temos nutrientes e adubos onde podemos usar depois.” (E8).

Assim, pode concluir-se que oito dos 12 estudantes apresentaram analogias que podem ser usadas para o ensino de alguns conteúdos de química e outros quatro estudantes fizeram confusão entre analogias e exemplos. Na verdade, os professores de ciências que participaram no estudo realizado por Maharaj-Sharma e Sharma (2015) também fizeram confusão entre analogias e exemplos.

Os 17 estudantes que participaram neste estudo foram questionados se esta entrevista os fez pensar em algo sobre o uso de analogias no contexto de ensino de química (questão 20, primeira parte), os mesmos responderam afirmativamente.

De seguida, os 17 estudantes foram questionados se previam usar analogias para ensinarem outros conteúdos de química (questão 20, segunda parte), ao que todos responderam afirmativamente. Quando solicitados a justificar por que diziam isso (questão 20, terceira parte), esses estudantes apresentaram quatro razões para justificarem a sua opinião. Segundo eles, usando analogias no ensino de química, os alunos:

i) compreenderão facilmente os conceitos, abstratos, que se quer ensinar (E1):

“Sim sim, fez sim. Sim pretendo usar, apesar de ter porque o aluno compreende muitos conceitos químicos que são abstratos. Pretendo ensinar o aluno o conceito abstrato usando o conhecimento do seu quotidiano para entender o conhecimento científico. As vezes agente quando fala de certos conceitos de química esses são muito difíceis para o aluno perceber, porque primeiro fica a parecer que estou a falar de algo estranho, então quando eu uso estas analogias eu procuro trazer ele até um determinado ponto e daí agente começar a caminhar.” (E1).

ii) aprenderão sobre partículas sub-microscópicas, não observáveis (E2, E3, E4, E6, E9, E11, E12, E15 e E17). Um exemplo deste tipo de respostas foi apresentado por E15:

“Eu tenho essa previsão a partir daquilo que diz que química é uma disciplina que apresenta certos conteúdos e conceitos difíceis de serem percebidos pelos alunos. Também há conteúdos que são abordados, mas que nunca foram vistos a olho nu, então eu vou usar analogias para facilitar a compreensão, para os alunos compreenderem como são algumas partículas que nem usando microscópio podemos ver.” (E15).

iii) poderão relacionar o que se ensina com o que está presente no seu quotidiano e, assim, aperceber-se da relevância da química (E5, E7, E8, E10, E14 e E16). Um exemplo deste tipo de respostas foi apresentado por E5:

“Sim fez.... Sim pretendo. Porque os alunos com o uso de analogias podem relacionar os conteúdos a ensinar com o que está em sua volta e verem a utilidade da química, pois vão entender que o seu dia a dia é feito de química. Como eu vinha a dizer, é importante porque as crianças vêm na escola, mas normalmente eles não sabem porque estão a aprender a velocidade de reação por exemplo, porque estou aprender tipos de reações químicas, em que isso pode me ajudar, então com base nas analogias vão entender que a química faz parte do seu dia a dia. [...].” (E5).

iv) participarão ativamente na aprendizagem da química, durante as aulas, como ilustra a resposta

do estudante E13:

“Sim. Em suma, a aprendizagem é boa quando ela vem do aluno, ou seja, quando o aluno se sente inteirado na sala de aulas ele pode participar ativamente na aprendizagem durante as aulas. Usando analogias ele se torna um estudante dinâmico e criativo, então será muito bem, para ele até.” (E13).

Segundo alguns autores (Bozelli & Nardi, 2006), o uso de analogias no ensino de química faz com que os alunos aprendam os conceitos abstratos e difíceis, relacionando-os com conhecimento de domínios do seu cotidiano. Assim, pode concluir-se que todos os estudantes que participaram neste estudo apresentam conhecimento aceitável de por que se deve usar analogias para o ensino de química, pois todos eles apresentaram razões que são aceitas e consideradas relevantes por especialistas da área (ex.: Ferraz & Terrazan, 2001)

Os 17 estudantes foram questionados sobre se gostariam de acrescentar algo mais ou de alterar o que tinham dito durante a entrevista (questão 21). Cinco dos 17 estudantes acrescentaram três opiniões relacionadas com diferentes aspetos, como se segue:

i) três estudantes (E1, E2 e E8) afirmaram que o Ministério da Educação e Desenvolvimento Humano e as editoras dos ME deveriam ter o cuidado de verificar as analogias a inserir nos ME, pois algumas dessas analogias e a linguagem usada nas mesmas não tem a ver com a realidade moçambicana:

“O que eu gostaria de acrescentar é sobre a linguagem que se tem usado, eu acredito que os ME que são produzidos no nosso país e são supervisionados pelo MINEDH são feitos para o território nacional. Então neste território nacional sabe-se no mínimo qual é a realidade de moçambique e que de linguagem pode ser entendida pelos alunos [...], devia-se ver se as analogias inseridas nos ME tem ou não a ver com o nosso país porque, a linguagem que é usada nos livros confunde muito o aluno porque na sua realidade ele não tem por exemplo o conceito de passas na sua vida, nunca ouviu falar, se eu estou a trazer uma analogia, eu não posso complicar mais a cabeça de estudante com algo novo, porque eu acredito que aí eu não estaria a fazer nada.”

ii) um estudante (E12) disse que deveria haver formação contínua ou cursos de curta duração capazes de ajudar os professores a ensinar com base em analogias:

“Alterar não, talvez posso acrescentar não é, talvez haver uma formação durante os cursos de professorado ou capacitação no sentido de os professores possam usar as analogias.” (E12).

iii) um estudante (E17) advertiu, e bem, que as analogias não podem ser usadas espontaneamente, pois elas devem ser bem analisadas antes de serem usadas com os alunos:

“Para terminar eu posso acrescentar algo para essa entrevista, o que eu quero dizer é que é muito importante nós usarmos analogias no processo de ensino e aprendizagem para facilitar a compreensão dos conceitos, mas a analogia não pode ser referenciada de uma maneira espontânea ou usar analogias de repente. Elas precisam ser usadas de forma organizada para trazer bons resultados [...]” (E17).

Os cinco estudantes que acrescentaram algumas ideias são quatro homens (E1, E2, E8 e E17) e uma mulher (E12). Dos homens, dois estavam na idade certa (E2 e E17) para concluírem o curso e os

outros dois homens (E1 e E8), assim como a mulher, estavam um pouco atrasados (estavam no grupo 25–30 anos). Estes estudantes, que responderam voluntariamente a mais uma questão, parecem ter mais ponderação sobre o assunto e ou disponibilidade para responder do que alguns dos colegas.

Assim, pode concluir-se que cinco dos 17 estudantes apresentaram três propostas válidas que podem contribuir para que o uso de analogias no ensino de química melhore. Na verdade, segundo alguns autores (Jarman, 1996; Freiras, 2011; Rigolon, 2016) e como referimos no capítulo 2 (secção 2.5), a formação inicial e a formação contínua podem fazer com que os professores usem analogias de forma mais adequada e eficaz, mas, como referem Terrazzan et al (2012), dispor de manuais de qualidade pode ajudar.

Em síntese, 14 dos 17 estudantes afirmaram que tencionavam usar outras analogias porque, segundo eles, elas ajudam na compreensão de conceitos complexos ensinados em química, o que é aceitável e é referido por especialistas da área (Ferraz & Terrazzan 2001; Bozelli & Nardi 2006), como afirmámos acima.

Apesar de, de um modo geral, as respostas obtidas serem compatíveis com o que é descrito na literatura, houve alguns estudantes que, de forma mais ou menos sistemática, não responderam às questões. Os que não responderam a mais questões foram o estudante E7 e a estudante E10, ou seja, dois estudantes que tinham idades mais avançadas (tinham 29 e 26 anos respetivamente). Os outros estudantes que não responderam a algumas questões são homens, com idades compreendidas entre os 25 e os 30 anos. Este facto pode significar que não estudaram o assunto em causa, que iam fazendo o curso lentamente e que, por isso, iam esquecendo assuntos previamente lecionados ou que tinham receio de se esporem, dizendo algo menos acertado, pelo que evitavam responder. Não parece possível estabelecer qualquer relação entre género e não resposta, porque os homens predominam e houve algumas não repostas dos dois géneros. Contudo, parece haver alguma tendência para o segundo grupo etário (25-30 anos) responder menos, seja por que ia fazendo o curso aos poucos e, eventualmente esquecendo o que aprendia, seja porque sentia menos à-vontade para responder e ou para correr o risco de não dar a resposta que pensavam ser desejável.

Sobre a existência de não respostas em estudos baseados em entrevistas, é possível argumentar que o investigador (entrevistador) deveria conseguir fazer com que todos os participantes no estudo respondessem, a todas as questões. Isso era, de facto, o desejável. Contudo, neste estudo, e tal como aconteceu no estudo relatado no subcapítulo anterior, isso não foi possível, pois a participação em investigação, em Moçambique, ainda é pouco usual e a exposição perante terceiros – no caso um professor do curso que frequentavam embora não docente de alguns deles - causa sempre algum

desconforto ou até mesmo receio. Na verdade, apesar de os estudantes saberem que, durante a entrevista, não estavam a ser avaliados, é normal que eles se questionassem se, de algum modo, o que dissessem não poderia acabar por, diretamente ou indiretamente, reverter contra eles.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES E SUGESTÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES

5.1. Introdução

O presente capítulo tem como finalidade apresentar as conclusões e as implicações da investigação realizada. Assim, depois desta introdução (5.1), que apresenta a estrutura do capítulo, serão formuladas as conclusões da investigação (5.2), organizadas de acordo com os objetivos de investigação apresentados no capítulo I desta tese. De seguida, atendendo às conclusões a que se chegou, serão apresentadas as implicações da investigação (5.3) realizada para a educação em ciências, em geral, e para a educação em química, em particular. Finalmente, serão apresentadas algumas sugestões para futuras investigações (5.4), relacionadas com aspetos que consideramos pertinente esclarecer, aprofundar ou começar a estudar.

5.2. Conclusões

O objetivo geral desta investigação é avaliar a formação de futuros professores de química, de universidades moçambicanas, para o uso didático de analogias sobre o átomo e a estrutura atômica. Para a concretização deste objetivo foram realizados três estudos, sendo que cada um destes visava responder a um ou mais objetivos específicos de investigação que foram apresentados no capítulo 1 e que orientaram a metodologia de investigação seguida em cada estudo.

5.2.1. Conclusões do estudo sobre utilização de analogias em aulas de química geral

Com o primeiro estudo (estudo 1) pretendia-se: averiguar as analogias sobre o átomo e a estrutura atômica que os professores de química geral utilizavam nas suas aulas; caracterizar as analogias, em geral, e sobre o átomo e a estrutura atômica, em particular, que os mesmos professores diziam utilizar nas aulas da disciplina de química geral, da licenciatura em ensino de química; e compreender o modo como os professores em causa concetualizavam e usavam as analogias. Para alcançar estes objetivos, foram observadas aulas de química geral em duas universidades (C e D). Essas aulas, centradas na abordagem do átomo e da estrutura atômica, foram lecionadas por dois professores da disciplina acima referida que, seguidamente, foram entrevistados.

Relativamente ao primeiro objetivo, centrado nas analogias usadas e observadas nas aulas de química geral, disciplina em que era lecionado o tema átomo e estrutura atômica, constatou-se que os

dois professores de química geral que participaram no estudo:

- não usaram analogias, com a mesma frequência, sendo que um dos professores usou o triplo das analogias usadas pelo outro;
- usaram analogias semelhantes para lecionar determinados conteúdos e analogias diferentes para lecionar outros conteúdos;
- as analogias que foram usadas por ambos os professores centram-se no modelo atômico de Thomson e no modelo atômico de Rutherford ou em assuntos relacionados com estes.

No que concerne ao segundo objetivo, centrado na caracterização das analogias, em geral, e das analogias sobre o átomo e a estrutura atômica, em particular, que os mesmos professores diziam utilizar nas aulas da disciplina de química geral, da licenciatura em ensino de química, constatou-se que:

- foram utilizadas algumas analogias inseridas nos ME de química em uso nas escolas moçambicanas e outras analogias criadas pelos professores;
- algumas das analogias usadas tinham bastantes potencialidades didáticas, mas outras eram inadequadas;
- algumas das analogias não eram adequadas por não fazerem parte da realidade dos alunos ou por apresentarem comparações não válidas;
- os principais erros detetados nas analogias observadas resultavam da atribuição de características do homem aos elétrons ou a outras partículas do atômicas (personificação).

No que respeita ao terceiro objetivo, focado na compreensão do modo como os professores em causa concetualizavam e usavam as analogias, verificou-se que os professores:

- evidenciaram conhecimento reduzido dos conceitos de analogia e de boa analogia para o ensino de química;
- evidenciaram conhecimento aceitável das potencialidades, limitações e riscos que as analogias apresentam para o ensino da química, mas um conhecimento reduzido desses mesmos aspetos no caso da investigação em química;
- usavam analogias de forma espontânea, ou seja não planificada;
- afirmaram ter dificuldades no uso de analogias para ensinar química;
- consideravam que algumas das analogias inseridas nos ME contêm erros;
- pensavam passar a planificar o uso de analogias para o ensino de química.

Em síntese, os professores de química geral que participaram neste estudo usaram analogias, de forma espontânea, na maior parte dos casos, criadas por eles próprios e, em alguns casos, inadequadas ao aluno ou mesmo com erros. Como foi referido anteriormente, o uso espontâneo de

analogias é, não só difícil, mas também potenciador de problemas (Hulshof & Verloop, 2002), pois não é fácil criar uma analogia que seja correta, adequada e útil (Orgill & Bodner, 2006).

Os participantes no estudo afirmaram ter dificuldades em usar analogias nas aulas de química e disseram que não confiavam nas analogias incluídas em ME. Também a literatura mostra que outros professores apresentaram dificuldades no uso de analogias (Maharaj-Sharma & Sharm, 2015) e que os ME incluem analogias com incorreções (Dikmenli, 2015; Akçay, 2016), pelo que o ceticismo dos participantes neste estudo face às analogias incluídas no ME é necessário e positivo.

Os professores acreditavam que as analogias podem ser úteis enquanto auxiliares da aprendizagem dos alunos, mas pensavam que precisavam escolher a analogia no momento que surge dificuldade e em função da mesma. De facto, as analogias podem ser educacionalmente úteis (Ferraz & Terrazan, 2003; Körhasan & Hıdır, 2019), mas, para isso, precisam de ser bem selecionadas e planificadas (Thiele & Treagust, 1994a), o que não é compatível com o uso espontâneo de analogias.

Contudo, os professores admitiram poder vir a mudar as suas práticas e passar a planificar o uso de analogias. Este comportamento, desejável (Junior, 2009; Akaygun et al, 2018), pode significar alguma tomada de consciência da complexidade do assunto e constituir um aspeto positivo, promotor de mudança de práticas. No entanto, como é defendido por Kim, Kim e Noh (2019), essa mudança de práticas, para surtir o efeito desejado nos estudantes, deve ser acompanhada por formação dos professores para o uso de analogias, neste caso, com vista ao ensino de química.

5.2.2. Conclusões do estudo sobre formação facultada a futuros professores para o uso didático de analogias

O segundo estudo destinava-se a averiguar o modo como os professores de didática da química diziam lidar com a temática de analogias nas suas aulas. Para alcançar este objetivo, foram entrevistados 11 professores de didática de química acerca do uso que faziam das analogias nas aulas de didática de química e do que ensinavam sobre como usar analogias para ensinar química. No que concerne ao uso que faziam das analogias nas aulas de didática de química, constatou-se que:

- os professores de didática de química afirmaram que usavam analogias de uma forma espontânea e não planificada;
- muitos professores, apesar de não ensinarem, nas aulas de didática, como as analogias podem e devem ser usadas, afirmaram que pediam aos seus estudantes que usassem analogias nas aulas e, no futuro, como professores;
- a maior parte dos participantes no estudo afirmou que usavam analogias, pelo menos algumas vezes, mas apenas metade deles foram capazes de apresentar exemplos de analogias relativas

a conteúdos de didática de química;

- uma minoria de professores afirmou fazer avaliação de analogias inseridas nos ME de química;
- os professores afirmaram que não faziam avaliação das analogias que usavam durante as aulas.

No que diz respeito à forma como os professores de didática de química conceitualizavam o conceito de analogia verificou-se que:

- tinham um baixo conhecimento do conceito de analogia e que confundiam este recurso didático com outros recursos, tais como exemplos e modelos;
- evidenciaram mais conhecimento sobre a relação entre analogias e modelos do que sobre a relação entre analogias e metáforas;
- reconheceram mais potencialidades, limitações e riscos ao uso de analogias em ensino de química do que em investigação em química.

Em síntese, os professores de didática de química afirmaram que usavam, mas não planificavam o uso de analogias nas aulas, o que, como foi referido acima (Ferraz & Terrazzan, 2002), pode ser arriscado, dado que não é fácil criar, instantaneamente, analogias corretas e adequadas e que, se isso não acontecer, pode ser prejudicial para os alunos. Além disso, não ensinavam os seus estudantes a usar analogias, limitando-se a recomendar-lhes que as usassem. Este resultado significa que os professores de didática não preparavam os estudantes para o uso de analogias, o que sugere que não abordavam um dos temas de investigação suficientemente relevante na área da educação em ciências para originar livros (ex.: Aubusson, Harrison & Ritchie, 2006), capítulos de *handbooks* da especialidade (ex.: Aubusson, Treagust & Harrison, 2009) e um elevado número de artigos publicados em revistas da especialidade.

Apesar de alguns participantes no estudo terem afirmado que tinham formação para o uso de analogias no ensino de química, o reduzido número de professores que apresentou analogias que tinham a ver com didática de química parece constituir uma evidência de falta de conhecimento sobre o assunto. Este resultado é compatível com a literatura (Orgill, Bussey & Bodner, 2015), que relata dificuldades semelhantes em professores de outros países.

O facto de apenas uma minoria de professores ter afirmado que fazia a avaliação de analogias inseridas nos ME pode evidenciar, não só uma atitude acrítica face a elas, mas também que, por omissão, podem induzir os seus estudantes a usar analogias com erros, constantes dos ME (Dikmenli, 2015; Akçay, 2016) ou que não tenham nada a ver com a realidade dos seus estudantes, o que, como defendem alguns autores (Monteiro & Justi, 2000) não é adequado.

Todos os participantes no estudo eram de opinião que, pelo facto de eles não terem usado analogias durante as aulas e não terem ensinado os seus estudantes a usar analogias, estes iriam sentir dificuldade em usar esse recurso nas escolas onde irão trabalhar. Na verdade, a literatura (Jarman, 1996) mostra que mesmo depois de participarem em formação específica para o efeito, os professores revelam dificuldades em usar analogias.

Contundo, todos os 11 professores afirmaram que, depois da entrevista, passariam a ter um comportamento diferente em relação às analogias, o que pode ser um sinal de mudança de consciência (Junior, 2009; Akaygun et al, 2018) sobre a importância e a complexidade do assunto. No entanto, essa pré-disposição, por si só, pode não ser suficiente para que efetuem uso adequado das analogias.

5.2.3. Conclusões do estudo sobre preparação de futuros professores para o uso didático de analogias

Com o terceiro estudo pretendia-se averiguar em que medida os estudantes finalistas da (LEQ) eram capazes de avaliar as potencialidades e as limitações de analogias, em geral, e das analogias sobre o átomo e a estrutura atómica, incluídas em ME de química do ESG, em particular. Para alcançar este objetivo foram entrevistados 17 estudantes, finalistas do referido curso, nas universidades C e D. No que diz respeito a compreensão do modo como os estudantes finalistas conceitualizavam as analogias, verificou-se que:

- a maior parte de estudantes tinha conhecimento muito reduzido do conceito de analogia;
- a maior parte dos estudantes acreditava que as analogias tinham potencialidades para o ensino de química;
- os estudantes apresentavam um domínio razoável dos riscos que podem estar associados ao uso de analogias.

No que concerne à avaliação das potencialidades e limitações de duas analogias inseridas em ME de química do ESG moçambicano, constatou-se que os estudantes:

- fizeram uma análise muito pobre das analogias, não sendo capazes de identificar as limitações e os riscos que as mesmas comportam;
- apesar disso, apresentaram uma sugestão de melhoria da analogia 2, defendendo a necessidade de inclusão de imagens do sistema solar e do átomo nessa analogia;
- durante a entrevista, apresentaram apenas analogias (para ensinar sobre o átomo e a estrutura atómica) semelhantes às que foram apresentadas pelos professores de química geral (estudo 1) e que são, também, apresentadas em ME moçambicanos (ex.: Barros, 2014; Monjane & Cuco, 2013).

Em síntese, o facto de os estudantes apresentarem conhecimento reduzido do conceito de analogia e de terem feito uma análise pobre das duas analogias apresentadas pelos ME de química pode sugerir que estes assuntos não foram suficientemente tratados nas aulas de didática. Este resultado é concordante com o obtido no estudo 2, onde se constatou que os professores de didática das universidades A, B, C e D afirmaram que não trabalharam este assunto explicitamente.

O facto de os estudantes terem tido dificuldade em indicar os pontos fortes e os pontos fracos das duas analogias consideradas na entrevista (retiradas de ME), apesar de ser expectável com vista na literatura (James & Scharmann, 2007), sugere que eles não estão preparados para usar o recurso didático em causa nesta tese e coloca uma responsabilidade acrescida nos autores de ME. Na verdade, a falta de conhecimento e de capacidade de análise crítica de analogias pode levá-los a, no futuro, como professores, usar acriticamente analogias, incluindo as analogias erradas ou inadequadas, incluídas nos ME. Recorde-se que há estudos (Ferry, 2016; Ferry & Paula, 2017) que mostram que os professores apresentam pouca capacidade de mapear uma analogia para averiguar da sua consistência interna.

O facto de os estudantes apresentarem analogias semelhantes às apresentadas por livros, ME e professores de química sugere que, tal como em outros países (Monteiro & Justi, 2000), há algumas analogias que, independentemente de serem mais ou menos válidas, estão bem enraizadas no âmbito da educação em ciências (incluindo em professores e manuais) e acabam por ser, explicitamente ou por omissão, veiculadas aos estudantes.

No entanto, o facto de os estudantes terem afirmado que tencionavam usar outras analogias para ensinar a química pode ser sinal de que estes reconhecerem as suas potencialidades educativas, o que, como mostram alguns estudos (Derman, Koçak & Eilks, 2019), também acontece em outros países. Contudo, essa intenção pode estar condenada ao fracasso se os estudantes não forem preparados, durante a formação inicial, para o uso de analogias e se os ME continuarem a apresentar analogias pouco pensadas.

5.2.4. Conclusão geral da investigação

O objetivo geral da investigação aqui relatada é o de avaliar a formação de futuros professores de química, de universidades moçambicanas, para o uso didático de analogias sobre o átomo e a estrutura atómica. Para alcançar este objetivo foram realizados três estudos, cujas conclusões, apresentadas nas secções anteriores, mostram que:

- os professores de química geral usam analogias espontaneamente, sem explicitação, com problemas de consistência interna e, por vezes, científicos;

- os professores de didática de química não abordam sistematicamente a problemática do uso de analogias para ensinar química;
- os estudantes finalistas não conseguem analisar analogias retiradas de ME, identificando os problemas existentes na analogia.

Conclui-se, por conseguinte, que a formação dos futuros professores de química, moçambicanos, para o uso didático de analogias, em geral, e de analogias sobre o átomo e a estrutura atômica, em particular, não está a ser suficiente para que sejam capazes de usar as analogias como um recurso didático que faça a diferença. Uma das razões que pode estar associada a este resultado é a falta de formação dos professores universitários no que concerne ao ensino com base em analogias. A outra razão pode dever-se à omissão de temas relativos a analogias nos programas de formação inicial de professores, nas universidades em causa. Uma consequência disso é que os futuros professores de química poderão, no futuro, evitar ensinar com base em analogias, desperdiçando assim um possível recurso didático. Outra consequência, potencialmente mais grave para os seus alunos, tem a ver com o facto de decidirem analogias, em geral, e sobre o átomo e a estrutura atômica, em particular (nomeadamente as inseridas nos ME de química que são utilizados nas escolas moçambicanas), sem fazerem previamente uma avaliação crítica das mesmas, por falta de formação para tal.

5.3. Implicações educacionais da investigação

Os resultados desta investigação têm implicações a diversos níveis, sendo de destacar a formação de formadores de professores, a formação inicial de professores e os recursos didáticos, nomeadamente o ME. Considerando os resultados obtidos, parece necessário formar os formadores de professores, para que estes formem os seus estudantes, futuros professores, e ambos passem a ser mais conhecedores da problemática do uso das analogias, mais competentes no seu uso e mais críticos face às analogias que produzem ou que encontram nos ME.

Assim, no que concerne à formação de formadores de professores, há que considerar, pelo menos, dois grupos de docentes, com esferas de atuação diferentes, mas todos eles influenciadores dos futuros professores: os professores de disciplinas da área de docência, que no caso desta investigação é a química, e os professores de didática específica, que no caso presente, é a didática de química. Tendo-se constatado que, no estudo 1 e no estudo 2, respetivamente, os professores de química e de didática de química tinham um conhecimento limitado do conceito de analogia, bem como das potencialidades educativas das analogias, parece importante organizar uma ação de formação que vise dotar estas dois grupos de professores de conhecimento e competências básicas necessários para usar,

com sucesso, analogias nas suas aulas.

Uma vez que tanto os professores de química como os professores de didática de química assumiram que não planeavam o uso de analogias nas aulas, mas antes as usavam espontaneamente, e sabendo que, como mostram alguns autores (Thiele & Treagust, 1994a; Orgill, Bussey & Bodner, 2015), o uso espontâneo de analogias pode ter consequências indesejáveis, parece necessário que a formação referida no parágrafo anterior contemple metodologias de análise e de utilização de analogias nas aulas, de modo a que os professores passem a usar mais intencionalmente este recurso didático e, assim, consigam tirar mais partido dele, para ensinar química ou para ensinar didática de química.

Acresce que os professores de química e de didática de química afirmaram usar analogias por eles produzidas e que, no primeiro caso se constatou que as analogias usadas apresentavam problemas técnicos e científicos e que, no segundo caso, os professores desconheciam analogias sobre o tema científico em que incide esta tese (que é um tema comum de química), parece, ainda, necessário que a formação anteriormente referida inclua a produção de analogias por esses professores, na qualidade de formandos, bem como o respetivo mapeamento e análise. Só assim, os professores começarão a tomar consciência que as analogias produzidas no momento podem não ser boas e que, em vez de ajudarem, podem confundir ainda mais os estudantes.

No que respeita à formação inicial de professores, e tendo presente que os professores de didática de química afirmaram que não ensinavam os seus estudantes sobre como devem usar as analogias para ensinar química, que tendem a resistir à mudança das suas práticas (Jarman, 1996), e sabendo que as analogias são uma faca de dois gumes (Glynn, 1989; Aubusson, Harrison & Ritchie, 2006), a temática das analogias deve ser incluída nos programas de didática específica, para que os respetivos professores passem a lecioná-la. No entanto, a formação facultada nas disciplinas de didática deve ter continuidade em contextos de simulação de aulas, na universidade, e de lecionação, em escolas secundárias, durante o estágio, pois o uso de analogias em contextos de prática supervisionada pode ajudar os futuros professores a adquirir segurança para usarem este recurso didático, no futuro, enquanto professores do ESG, nas escolas moçambicanas.

Ainda no que diz respeito à formação de futuros professores é preciso considerar que, durante o estágio, eles serão acompanhados por um professor em exercício, que, considerando os resultados obtidos neste estudo, nomeadamente com estudantes finalistas, provavelmente não teve formação em analogias quando fez a sua formação inicial. Por esta razão, é de esperar que os potenciais orientadores de estágio, nas escolas moçambicanas, não estejam preparados para ajudar os seus estagiários a usar adequadamente analogias nem para fazerem uma análise crítica das analogias inseridas nos ME de

química, adotados nas escolas moçambicanas. Neste contexto, parece necessário organizar e implementar uma formação para professores em exercício, que podem, ou não, ser orientadores de estágio no momento, centrada na temática das analogias enquanto recurso didático. Esta formação pode envolver professores não só de química, mas também de outras disciplinas de ciências que, em Moçambique são lecionadas separadamente, por professores diferentes. A sua organização em grupos multidisciplinares pode fornecer um excelente ambiente para a parte prática da formação, nomeadamente se esta incluir atividades de produção e análise de analogias. No entanto, convirá ter presente que, segundo alguns autores (Jarmen, 1996), as atividades de formação de professores em exercício para o uso de analogias podem apresentar resultados satisfatórios apenas se, após a formação, continuar a ser dado acompanhamento aos professores que nela participaram.

No que concerne aos materiais didáticos, designadamente ao ME, parece desejável que melhorem a qualidade científica e técnica das analogias que incluem. Para tal, é necessário que os seus autores estejam familiarizados com esta problemática, o que pode exigir, também, formação semelhante à que deve ser facultada aos professores de química (para que conheçam as analogias associadas a diversos temas) e aos professores de didática de química (para que tomem consciência dos perigos e das exigências das analogias para que sejam úteis para os alunos a que se destinam). Contudo, eles poderão ter dificuldade em introduzir mais analogias nos seus ME se os programas não as reconhecerem como um recurso didático valioso. Além disso, essa modificação dos ME só valerá a pena se os professores que os vão usar estiverem sensibilizados para a importância didática das analogias.

Independentemente da qualidade dos programas e dos recursos didáticos, só com uma boa preparação dos formadores de professores é possível ter sucesso na formação inicial de professores (James & Scharmann, 2007). Assim, e apesar da importância, em termos absolutos, de todas as implicações referidas acima, em termos relativos as implicações para a formação de formadores de professores sobrepõem-se às restantes, pois têm a ver com uma condição necessária para se alcançar resultados desejáveis na formação de futuros professores de ciências e de professores em exercício de funções, nas escolas secundárias. Estes precisam de competências científicas e pedagógicas elevada porque, como conclui Adegbola (2019), as competências pedagógicas dos professores influenciam a atitude dos alunos face às ciências.

5.4. Sugestões para futuras investigações

Tendo em conta os resultados desta investigação e as limitações identificadas na mesma, apresentam-se algumas sugestões para futuras investigações, centradas em aspetos que consideramos

pertinente esclarecer, aprofundar ou começar a estudar.

Esta investigação tinha como finalidade de avaliar a formação de futuros professores de química, de universidades moçambicanas, para o uso didático de analogias sobre o átomo e a estrutura atômica, considerando para o efeito, estudantes da licenciatura em ensino de química e dois grupos de seus principais formadores, responsáveis por vertentes formativas diferentes: professores de química e professores de didática de química.

No que diz respeito à formação de formadores de professores, e atendendo ao número reduzido de participantes no estudo 1, seria pertinente realizar estudos, semelhantes a este, em Moçambique e em outros países, que envolvessem outros professores, pois os resultados obtidos com os dois professores que participaram no referido estudo são insuficientes para se ter uma ideia adequada do que acontece nas aulas de química geral, dos cursos de formação inicial de professores, no que respeita ao uso de analogias.

Tendo se constatado que os professores de química e os professores de didática de química não estão formados para ensinar com base em analogias, seria, ainda, importante organizar, implementar e avaliar os efeitos, no pós-formação, de um curso de formação que visasse prepará-los para o uso desse recurso nas aulas de química e de didática da química nos cursos de formação inicial de professores.

Um estudo semelhante a este poderia ser realizado com professores em exercício de funções, de modo a capacitá-los e a avaliar a formação que lhes for facultada, bem como o efeito desta a nível da sala de aula de ciências, incluindo de química, do ESG.

No que concerne aos futuros professores de química, seria importante averiguar, ao longo da sua formação, as características das analogias que são capazes de criar e o modo como estas evoluem, desde as disciplinas introdutórias até ao estágio, nomeadamente na sequência de formação que deveria ser incluída nas disciplinas de didática dos seus cursos. Ao contrário do estudo 1, em que o alvo foram os professores, neste caso, a ênfase estaria nos estudantes, futuros professores.

Na mesma ocasião, seria importante averiguar o efeito que as analogias usadas pelos professores nas aulas de química e de didática de química têm na aprendizagem dos estudantes, a fim de concluir sobre o valor educativo daquele recurso didático, nomeadamente em estudantes com diferentes níveis linguísticos.

Seria também importante que fossem realizados estudos que visassem a comparação das analogias produzidas pelos professores e pelos estudantes nas aulas de química, em particular, e de ciências, a fim de averiguar até que ponto as analogias usadas pelos professores têm a capacidade de ficar mais ou menos retidas e utilizáveis na memória do aluno.

Dado que as ciências envolvem conceitos abstratos e de difícil compreensão, seria pertinente averiguar como tem sido tratada a temática de analogias nas outras disciplinas de ciências (ex.: Biologia e Física) e, também, como os professores das didáticas específicas dessas disciplinas lidam com a temática em causa.

Esta tese teve a finalidade de avaliar a formação de futuros professores de química, de universidades moçambicanas, para o uso didático de analogias sobre o átomo e a estrutura atômica. Apesar das limitações do estudo, apresentadas no capítulo 1 desta tese, a investigação realizada permitiu começar a compreender o problema e fornece informação útil para melhorar a formação inicial de professores, mas não esgotou as potencialidades investigativas da área relativamente ao uso de analogias, em geral, sobre o átomo e a estrutura atômica. Assim, e tal como acontece na maior parte dos trabalhos de investigação, esta tese não relata um trabalho conclusivo, mas antes um trabalho que, em nossa opinião, dá um pequeno contributo relativamente ao uso de analogias na formação inicial de professores de química, realizado num país em que há, ainda, pouca investigação em educação em ciências e em que o ensino desta disciplina precisa de ser desenvolvido, de modo a tornar-se mais motivador e útil para os estudantes. Por essa razão, e pelas competências que, ao longo do processo, desenvolvemos, sentimos que valeu a pena realizar a investigação aqui relatada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adegbola, F. (2019). Teachers' pedagogical competence as determinants of students' attitude towards basic science in south west Nigeria. *Educational Research and Reviews*, 14(18), 655-660.
- Adesoji, F. et al (2017). A comparison of perceived and actual students' learning difficulties in physical Chemistry. *International Journal of Brain and Cognitive Sciences*, 6(1), 1-8.
- Adzape, J. & Akpoghol, T. (2015). Correcting students' chemical misconceptions based on two conceptual change strategies and their effect on their achievement. *IOSR Journal of Research & Method in Education*, 5(6), 58-65.
- Afonso, A. (1999). *Avaliação de uma abordagem construtivista de "O som e a audição": um estudo com alunos do 8º ano de escolaridade*. (Dissertação de mestrado, não publicada), Universidade do Minho, Braga.
- Aikenhead, G. (2003). Chemistry and physics instruction: integration, ideologies, and choices, chemical education. *Research and Practice*, 4(2), 115-130.
- Akaygun, S. et al (2018). Teaching chemistry with analogies around the world: views of teachers from four countries. In C. Cox & W. Schatzberg (Eds.), *ACS Symposium Series* (pp. 130-146). Washington, DC: American Chemical Society.
- Akçay, S. (2016). Analysis of analogy use in secondary education science textbooks in Turkey. *Educational Research and Reviews*, 11(19), 1841-1851.
- Allred, Z. & Bretz, S. (2019). University chemistry students' interpretations of multiple representations of the helium atom. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(2), 358-368.
- Amaral, I. et al (1999). Algumas tendências de concepções fundamentais presentes em coleções didáticas de Ciências de 5ª a 8ª séries. In M. Moreira & F. Ostermann (Orgs.), *Atas do II Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências* (pp. 1-11). Valinhos: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.
- Arão, J. (2010). *Uso de analogias no ensino de química na Província de Manica*. (Dissertação de mestrado, não publicada), Universidade Pedagógica, Maputo.
- Aubusson, P., Harrison, A. & Ritchie, S. (2006). Metaphor and analogy: serious thought in science education. In P. Aubusson, A. Harrison & S. Ritchie (Eds.), *Metaphor and analogy in science education* (pp. 1-10). Dordrecht: Springer.
- Aubusson, P., Treagust, D. & Harrison, A. (2009). Learning and teaching science with analogies and metaphors. In S. Ritchie (Ed.), *World of science education: handbook of research in Australasia*. (pp. 199-216). Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Augusta, T. & Amaral, I. (2015). A formação de professoras para o ensino de ciências nas séries iniciais: análise dos efeitos de uma proposta inovadora. *Ciências da Educação*, 21(2), 493-509.
- Avargil, S. et al (2015). Students' understanding of analogy after a Chemical Observations, Representations, Experimentation (CORE) learning cycle, general chemistry experiment. *Journal of Chemical Education*, 92, 1626-1638.
- Ayotte-Beaudet, J., Potvin, P. & Riopel, M. (2019). Factors related to middle-school students' situational interest in science in outdoor lessons in their schools' immediate surroundings. *International Journal of Environmental & Science Education*, 14(1), 13-32.
- Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do*

conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto.

Banda, A., Mumba, F. & Chabalengula, V. (2014). Zambian pre-service chemistry teachers' views on chemistry education goals and challenges for achieving them in schools. *Science Educator*, 23(1), 56-64.

Bardin, L. (2007). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70

Bénitez, M. (2000). Los manuales escolares: un nuevo campo de conocimiento. *História de la Educación - Revista Interuniversitaria*, 19, 5-11.

Bernardino, M., Rodrigues, M. & Bellini, L. (2013). Análise crítica das analogias do livro didático público de química do estado do Paraná. *Ciência & Educação* (Bauru), 19(1), 135-150.

Bianchini, J. (2017). Equity in science education. In K. Taber & B. Akpan (Eds.), *Science education: an international course companion* (pp. 455-464). Roterdão: Sense Publishers.

Bøe, M. et al (2011). Participation in science and technology: young people's achievement-related choices in late modern societies. *Studies in Science Education*, 47(1), 37-72.

Bogdan, R. & Biklen, S. (2013). *Investigação em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.

Bozelli, F. & Nardi, R. (2006). O uso de analogias no ensino de física em nível universitário: interpretações sobre os discursos do professor e dos alunos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 6(3), 77-100.

Bozelli, F. & Nardi, R. (2007). Analogias no ensino de física: alguns exemplos em mecânica. In R. Nardi & O. Borges (Eds.), *Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* (pp. 1-11). Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.

Bozelli, F. & Nardi, R. (2012). Interações discursivas e o uso de analogias no ensino de física. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(1), 81-107.

Bradley, J. (2016). The symbolic language of substances and molecules: noise or harmony? *African Journal of Chemical Education*, 6(2), 54-68.

Brigas, M. (1997). *Os manuais escolares de química no ensino básico: opiniões dos professores sobre a sua utilização*. (Dissertação de mestrado, não publicada), Universidade de Aveiro, Aveiro.

Brigas, M. & Martins, I. (1997). Manuais escolares de química: um recurso sub e sobrevalorizado pelos professores. *Investigar e Formar em Educação*, 2(1), 69-83.

Brotman, J. & Moore, F. (2008). Girls and science: a review of four themes in the science education literature. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(9), 971-1001.

Brown, D. & Clement, J. (1989). Overcoming misconceptions via analogical reasoning: abstract transfer versus explanatory model construction. *Instructional Science*, 18(4), 237-261.

Brown, S. & Salter, S. (2015). Analogies in science and science teaching. *Advances in Psychological Education*, 34(1), 167-169.

Bucat, B. & Fensham, P. (1995). *Selected papers in chemical education research*. Delhi: International Union of Pure and Applied Chemistry.

Cachapuz, A. (1989). Linguagem metafórica e o ensino de ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, 2(3), 117-129.

Cardellini, L. (2012). Chemistry: why the subject is difficult? *Educación Química*, 25(2), 305-310.

- Carter, L. (2005). Globalization and science education: rethinking science education reforms. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 561-580.
- Ch, I. et al (2018). Learning material of chemistry in high school using multiple representations. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 228(1), 1-6.
- Chandrasegaran, A., Treagust, D. & Mocerino, M. (2008). An evaluation of a teaching intervention to promote students' ability to use multiple levels of representation when describing and explaining chemical reactions. *Research in Science Education*, 38(2), 237-248.
- Chassot, A. (2000). Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, 21(1), 157-158.
- Chassot, A. (2003). Scientific literacy: a possibility for social inclusion. *Revista Brasileira de Educação*, 22(1), 89-100.
- Cheung, D. (2017). The key factors affecting students' individual interest in school science lessons. *International Journal of Science Education*, 40(1), 1-23.
- Chiappetta, E., Fillman, D. & Sethna, G. (1991). A method to quantify major themes of scientific literacy in science textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(8), 713-725.
- Choppin, A. (2001). Pasado y presente de los manuales escolares. *Revista Educación y Pedagogía*, XIII(30), 209-229.
- Choppin, A. (2009). O manual escolar: uma falsa evidência histórica. *Revista História da Educação*, 13(27), 9-75.
- Coll, R. (2006). The role of models, mental models and analogies in chemistry teaching. In P. Aubusson, A. Harrison & S. Ritchie (Eds.), *Metaphor and analogy in science education* (pp. 65-77). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Coll, R., France, B. & Taylor, I. (2005). The role of models and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education*, 27(2), 183-198.
- Cosgrove, M. (1995). A study in science-in-the-making as students generate an analogy for electricity. *International Journal of Science Education*, 17(3), 295-310.
- Crawford, K. (2003). The role and purpose of textbooks. *International Journal of Historical Learning, Teaching and Research*, 3(2), 5-11.
- Curtis, R. & Reigeluth, C. (1984). The use of analogies in written text. *Instructional Science*, 13(2), 99-117.
- Dagher, Z. (1995). Analysis of analogies used by science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 259-270.
- DeBoer, G. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-681.
- Derman, A., Koçak, N. & Eilks, I. (2019). Insights into components of prospective science teachers' mental models and their preferred visual representations of atoms. *Education Sciences*, 9(1), 1-19.
- Dias, H. (2002). *As desigualdades sociolinguísticas e o fracasso escolar: em direção a uma prática linguístico-escolar libertadora* Maputo: Editora Promédia.
- Dikmenli, M. (2015). A study on analogies used in new ninth grade biology textbook. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 16(1), 1-20.

- Dilber, R. & Duzgun, B. (2008). Effectiveness of analogy on students' success and elimination of misconceptions. *Latin-American Journal of Physics Education*, 2(3), 174-183.
- Duarte, C. (2004). A história da ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de ciências. *Ciência & Educação*, 11(3), 197-212.
- Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, 75(6), 649-672.
- Duit, R. et al (2001). Fostering conceptual change by analogies—between Scylla and Charybdis. *Learning and Instruction*, 11(4-5), 283-303.
- Dupin, J. & Johsua, S. (1989). Analogies and "modelling analogies" in teaching: some examples in basic electricity. *Science Education*, 73(2), 207-224.
- Durant, R. (1993). What is scientific literacy? In J. Durant & J. Gregory (Eds.), *Science and culture in Europe* (pp. 129-137). Londres: Science Museum.
- Durant, R., Evans, A. & Thomas, P. (1992). The public understanding of science in Britain: the role of medicine in the popular representations of science. *Public Understanding of Science*, 1(2), 161-182.
- Ebenezer, J. (2001). A hypermedia environment to explore and negotiate students' conceptions: animation of the solution process of table salt. *Journal of Science Education and Technology*, 10(1), 73-92.
- Fabião, L. & Duarte, M. (2005). Dificuldades de produção e exploração de analogias: um estudo no tema equilíbrio químico com alunos/futuros professores de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 1-17.
- Farias, M. & Bandeira, K. (2009). O uso das analogias no ensino de ciências e de biologia. *Revista Eletrônica do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente*, 2(3), 60-71.
- Farias, M., Godinho, J. & Prochnow, T. (2011). O uso de analogias na prática docente dos estagiários em ciências. In V. de Oliveira & M. de Andrade (Orgs.), *Atas do Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do International Council of Associations for Science Education* (pp-18-21). Londrina: International Council of Associations for Science Education.
- Ferraz, D. & Terrazzan, E. (2001). O uso de analogias como recurso didático por professores de biologia no ensino médio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1(3), 124-135.
- Ferraz, D. & Terrazzan, E. (2002). Construção do conhecimento e ensino de ciências: papel do raciocínio analógico. *Revista Educação*, 27(1), 39-54.
- Ferraz, D. & Terrazzan, E. (2003). Uso espontâneo de analogias por professores de biologia e o uso sistematizado de analogias: que relação? *Revista Ciência & Educação*, 9(2), 213-227.
- Ferry, A. (2016). *Análise estrutural e multimodal de analogias em uma sala de aula de química*. (Tese de doutoramento, não publicada), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Ferry, A. & Nagem, R. (2008). O modelo atômico de Thomson em livros didáticos: um estudo sobre o análogo "Pudim de passas". In A. Ferry & R. Nagem (Orgs.), *Atas do 1º Seminário Nacional de Educação Profissional e Tecnológica* (1-8). Belo Horizonte: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.
- Ferry, A. & Paula, H. (2017). Mapeamento estrutural de analogias enunciadas em uma aula sobre cinética química. *Ciências Educação*, 23(1), 29-50.
- Fincham, F. & Bradbury, T. (1988). The impact of attributions in marriage: empirical and conceptual

- foundations. *British Journal of Clinical Psychology*, 27(1), 77-90.
- Francisco Junior, W. (2009). Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo Plano Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio 2007. *Ciências e Cognição*, 14(1), 121-143.
- Francisco Junior, W. & Oliveira, A. (2012). Analogias em livros de química geral destinados ao ensino superior. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), 14(3), 131-147.
- Freitas, L. (2011). *Uso de analogias no ensino de química: uma análise das concepções de licenciandos do curso de química da UFRPE*. (Dissertação do mestrado, não publicada), Universidade Federal Rural de Pernambuco - Recife.
- Freitas, L. & Lima, A. (2014). Potenciais e limites das analogias no ensino de equilíbrio químico na educação básica: uma discussão no processo formativo de futuros professores de química. *Experiências em Ensino de Ciências*, 9(2), 139-153.
- Friedel, A., Gabel, D. & Samuel, J. (1990). Using analogs for chemistry solving: does it increase understanding? *School Science and Mathematics*, 90(1), 674-682.
- Gabel, D. (1992). Modelling with magnets a unified approach to chemistry problem solving. *The Science Teacher*, 59(3), 58-63.
- Gabel, D. & Samuel, K. (1986). High school students' ability to solve molarity problems and their analogies counterparts. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(2), 165-176.
- Gago, M. (1990). *Manifesto para a ciência em Portugal*. Lisboa: Gradiva.
- Gall, M., Gall, J. & Borg, W. (2007). *Educational research: an introduction* (8th Edition). Boston: Pearson International Edition.
- Garcia, N., Heidemann, D. & Barbosa, R. (2016). Do impresso ao digital: perspectivas da concepção e produção do livro didático digital brasileiro de física. *Revista de Currículo y Formación de Profesorado*, 20(1), 113-132.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: a theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7(2), 155-170.
- Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In S. Vasniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning* (pp.199-241). Londres: Cambridge University Press.
- Gentner, D. & Gentner, D. (1983). Flowing waters or teeming crowds: mental models of electricity. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 61-93). Hillsdale, Nova Jersey: Erlbaum
- Gentner, D. & Holyoak, K. (1997). Reasoning and learning by analogy. *American Psychologist*, 52(1), 32-34.
- Gentner, D et al (1997). Analogical reasoning and conceptual change: a case study of Johannes Kepler. *The Journal of the Learning Sciences*, 6(1), 3-40.
- Gentner, D. et al (2001). Metaphor is like analogy. In D. Gentner, K. Holyoak & B. Kokinov (Eds.), *The analogical mind: perspectives from cognitive science* (pp. 199-253). Cambridge: MIT Press.
- Gerard, F. & Roegiers, X. (2009). *Des manuels scolaires pour apprendre : concevoir, évaluer, utiliser*. Paris: De Boeck supérieur.
- Gilbert, J. & Treagust, D. (2009). Introduction: macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: key models in chemical education. In J. Gilbert & D. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education* (pp. 1-8). Dordrecht: Springer.

- Gilbert, J., Boulter, C. & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J. Gilbert & C. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 3-8). Dordrecht: Kluwer.
- Gilbert, S. (1989). An evaluation of the use of analogy, simile, and metaphor in science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 315-327.
- Glynn, S. (1989). The teaching with analogies model. In K. Muth (Ed.), *Children's comprehension of text: research into practice* (pp. 185-204). Newark, DE: International Reading Association.
- Glynn, S. (1991). Explaining science concepts: a teaching-with-analogies model. In S. Glynn, R. Yeany & B. Britton (Eds.), *The psychology of learning science* (pp. 219-240). Nova Jersey: Lawrence Erlbaum Associate.
- Glynn, S. (2007). The teaching-with-analogies model. *Science and Children*, 44(8), 52-55.
- Glynn, S. & Takahashi, T. (1998). Learning from analogy-enhanced science text. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(10), 1129-1149.
- Glynn, S., Duit, R. & Thiele, R. (1995). Teaching science with analogies: a strategy for constructing knowledge. In S. Glynn & R. Duit (Eds.), *Learning science in the schools: research reforming practice*. (pp. 247-273). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Glynn, S. (1991). Explaining science concepts: a teaching-with-analogical model. In S. Glynn, R. Yeany & B. Britton (Ed.), *The psychology of learning science* (pp. 219-240). Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum.
- Godoy, L. (2002). Sobre la estructura de las analogías en ciencias. *Interciencia*, 27(8), 422-429.
- Gómez, G., Flores, J. & Jiménez, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Ediciones Aljibe: Maracena.
- Gonçalves, J. & Julião, M. (2016). Analogias em livros didáticos destinados ao ensino superior: química orgânica Versus físico-química. *Investigações em Ensino de Ciências*, 21(3), 92-108.
- González, G. & Martín, B. (2005). La analogía y su presentación en los libros de texto de ciencias de educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, VII Congreso, 23(3), 1-7.
- Goswami, U. (1992). *Analogical reasoning in children*. Hove: Lawrence Erlbaum.
- Grosslight, L. et al (1991). Understanding models and their use in science: conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822.
- Gunstone, R., Mulhall, P. & McKittrick, B. (2009). Physics teachers' perceptions of the difficulty of teaching electricity. *Research in Science Education*, 39(4), 515-538.
- Hackling, M. & Garnet, P. (1985). Misconceptions of chemical equilibrium. *European Journal of Science Education*, 7(2), 206-214.
- Haglund, J. (2013). Collaborative and self-generated analogies in science education. *Studies in Science Education*, 49(1), 35-68.
- Haglund, J. & Jeppsson, F. (2012). Using self-generated analogies in teaching of thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 898-921.
- Hammrich, P. (1998). What the science standards say: implications for teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 9(3), 165-86.
- Harrison, A. (2001). How do teachers and textbook writers' model scientific ideas for students? *Research in Science Education*, 31(3), 401-435.

- Harrison, A. & Jong, O. (2005). Exploring the use of multiple analogical models when teaching and learning chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(10), 1135-1159.
- Harrison, A. & Treagust, D. (1993). Teaching with analogies: a case study in grade 10 optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1291-1307.
- Harrison, A. & Treagust, D. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: implications for teaching chemistry. *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Harrison, A. & Treagust, D. (2000). Learning about atoms, molecules, and chemical bonds: a case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352-381.
- Hasni, A. & Potvin, P. (2015). Student's interest in science and technology and its relationships with teaching methods, family context and self-efficacy. *International Journal of Environmental & Science Education*, 10(3), 337-366.
- Heidemann, D. & Garcia, T. (2016). Materiais digitais de livre acesso: analisando o seu papel nos livros didáticos de física. In M. Mendoza, T. Garcia & J. Rodriguez (Eds.), *Balance y análisis de la investigación sobre el libro de texto escolar y los medios digitales* (pp. 287-229). Pereira: International Association for Research on Textbooks and Educational Media.
- Hodson, D. (1998). *Teaching and learning about science language, theories, methods, history, traditions and values*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Hodson, D. (2010). Science education as a call to action. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 10(3), 197-206.
- Holyoak, K. (1985). The pragmatics of analogical transfer. In G. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (pp. 59-87). Orlando FL: Academic Press.
- Hui, D., Salleh, M. & Bte, S. (2015). A scaffolding strategy for helping lower secondary science students construct scientific explanations for experimental based questions in science. *Action Learning and Action Research Journal*, 21(2), 36-91.
- Hulshof, H. & Verloop, N. (2002). The use of analogies in language teaching: representing the content of teachers' practical knowledge. *Journal of Curriculum Studies*, 34(1), 77-90.
- Iding, M. (1997). How analogies foster learning from science texts. *Instructional Science*, 25(4), 233-253.
- James, M. & Scharmann, L. (2007). Using analogies to improve the teaching performance of preservice teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 565-585.
- Jarman R. (1996). Student teachers' use of analogies in science instruction. *International Journal of Science Education*, 18(7), 869-880.
- Jenkins, S. (1990). The distribution of wealth: measurement and models. *Journal of Economic Surveys*, 4(4), 329-360.
- Johnstone, A. (1982). Macro-and micro-chemistry. *School Science Review*, 64(227), 377-379.
- Johnstone, A. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83.
- Johnstone, A. (1997). Chemistry teaching-science or Alchemy? *Journal of Chemical Education*, 74(3), 262-268.
- Johnstone, A. (2000). Teaching of chemistry: logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, 1(1), 5-15.

- Johnstone, A., Sleet, R. & Vianna, J. (1994). An information processing model of learning: its application to an undergraduate laboratory course in chemistry. *Studies in Higher Education*, 19(1), 77-87.
- Jonāna, L. (2015). Using analogies in teaching physics: a study on Latvian teachers' views and experience. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 17(2), 53-73.
- Junges, S. (2011). Análise do uso de analogias em livros de física para o ensino médio. *Revista da Graduação*, 4(1), 1-106.
- Kim, M., Kim, S. & Noh, T. (2019). An analysis of pre-service science teachers' PCK for lessons using analogies. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 39(3), 441-456.
- Kiray, S. (2019). The pre-service science teachers' mental models for concept of atoms and learning difficulties. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(2), 147-162.
- Kolstø, S. (2000). Consensus projects: teaching science for citizenship. *International Journal of Science Education*, 22(6), 645-664.
- Körhasan, N. & Hidir, M. (2019). How should textbook analogies be used in teaching physics? *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 1-8.
- Kyle, W, Jr. (1995). scientific literacy: how many lost generations can we afford? *Journal of Research in Science Teaching*, 32(10), 895-896.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago, ILL: University of Chicago Press.
- Lancor, R. (2014). Using student-generated analogies to investigate conceptions of energy: a multidisciplinary study. *International Journal of Science Education*, 36(1), 1-23.
- Leite, R. (2006). *Percepções de professores e alunos sobre o conceito de analogia e da sua utilização no ensino-aprendizagem da física e da química: um estudo, no 10º ano de escolaridade*. (Dissertação de mestrado, não publicada), Universidade do Minho, Braga.
- Lemke, J. (1990). *Talking science: language, learning, and values*. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corp.
- Liu, Y. & Taber, K. (2016). Analysing symbolic expressions in secondary school chemistry: their functions and implications. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 439-451.
- Lopes, A. (1992). Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química. *Química Nova*, (São Paulo), 15(3), 181-273.
- Ludke, M. & André, E. (2008). *Pesquisa em educação: abordagem qualitativa*. São Paulo: Editora Pedagógica.
- Lumpe, A. (1995). Peer interaction in science concept development and problem solving. *School Science and Mathematics*, 95(6), 302-309.
- Lyons, T. & Quinn, F. (2010). *Choosing science: understanding the declines in senior high school science enrolments*. Armidale: University of New England.
- Maharaj-Sharma, R. & Sharma, A. (2015). Observations from secondary school classrooms in Trinidad and Tobago: science teachers' use of analogies. *Science Education International*, 25(4), 557-572.
- Maharaj-Sharma, R. & Sharma, A. (2017). Analogies in physics teaching: experiences of Trinidadian physics teachers. *Electronic Journal of Science Education*, 21(4), 65-81.
- Marôco, J. (Coord.). (2015). PISA 2015. *Portugal. Literacia científica, literacia de leitura e literacia matemática, (Vol. I)*. Lisboa. IAVE.
- Marques, D. (2014). *A radiação solar e a utilização de protetores solares: uma investigação centrada em*

- professores, alunos e manuais escolares de física e química.* (Dissertação de mestrado, não publicada), Universidade do Minho, Braga.
- Martins, I., Gouvêa, G. & Vilanova, R. (Eds.), (2012). *O livro didático de ciências: contextos de exigência, critérios de seleção, práticas de leitura e uso em sala de aula.* Rio de Janeiro: Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro.
- Mason, L. & Sorzio, P. (1996). Analogical reasoning in restructuring scientific knowledge. *European Journal of Psychology of Education, 11*(1), 3-23.
- Matthews, M. (1992). History, philosophy, and science teaching: the present rapprochement. *Science & Education, 1*(1), 11-47.
- McMillan, J. & Schumacher, S. (2014). *Research in education evidence-based inquiry* (7^o Ed.). Edinburgh Gate: Pearson Education Limited.
- Mendonça, P., Justi, R. & Oliveira, M. (2006). Analogias sobre ligações químicas elaboradas por alunos do ensino médio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 6*(1), 35-54.
- Millar, J. (2003). Gender, poverty and social exclusion. *Social Policy and Society, 2*(3), 181-188.
- Miller, P., Blessing, J. & Schwartz, S. (2006). Gender differences in high-school students' views about science. *International Journal of Science Education, 28*(4), 363-381.
- Mól, G. (1999). *O uso de analogias no ensino de Química*, (Tese de doutoramento, não publicada), Universidade de Brasília, Brasília.
- Montagnes, I. (2001). *Thematic studies: textbooks and learning materials 1990-99.* Paris: UNESCO.
- Monteiro, L. & Justi, R. (2000). Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências, 5*(2), 67-91.
- Morgado, S. (2013). *Aprendizagem baseada na resolução de problemas: um estudo centrado na formação contínua de professores de ciências e de geografia.* (Dissertação de mestrado, não publicada), Universidade do Minho, Braga.
- Mozzer, N. & Justi, R. (2013). A elaboração de analogias como um processo que favorece a expressão de concepções de professores de química. *Educación Química, 24*(1), 163-173.
- Mozzer, N. & Justi, R. (2015). Nem tudo que reluz é ouro: uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciência, 15*(1), 123-147.
- Muhlisin, A. et al (2016). Improving critical thinking skills of college students through RMS model for learning basic concepts in science. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 17*(1), 1-25.
- Nagem, R., Carvalhaes, D. & Dias, J. (2001). Uma proposta de metodologia de ensino com analogias. *Revista Portuguesa de Educação, 2*(14), 1-6.
- Nagem, R., Carvalhaes, D. & Dias, J. (2001). Uma proposta de metodologia de ensino com analogias. *Revista Portuguesa de Educação, 14*(1), 197-213.
- Nagem, R. et al (2003). Analogias e metáforas no cotidiano do professor. *Atas da Reunião Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação* (pp.1-13). Poços de Caldas: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação.
- Newton, L. (2003). The occurrence of analogies in elementary school science books. *Instructional Science, 31*(6), 353-375.

- Niaz, M. (1998). A Lakatosian conceptual change teaching strategy. *Science & Education*, 7(2), 107-127.
- Norris, S. & Phillips, L. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224-240.
- Ogborn, J. & Martins, I. (1996). Metaphorical understandings and scientific ideas. *International Journal of Science Education*, 18(6), 631-652.
- Oliva, J., Azcarate, J. & Navarrete, A. (2007). Teaching models in the use of analogies as a resource in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 29(1), 45-66.
- Oliva, J. et al (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de las analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 453-470.
- Oliva, M. et al (2001). Cambiando las concepciones y creencias del profesorado de ciencias em torno al uso de analogías. *Revista Iberoamericana de Educación*, 4(1), 1-10.
- Oliveira, D. (2013). *As analogias no tópico dinâmica interna da terra: um estudo com manuais escolares do ensino básico e secundário*. (Dissertação de mestrado, não publicada), Universidade do Minho, Braga.
- Orgill M. & Bodner G. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education Research Practice*, 5(1), 15-32.
- Orgill, M. & Bodner, G. (2006). An analysis of the effectiveness of analogy use in college-level biochemistry textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(10), 1040-1060.
- Orgill, M. & Bodner, G. (2007). Locks and keys: an analysis of biochemistry students' use of analogies, *Biochemistry Molecular Biology Education*, 35(4), 244-254.
- Orgill, M., Bussey, T. & Bodner, G. (2015). Biochemistry instructors' perceptions of analogies and their classroom use. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4), 731-746.
- Papageorgiou, G., Markos, A. & Zarkadis, N. (2016). Understanding the atom and relevant misconceptions: students' profiles in relation to three cognitive variables. *Science Education International*, 27(4), 464-488.
- Paris, N. & Glynn, S. (2003). Elaborate analogies in science text: tools for enhancing preservice teachers' knowledge and attitudes. *Contemporary Educational Psychology*, 29(3), 230-247.
- Patton, M. (2002). *Qualitative evaluation and research methods*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Pérez, D. & Lozano, D. (2016). Categorías para el análisis de la evolución de libros de texto de química en Colombia. In D. Gil-Pérez & D. Lozano, D. (Orgs.), *Ata da Conferencia Regional para América Latina* (pp. 44-55). Curitiba: International Association for Research on Textbooks and Educational Media.
- Piaget, J. (1962). The relation of effectivity to intelligence in the mental development of the child. *Bulletion of the Menninger Clinic*, 26(3), 129-137.
- Pittman, K. (1999). Student-generated analogies: another way of knowing? *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 1-22.
- Praia, J., Gil-Pérez, D. & Vilches, A. (2007). O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, 13(2), 141-156.
- Rahayu, Rr. & Sutrisno, H. (2019). The effect of chemistry learning based on analogy on higher order thinking skills of senior high school students in equilibrium concepts. *European Journal Education Studies*, 5(12), 255-267.
- Ramos, T., Mendonça, P. & Mozzer, N. (2019). Argumentação de estudantes na criação e crítica de

- analogias sobre o modelo atômico de Thomson. *Ciências da Educação*, 25(3), 607-624.
- Ravialo, A., (2001). Assessing students' conceptual understanding of solubility equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 78(5), 629-631.
- Rego, B., Gomes, C. & Balula, J. (2010). A avaliação e certificação de manuais escolares em Portugal: um contributo para a excelência. In M. Patrício et al (Orgs.), *Da exclusão à excelência: caminhos organizacionais para a qualidade da educação* (pp. 129-138). Montargil: AEPEC.
- Richland, L. & Simms, N. (2015). Analogy, higher order thinking and education. *WIREs: Cognitive Science*, 6(2), 177-192.
- Rigolon, G. (2008). *O conceito e o uso de analogias como recurso didático por licenciandos de Biologia*. (Dissertação do mestrado, não publicada), Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Rigolon, G. (2016). Analogias quantitativas como estratégia didática na formação inicial de professores de biologia e física. (Tese de doutoramento, não publicada), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru.
- Rochera, M. et al (2019). Children's and adolescents' specific interest in science and technology, participation in out-of-school activities and inclination to become scientists. *Journal of Science Education and Technology*, 28(4), 399-413.
- Rodriguez, J. & Towns, M. (2019). Catalyzing student learning: using analogies to teach enzyme kinetics. *Journal of Chemical Education*, 96(7), 1401-1406.
- Rosa, C., Cótica, R. & Pereira, L. (2016). Analogias no estudo de eletricidade nos livros didáticos de física. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 15(3), 363-379.
- Santana, I. & Dias, A. (2014). Reconhecendo as analogias enquanto instrumento didático no processo de formação e no exercício docente por professores de biologia. *Revista da Associação Brasileira de Ensino de Biologia (SBEnBio)*, 7(1), 2945-2956.
- Santana, I. et al (2017). Analogias, concepções e uso na sala de aula: um estudo de caso acerca do tema. In I. Santana (Ed.), *Atas do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* (pp. 1-7). Florianópolis, SC: Faculdade de Educação de Itapipoca/Universidade Estadual do Ceará (FACEDI/UECE).
- Santos, S., Terán, A. & Silva-Forsberg, M. (2011). Analogias em livros didáticos de biologia no ensino de zoologia. *Investigações em Ensino de Ciências*, 15(3), 591-603.
- Schreiber, J. & Asner-Self, K. (2011). *Educational Research*. The interrelationship of questions, sampling, design, and analysis. Nova Jersey. John Wiley & Sons, Inc.
- Schubatzky, T., Rosenberger, M. & Haagen-Schützenhöfer, C. (2019). Content structure and analogies in introductory electricity chapters of physics schoolbooks. *Physics Education*, 54(6), 1-11.
- Seale, C. (2007). Quality in qualitative research. In C. Seale, G. Giampetro, G. Jaber & S. David (Eds.), *Qualitative research practice* (pp. 379-389). Londres, Sage Publications.
- Seguin, R. (1989). *The elaboration of school textbooks: methodological guide*. Paris: UNESCO.
- Sendur, G., Toprak, M. & Pekmez, E. (2011). An analysis of analogies used in secondary chemistry textbooks. *Procedia Computer Science*, 3(5), 307-311.
- Sengul, O. (2019). Linking scientific literacy, scientific argumentation, and democratic citizenship. *Universal Journal of Educational Research*, 7(4), 1090-1098.
- Severo, J. (2011). Sociedade, ciência e educação: abordagens sobre conhecimento pedagógico na teorização de Anísio Teixeira. *Revista HISTEDBR On-line*, 44(1), 202-215.

Silva, C. (2017). Uma análise histórica da construção de significados físicos para o conceito de potencial vetor no eletromagnetismo clássico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 34(3), 798-822.

Silva, L., Lima, A. & Silva, S. (2010). As analogias no ensino de química: uma investigação de sua abordagem nos livros didáticos de química do ensino médio. In P. Silva, A. Lima & S. Silva (Eds.), *Atas do XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ)* (pp. 1-12). Recife - PE: Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Silva, M., Souza, S. & Silva, R. (2013). Analisando as ideias dos licenciandos(as) de química sobre algumas analogias apresentadas nos livros didáticos de química do ensino. In M. Silva, S. Souza & R. Silva (Eds.), *Atas das XIII Jornadas de Ensino, Pesquisa e Extensão* (pp. 1-3). Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Siqueira, T., Nunes, A. & Alves, D. (2013). A padronização de analogias no ensino de modelos atômicos nos livros de química para ensino médio. In T. Siqueira, A. Nunes & D. Alves (Eds.), *Atas do III Congresso de Educação, IV Seminário de Estágio e Encontro do PIBID "Paradigmas da Profissão Docente"* (pp. 55-60). Goiás: Universidade Estadual de Goiás.

Sirhan, G. (2000). Learning difficulties in chemistry: an overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4(2), 2-20.

Sita, L. & Barreto, S. (2007). Desenvolvimento e aplicação de analogias no ensino de transformações químicas e suas relações quantitativas. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2270-8.pdf>. (acesso em 07/05/2018).

Souza, E. & Garcia, N. (2015). The influence of local culture on the choice and use of science textbooks by elementary school teachers. In Z. Sikorova, M. Horsley, T. Garcia & J. Rodriguez (Eds.), *12th International Conference on Textbooks and Educational Media* (pp. 41-58). Ostrava: International Association for Research on Textbooks and Educational Media.

Souza, V., Justi, R. & Ferreira, P. (2006). Analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 11(1), 7-28.

Stavy, R. & Tirosh, D. (1992). Overgeneralization in mathematics and science: the effect of external similarity. *International Journal of Mathematical Education*, 23(2), 239-248.

Stephenson, N. & Sadler, N. (2016). Developing critical thinking skills using the science writing heuristic in the undergraduate chemistry laboratory. *Chemistry Education and Research Practice*, 17(1), 72-79.

Stockmayer, S. & Treagust, D. (1994). A historical analysis of electric currents in textbooks: a century of influence on physics education. *Science & Education*, 3(2), 131-154.

Sulaiman, F. (2010). Students' perceptions of implementing problem-based learning in a physics course. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 7, 355-362.

Taber, K. (2002). *Alternative conceptions in chemistry: prevention, diagnosis and cure?* Londres: The Royal Society of Chemistry.

Taber, K. (2009). Progressing the constructivist research programme to advance teaching and learning about the nature of science. In I. Saleh & M. Khine (Eds.), *Fostering Scientific Habits of Mind: Pedagogical Knowledge and Best Practices in Science Education* (pp. 37-57). Roterdão: Sense Publishers.

Taber, K. (2017). Models and modelling in science and science education. In K. Taber & B. Akpan (Eds.), *Science education: an international course companion* (pp. 263-278). Roterdão: Sense Publishers.

Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry "triplet".

International Journal of Science Education, 33(2), 179-195.

Tavares, A. (2012). *A história das ciências e as analogias na evolução da tabela periódica: um estudo com manuais escolares e seus autores*. (Dissertação de mestrado, não publicada), Universidade do Minho, Braga.

Terrazzan, E. et al (2012). Apresentações analógicas em coleções didáticas de biologia, física e química para o ensino médio: uma análise comparativa. In E. Terrazzan et al (Eds.), *Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências* (pp. 1-14). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria.

Terrazzan, E. et al (2005). Estudo das analogias utilizadas em coleções didáticas de física, química e biologia. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(3), 1-6.

Thagard, P. (1992). Analogy, explanation and education. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 537-544.

Thiele, R. & Treagust, D. (1991). Using analogies in secondary chemistry teaching. *Australian Science Teachers Journal*, 37(2), 10-14.

Thiele, R. & Treagust, D. (1994a). An interpretive examination of high school chemistry teachers' analogical explanations. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(3), 227-242.

Thiele, R. & Treagust, D. (1994b). The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks. *Instructional Science*, 22(1) 61-74.

Thiele, R. & Treagust, D. (1995). Analogies in chemistry textbooks. *International Journal of Science Education*, 17(6), 783-795.

Thiele, R., Venville, G. & Treagust, D. (1995). A comparative analysis of analogies in secondary biology and chemistry textbooks used in Australian schools. *Research in Science Education*, 25(2), 221-230.

Tiruneh, D., Elen, J. & Verburch, A. (2014). Effectiveness of critical thinking instruction in higher education: a systematic review of intervention studies. *Higher Education Studies*, 4(1), 1-17.

Treagust, D. (1993). The evolution of an approach for using analogies in teaching & learning science. *Research in Science Education*, 23, 293-301.

Treagust, D. (2018). The Importance of multiple representations for teaching and learning science. In M. Shelley & S. Kiray (Eds.), *Education research highlights in mathematics, science and technology 2018* (pp. 215 - 223). Ames: International Society for Research in Education and Science (ISRES) Publishing.

Treagust, D., Duit, R. & Joslin, P. (1992). Science teachers' use of analogies: observations from classroom practice. *International Journal of Science Education*, 14(4), 413-422.

Treagust, D. et al (1989). Teachers' use of analogies in their regular teaching routines. *Research in Science Education*, 19(1), 291-299.

Treagust, D. et al (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1353-1368.

Treagust, D., Harrison, A. & Venville, G. (1998). Teaching science effectively with analogies: an approach for preservice and inservice teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 9(2), 85-101.

Trebiën, D. & Garcia, N. (2015). Instruments of evaluation and choice of physics textbooks. In Z. Sikorova et al (Eds.), *Textbooks and educational media in a digital age*. Proceedings of the thirteenth international conference on research on textbooks and educational media (pp. 105-114). Ostrava: International Association for Research on Textbooks and Educational Media.

UNESCO (2015). *Relatório de Monitoramento Global da Educação*. Paris: UNESCO.

- UNESCO (2003). *Declaração de Budapeste*. Budapeste: UNESCO.
- UNESCO (2017/2018). *Relatório de Monitoramento Global da Educação*. Dakar: UNESCO.
- Unlu, P. (2010). Pre-service physics teachers' ideas on size, visibility and structure of the atom. *European Journal of Physics*, 31(4), 881-892.
- Venville, G. & Treagust, D. (1997). Analogies in biology education: a contentious issue. *The American Biology Teacher*, 59(5), 282-297.
- Vojiř, K. & Rusek, M. (2019). Science education textbook research trends: a systematic literature review. *International Journal of Science Education*, 41(11), 1496-1516.
- Yavuz, R. & Savaşçı-Açıklı, F. (2018). How the seventh-grade students visualize atomic structure and models. *SHS Web of Conferences*, 48(1), 1-6.
- Yerrick, R. et al (2003). Social interaction and the use of analogy: an analysis of preservice teachers' talk during physics inquiry lessons. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 443-463.
- Zambon, L. & Terrazzan, E. (2012). Estudo sobre a seleção e a utilização de livros didáticos em escolas de educação básica. In T. Garcia et al (Eds.), *Desafios para a superação das desigualdades sociais: o papel dos manuais didáticos e das mídias educativas* (pp.147-178). Curitiba: International Association for Research on Textbooks and Educational Media.
- Zoller, U. (1990). Students' misunderstandings and misconceptions in college freshman chemistry (general and organic). *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1053-1065.

ANEXOS

ANEXO 1

GUIÃO DA ENTREVISTA REALIZADA A PROFESSORES DE QUÍMICA GERAL

- 1- Que idade tem? (em anos)
- 2- Sexo (registar)
- 3- Que habilitações académicas tem?
Licenciatura em _____
Mestrado em _____
Doutoramento em _____
- 4- Há quantos anos leciona a disciplina de química geral?
- 5- Já ouviu falar de analogias?
Se “sim”:
5.1 O que é, para si, uma analogia?
Se “não”,
Informar que uma analogia pode ser concetualizada como uma comparação entre dois domínios do conhecimento, um que é familiar aos alunos e outro que lhe é desconhecido, mas que ele precisa entender.
5.2- Afinal, já tinha, ou não, ouvido falar de analogias?
- 6- O que é, em sua opinião, uma boa analogia? (Que características deve ter)?
- 7- O que é, em sua opinião, uma boa analogia na produção de conhecimentos em química, ou seja, na investigação científica em química?
- 8- Em sua opinião, existe alguma relação entre analogias, metáforas e modelos?
Explique essa sua opinião.
- 9- Em sua opinião, que utilidade relativa têm as analogias, as metáforas e os modelos em investigação em química?
9.1- São todos igualmente úteis ou só alguns deles são úteis? Porquê?
- 10- Em sua opinião, as analogias apresentam potencialidades no contexto de investigação em química? (Têm utilidade nesse contexto?).
Explique a sua opinião.
- 11- Em sua opinião, as analogias apresentam potencialidades no contexto de ensino de química? (Têm utilidade nesse contexto?).
Explique a sua opinião.
- 12- Em sua opinião, a utilização de analogias em investigação em química apresenta algumas limitações?
Explique, por favor.
- 13- E a utilização de analogias em ensino de química apresenta algumas limitações?
Explique, por favor.
- 14- Em sua opinião, o uso de analogias em investigação em química comporta riscos?
Explique a sua opinião.
- 15- O uso de analogias em ensino de química, comporta riscos?
Explique a sua opinião
- 16- Teve alguma formação para o uso de analogias em investigação em química?
Se “sim”:
16.1- Em que contexto teve essa formação?
16.2- Recorda-se do que foi falado nessa altura? Gostaria que fizesse um resumo do que foi tratado.

- 17- Teve alguma formação para usar analogias no ensino de química?
Se "sim":
17.1- Em que contexto teve essa formação?
17.2- Recorda-se do que foi falado nessa altura? Gostaria que fizesse um resumo do que foi tratado.
- 18- Costuma usar analogias nas aulas de química geral?
Se "não", passar para a pergunta 27.
Se "sim":
18.1- Em que condições recorre ao uso de analogias nas suas aulas de química geral?
18.2- Quando usa analogias, torna explícito para os alunos que está a usar uma analogia? Porquê?
- 19- Em média quantas analogias usa numa aula de química geral?
- 20- Usa-as igualmente, ou não, em todos temas? Explique.
- 21- Costuma usar analogias quando ensina sobre estrutura atômica? Porquê?
Se "sim":
21.1- Em média, quantas analogias usa?
- 22- Costuma enfrentar alguma(s) dificuldade(s) quando usa analogias em química geral?
Se "sim":
22.1- Que tipo(s) de dificuldade(s) costuma enfrentar?
Se disse que costuma usar analogias sobre estrutura atômica:
- 23- Costuma enfrentar dificuldades quando, nas suas aulas usa analogias sobre estrutura atômica?
Se "sim":
23.1- Que tipo(s) de dificuldade(s) costuma enfrentar?
- 24- Quando decide usar analogias? Antes da aula ou durante a aula? Porquê?
- 26- Em que se baseia (a que recorre) para selecionar as analogias que usa nas aulas?
- 27- Que importância atribui às analogias que são apresentadas nos livros de química geral?
27.1- Costuma usá-las? Porquê
- 28- Que critérios adota para selecionar as analogias que usa nas aulas de química geral?
Explique a sua resposta.
- 29- Gostaria que desse um exemplo de uma analogia que usa nas suas aulas de química geral e que considera ser uma boa analogia?
29.1- Por que diz que essa analogia é uma boa analogia?
- 30- Quando usa analogia nas suas aulas, costuma avaliar o seu efeito na aprendizagem do assunto por parte dos alunos? Porquê?
Se "sim":
30.1- Como o faz?
- 31- Costuma fazer algum tipo de avaliação das analogias incluídas em livros de química geral? Porquê?
Se "sim":
31.1- Como o faz?
- 32- Por favor, dê um exemplo de uma analogia incluída num desses livros e que considera uma boa analogia. Por que diz que é uma boa analogia? Em que livro vem?
- 33- Por favor, dê um exemplo de uma analogia incluída num desses livros e que considera ser uma má analogia. Por que diz que é uma má analogia? Em que livro vem?
- 34- Costuma pedir aos seus estudantes que usem analogias nas aulas de química geral? Porquê?
Se "não", avançar para a pergunta 36.

Se “sim”:

34.1- Quando o faz? E como o faz?

35- Os seus alunos apresentam dificuldades quando lhes pede que produzam analogias? Por que pensa que isso acontece?

Se “sim”:

35.1- Quais são as dificuldades que os alunos apresentam?

36- Como é que os seus alunos reagem às analogias existentes nos livros de química? Dão-lhes importância? Compreendem-nas?

37- Em sua opinião, os estudantes que concluem o curso de ensino de química irão, ou não, usar analogias nas escolas? Por que diz isso?

38- Em sua opinião, o uso, ou não, de analogias nas aulas de química geral influenciará o uso desta ferramenta por parte dos estudantes, quando chegarem às escolas? Por que diz isso?

39- Esta entrevista fê-lo pensar em assuntos novos sobre o uso de analogias para o ensino de química? Explique.

40- A sua prática relativa ao uso de analogias nas aulas de química geral vai sofrer alterações? Porquê?

41- Gostaria de acrescentar algo mais ou de alterar algo que tenha dito durante a entrevista?

Agradecimento

ANEXO 2

TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA REALIZADA A UM PROFESSOR (PA) DE QUÍMICA GERAL

Investigador (I): Bom dia senhor professor!

Professor A (PA): Bom dia.

I: Como tínhamos combinado, vamos começar com a nossa entrevista e a primeira questão que tenho a colocar, é sobre a sua idade. Quantos anos tem?

PA: 36 anos.

I: E as suas habilitações académicas? É licenciado em que área?

PA: Sou licenciado em química pela Universidade Eduardo Mondlane.

I: Tem mestrado feito? o seu mestrado?

PA: Sim, mestrado em ciências de Educação e ensino de química.

I: Em que universidade?

PA: Universidade Pedagógica, em química.

I: É o que chamam de ensino de química.

PA: Não, no diploma vem mestrado em ciências de educação/ensino de química.

I: Tem doutoramento feito?

PA: Não.

I: Já ouviu falar de analogias?

PA: Já, pelo vento.

I: Para si o que é uma analogia?

PA: Na minha perceção, durante o mestrado não tivemos exatamente o que é analogia, mas vimos estudamos acerca de construção de materiais didáticos, era uma coisa que no meu ponto de vista, com analogias, poderia ser semelhante, mas é um pouco diferente. Entendo que analogia é fazer entender ao estudante, um conteúdo, mas usando aquilo que é do seu domínio ou o que com ele convive para poder explicar aquilo assunto para o mesmo estudante, mas usando aquilo que é do seu domínio, convívio, quer dizer aquilo que tem interesse, usa aquilo que tem interesse para poder explicar aquilo que parece abstrato para alunos e estudantes, de modo a trazer a contextualização.

I: Está bem, obrigado. O que é, em sua opinião, uma boa analogia?

PA: Bom, eu estaria satisfeito se eu tivesse feito uma analogia ou tivesse apresentado um análogo daquilo que levasse o estudante a perceber aquilo que antes ele não percebeu, o que quer dizer que a analogia deve concretizar o objetivo da aula. Para mim poderia dizer que estou satisfeito ou valeu a apenas usar essa analogia, trazer um conceito real e o aluno aprender conceito abstrato e fazer com que o estudante entenda de facto aquilo que eu quero que ele entenda. Então essa é uma boa analogia.

I: O que é, na sua opinião, uma boa analogia na produção dos conhecimentos em química ou na investigação em química?

PA: Na produção de conhecimento, boa analogia é exatamente quase aquilo que eu acabei de dizer quando uso um exemplo que é aquela que me deixa satisfeito quando quero ensinar os meus alunos e adquirirem um conhecimento científico.

I: A questão é mais ou menos do seguinte tipo: os cientistas, quando usam analogias, quando é que dizem que ela é boa?

PA: Acredito que sim, mas os cientistas usam analogias daquilo que está próximo deles, e num contexto local, a analogia deve ser válida e não ser válida para um outro contexto, por causa da convivência, eles usam essa analogia pode não ser usada para outro local, então usa-se para poder explicar factos que eles acham que estes factos, para serem perceptível é necessário trazer algo que convive com os leitores, ou aqueles que precisam da informação.

I: Na sua opinião, existe uma relação entre a analogia e metáfora?

PA: Bom, a relação existente entre a analogia e metáfora, vejo a analogia a aparecer como um facto que possa descrever a exterioridade do conhecimento, enquanto que metáfora é mais implícita, mas por dentro e a analogia aparece como um físico, algo físico existente, e que esse físico é descrito de modo que o estudante perceba os fatores ou fenómenos que acontecem e que sejam abstrato, enquanto conhecendo a coisa por exterior, enquanto que a metáfora faz uma descrição mais implícita por dentro mas não exatamente com uma observação externa, mas tudo pode chegar a uma certa congruência nos objetivos que são de desenhar para as duas coisas.

I: Pode especificar a relação entre analogia e metáfora, em termos de exemplos?

PA: Acho que seria complicado.

I: Será que existe uma relação entre analogias e modelos?

PA: A relação pode existir, mas de longe, porque modelos, eu acredito que é algo desenhado e existe, mas que fisicamente nós não possuímos, no entanto, já que fisicamente não possuímos, pelos conhecimentos dos autores nós tentamos trazer a tona aquilo que nós descrevemos através de uma descrição personalizada de objetos, então, os modelos são mais realísticos e as analogias e metáforas são mais palavras que se usam e muitas vezes eles não existem na realidade, apesar de se poder fazer também analogias com coisas reais. Nós acabamos designando isto de modelos que foi descrito por fulano e nós trazemos isto em objeto, aquilo que nós conseguimos palpar fisicamente e conseguimos mostrar que isso está idealizado de acordo com a pilha galvânica, mas não nos sente propriamente a pilha galvânica, em forma de modelo, já na analogia, não é precisamente modelo, não tem nada a ver com a pilha galvânica. Quando se produz o modelo de Rutherford-Bohr ou modelo do átomo segundo Thomson usando massala ou usando algum material concreto o aluno pode ter mais facilidade de aprender do que usando só palavras.

I: Obrigado. E, em sua opinião, que utilidade relativa têm as analogias (face às metáforas e aos modelos)?

PA: Bom, em termos de utilidade, acredito que é aproximar o conhecimento científico ao estudante.

I: Mas nesta questão, primeiro, em relação à investigação, sem ir ao campo da escola, ao campo dos alunos, mas ao campo de investigação; sendo formado em química, queria que me dissesse, na investigação, as analogias têm utilidade? Na produção de conhecimentos em química, tem alguma utilidade?

PA: Tem sim, tem utilidade, porque quando nós desenhamos a analogia, temos sempre um objetivo, que a nossa intenção é criar o interesse para o consumidor, então é isto que na nossa investigação, nos temos que procurar que a nossa informação seja consumida para aquele que quer consumir, porque para consumir tem que procurar entender de facto, o que está consumir, se ele não ter uma percepção clara daquilo que quer consumir, então não estaremos a fazer nada, a nossa divulgação tem que ser entendida como comparado com aquilo que o consumidor tem acesso de obter.

I: Em sua opinião, que utilidade relativa têm as metáforas (face às analogias e aos modelos) na investigação em química ou, se quiser, na produção dos conhecimentos de química?

PA: Não tenho domínio sobre metáforas, mas, de facto, eeehhhhh...

I: Está bem. Mas o modelo tem alguma utilidade em química, na produção dos conhecimentos?

PA: Sim, tem utilidade sim, por exemplo, não sei se podemos falar dos modelos que foram desenhados na área de química, que foram crescendo até chegar em uma ideia, quer dizer quando nos estamos na fase de iniciação de uma investigação, muitas vezes começamos por um esqueleto daquilo que é o nosso propósito, então temos uma descrição crítica, nos procuramos encobrir aquilo que nos estamos a investigar e portanto, enquanto começamos com o projeto, quer dizer que o pensamento não propriamente como projeto, depois chegamos a desenhar o projeto, eu compararia os modelos com um mapa conceptual, desenha um modelo, e o modelo já e diz tudo, aquilo que se pretende investigar, no mapa conceptual quase também aparecem quase todas as informações que você precisa, então ao desenhar o modelo, é uma fase inicial onde você espera que com o tal modelo inicial, no fim, tenha um modelo adequado, aquilo que você esperava e se calhar o resultado ideal, alguém poderá dizer que o resultado não é ideal porque tem um ponto de partida através do seu modelo, que você desenhou.

I: Está bem. E, em sua opinião, são todos úteis ou alguns não são? Considerando as analogias, os modelos e as metáforas, a utilidade é igual para todos?

PA: Eu tenho muito falar de analogias, é um desafio que geralmente deve ser investigado e quando estiver a falar de analogias, é necessário sempre levarmos ao recetor o conceito através da nossa analogia, dar-mos um exemplo como um conceito e o nosso recetor ouvir e entender mal, perceber que aquele conceito é aquela analogia, enquanto a questão de modelos já é um facto real, o estudante pode sim levar um modelo e usar o modelo para um novo conceito, enquanto que a analogia não, a analogia tem o perigo de que se o estudante disser que a coisa x é x , já esta errar, porque não é isso, apenas está para expor conhecimento que ele já tem no tema do conteúdo, eu estava na sala a dizer que por exemplo o átomo, como uma massala e aquelas sementes lá no interior serviriam de protões e a parte externa, desenharia este modelo como se fosse de Rutherford, eu temo que no dia de explicar, o recetor use como conceito, mas o modelo, como um modelo já pode, que este é o modelo de átomo de Thomson ou Rutherford e pode se basear ao se comparar com uma massala.

I: Se pensarmos em termos da analogias, metáforas e modelos, na sua opinião, o que teria maior utilidade?

PA: Na investigação, a primeira coisa que eu faço, é desenhar o esqueleto, e o esqueleto para mim, é o modelo, desenho o esqueleto e do esqueleto vem o modelo, mas no final do meu desenho, eu posso comparar o meu desenho com algo semelhante que possa facilitar a compreensão ao leitor, então já estaria a relacionar um modelo com algo análogo, a metáfora está por ali, entre as duas virtudes, entre o modelo e a analogia.

I: Está bem, muito obrigado. E, em sua opinião, as analogias apresentam potencialidades no contexto de investigação em química? Têm alguma potencialidade?

PA: Têm uma potencialidade, aqui é necessário dizer, modelo e analogia, o papel dos modelos não foge muito das analogias, eu dizia que é necessário ter cuidado, o modelo é algo real, é aquilo que nos queremos que o estudante saiba, porque o estudante deve saber que a analogia está comparar o conhecimento científico com algo análogo do domínio do próprio estudante, então tem sim muita importância porque trazem a contextualização com o conteúdo que quer ser explicado.

I: Em sua opinião, as analogias apresentam potencialidades no contexto de ensino de química?

PA: Tem uma potencialidade, aqui é necessário dizer, nas analogias usam-se comparações do conhecimento científico com algo que se deve divulgar na ciência, ou elas usam-se para trazer um melhor entendimento de um conhecimento em investigação para pessoa que está a ser apresentada o novo conhecimento ou que quer aprender, então tem sim muita importância porque fazem a contextualização do conhecimento que quer ser explicado poderíamos dizer que são as orbitais onde estão alojados os eletrões, que a orbita é quando a ventoinha começa a circular, e se a ventoinha começa girar esta descrever a orbita, então a região mais provável de se encontrar o eletrão estão em movimento, então não existe um lugar próprio, já o principio de incerteza, mas surgem todas estas teorias baseadas nas analogias que o docente trouxe para facilitar a compreensão ao estudante, mas quando bem utilizado tem uma utilidade, mas dar a entender que a orbita, não é a ventoinha, por enquanto a nossa preocupação é usar esta comparação para dar a entender ao estudante a lição da matéria.

I: As analogias têm potencialidades no contexto de ensino de química?

PA: Apresentam, porque elas são um recurso que nos ajuda a clarificar os conceitos que não são de fácil compreensão por serem também abstratos e que os alunos têm dificuldades de entender. No contexto de ensino é mais fácil levar o estudante a aprender com base naquilo que está vendo. Por exemplo quando se quer explicar o conceito de orbital, pode se comparar o movimento da ventoinha como orbital, ai não se vê os pás da ventoinha mas sabemos que eles estão naquela região. Também a orbital 'e a região de maior probabilidade de se encontrarem os elétrões.

I: Em sua opinião, a utilização das analogias em investigação em química, na produção dos conhecimentos de química, apresentam algumas limitações?

PA: Bom, na investigação, podem ter algumas limitações, como analogias de facto, eu já tinha dito que as analogias não aparecem em primeiro lugar, aparecem depois, mas nos podemos usar a analogia por exemplo cientificamente não levar ao domínio do dia a dia do investigador, mas o dia a dia como o conhecimento científico, por exemplo eu sou o químico, por exemplo estou a investigar uma área que tem a ver com modelos atômicos, a minha analogia vai ser tipicamente científica, porque terei que ir buscar algo análogo, semelhante que os outros cientistas já investigaram, por exemplo hei-de ir buscar o modelo de Bohr e usar com tanto domínio que tenho dele, então vou usar uma analogia de acordo com esta realidade, já é diferente ir levar a elipse e compararmos com a peneira, nós estamos a usar a elipse que é científico e compararmos com algo que é do dia a dia da pessoa, na investigação científica nós fazemos uma investigação ciência-ciência com o domínio.

I: Mas as analogias têm algumas limitações na investigação?

PA: Onde elas não podem se enquadrar, acho que não apresentam limitações.

I: As analogias em ensino de química, apresenta algumas limitações?

PA: De facto existe um momento em que falta atenção do professor e este apresenta analogias pouco claras relativos a determinados conteúdos, é necessário muito atenção de enquadrar as analogias e vez a capacidade que o aluno tem em entendê-la devidamente é um pouco complicado apresentar espontaneamente uma analogia e sair-se bem, mas se se apresenta algo que planificou com cuidado ela pode apresentar produzir o efeito desejado, mas é um pouco complicado você logo daqui buscar algo de imediato e trazer, mas se está trazer, mas se trazer algo a dizer que a turma foi desafiada a trazer um exemplo para a ligação química, que é adesão dos elétrões no núcleo com uma mulher solteira e homem também solteiro, então os homens solteiros são atraídos pela mulher solteira, e se você falar dessa analogia que os homens livres são elétrões capazes de serem atraídos e se a mulher estiver solteira vai receber mas se não estiver livre não vai receber, então uma analogia que surge num momento certo, então pode se falar, analogias é diferente com um pastor, pastor sempre fala os exemplos do dia-a-dia, enquanto quando damos analogias, tens que ver se está de acordo com aquilo que estamos a falar ou não.

I: Em sua opinião, o uso de analogias na investigação dos conteúdos ou na construção de conhecimentos de química, comporta riscos?

PA: De que riscos estaríamos a falar?

I: Haverá alguns problemas que podem surgir na produção dos conhecimentos em química, quando são usadas analogias?

PA: Não sei, mas acho que não.

I: O uso de analogias no ensino de química, comporta riscos?

PA: No ensino já traz vantagens, não tem muitos riscos, por causa daquilo que eu disse que faz uma aproximação daquilo que é do dia a dia dos alunos da ciência, só vejo vantagens e não riscos.

I: Senhor professor, teve alguma formação no uso de analogias no ensino de química?

PA: Não.

I: Mas costuma usar analogias nas suas aulas?

PA: Sim, mas muito pouco.

I: Em que condições recorre ao uso das analogias nas suas aulas de química geral?

PA: Aquilo tem sido espontâneo, vejo que aquilo que está aqui pode ser encaixado, com tal direção de que há paralelismo com aquilo que estou a dar com a analogia, talvez em um exercício que está ser feito, mas deve ser uma coisa preparada e não espontânea, porque há aquilo, que esta parte da analogia está sendo usada não porque as pessoas fazem, não está sendo usado como a espontaneidade do próprio professor, não algo planejado e nem paralelo ao plano de lição.

I: Quando usa uma analogia, torna explícito para os alunos que está a usar uma analogia?

PA: Não, por causa dessa espontaneidade, é por isso se formos organizados será fácil, porque em algum momento você pode dizer que aquilo que eu falei, vejam isso, na sala por exemplo, sobre isso e aquilo, alguém já viu? Sim, sim, então compare isso com aquilo, porque eu tinha um plano de que chegado a um momento da minha aula iria acontecer isto, então se você não programa, não há necessidade.

I: Em média, quantas analogias usa nas aulas de química geral? 3, 5 ou 10 – considere os intervalos?

PA: Se calhar 3.

I: Usa-as igualmente, ou não, em todos os temas?

PA: Não. Porque em a necessidade daquilo que estamos a dar, para o domínio do estudante para tentar lhe enquadrar, porque não é sempre que eu tenho um conteúdo e deve ser sustentando, porque para mim, é um sustento da ciência baseado num facto real que é observado, palpável e que o estudante está a ver, não é uma coisa planejada e não é sempre que tenho algo a dizer a respeito do conteúdo lecionado.

I: Senhor professor, costuma usar analogias quando ensina sobre o átomo e a estrutura atômica? Porquê?

PA: O átomo não se pode ver. Para o aluno entender os outros conteúdos de química deve ter bases fortes de o que é isso de átomo. Se o aluno não aprender e entender bem poderá ter várias dificuldades nas classes posteriores. Então usando analogias se fortifica ou melhora-se o entendimento deste conceito de átomo e se facilita a aprendizagem de outros conceitos como ião, eletrão, molécula.

I: E no caso da estrutura atômica, usa ou não?

PA: Como já disse, às vezes uso.

I: Costuma enfrentar algumas dificuldades quando usa analogias para lecionar sobre a estrutura atômica?

PA: Não enfrento nada.

I: Pode apresentar um exemplo de uma analogia que usa para ensinar sobre a estrutura atômica?

PA: Analogia de pudim de passas. Significa que este modelo considerava as passas do pudim como sendo eletrões, e a massa de todo pudim era a massa do próprio átomo, que seria positiva. Vejam que, assim podia se pensar que o átomo é constituído por uma grande parte de cargas positivas, mas no seu tudo é nulo. Será que essa comparação é boa? Era assim que se pensava do modelo de Thomson.

PA: Se já disse que não, de facto, tenho problemas para responder esta pergunta.

I: Costuma ter dificuldades quando usa analogias em química geral?

PA: Não tanto.

I: Quando é que decide usar analogias, antes da aula ou durante a aula?

PA: No real, deveria ser usado durante a aula, por causa do conteúdo abordado e a sua exemplificação de imediato, sua comparação, quer dizer o conteúdo novo, tenta trazer o estudante naquilo que está sendo tratado. Tudo isso depende das dificuldades dos estudantes.

I: Em que se baseia, ou a que recorre para as analogias que espontaneamente usa nas aulas, onde é que vai buscar as analogias?

PA: Como tinha dito que são de espontaneidade e espontaneidade é inspiração, e inspiração é pessoal.

I: Eu acho que em algum momento já viu algumas analogias nos livros de química geral. Que importância lhes atribui?

PA: Nem sempre dou importância a essas analogias. Por exemplo a analogia de pudim de passas, ainda não vi muitas, mas para mim algumas das quais aparecem aí como essa, estão um pouco deslocadas a realidade do nosso estudante moçambicano. Para se perceber por exemplo pudim de passas, é necessário que alguém tenha visto ou tenha preparado um pudim de passas, assim quando aparecem no contexto do livro ou do texto, pouca importância tenho dado. Possivelmente quem a fez achou que era ideal ou universal, mas há momentos em que não se encaixam, é necessário que se busque um contexto local, nem todas as analogias que estão nos nossos manuais são para a nossa sociedade local.

I: Senhor professor costuma usar as analogias inseridas nos livros de química geral?

PA: Quando houver necessidade e achar que são bem feitas, quando não apresentam erros, mas quando são úteis e compreensíveis para os meus estudantes e serem do contexto deles, então tenho usado. Muitas vezes uso as minhas analogias.

I: Quais são os critérios que usa para selecionar as analogias que usa nas aulas de química geral?

PA: Primeiro acho que é necessário ver se a analogia faz parte do dia a dia do aluno, o estudante deve ter o domínio da analogia, tem que dominar o objeto que se deve fazer a comparação entre o conteúdo científico e o objeto, e eu tenho que ser capaz de saber que se eu referir a esse objeto, o estudante vai reconhecer de imediato, se eu fizer a interpretação daquele objeto, o estudante tem que ser capaz de entender que eu estou a falar disto, para além do domínio, também o estudante deve ser capaz de entender, conhecer e dominar o objeto, o objeto de facto deve ter uma ligação explícita com o conteúdo que estou a dar, uma ligação, porque não posso estar a dar uma aula e de repente já estou a falar de papaia, já estou a falar de coisa que não te, encaixe naquilo que estou a lecionar, então a primeira coisa tem que haver relação naquilo que estou a dar, e tendo relação deve ser do domínio do estudante.

I: Como já é professor de química geral há bastante tempo, gostaria que desse um exemplo de uma analogia que usa nas suas aulas de química geral e que considera ser uma boa analogia;

PA: Nas aulas de química geral, em que posso me referir, agora está me fugir o conteúdo, talvez tenha algumas razões, eu este ano voltei a dar química geral, mas já tinha abandonado a química geral já a algum tempo.

I: Mas quando usa uma analogia nas suas aulas, costuma verificar o seu efeito na aprendizagem, na parte dos seus alunos?

PA: Sim, a satisfação, devem de imediato fazer a ligação, e ver o comportamento dos alunos perante perguntas relacionadas aos conteúdos que se usou analogia, uma ponte daquilo que eu disse com aquilo que eu estou a explicar, se já entendem e conseguem fazer esta ponte, há satisfação, mas tudo isso depende muito dos alunos que tenho, eu quando trabalho com analogias, procuro fazer o estudante entender o conteúdo, uma avaliação é implícita.

I: Tem feito avaliação quando usa analogias? Tem sido em que âmbito?

PA: Eu quando trabalho com analogias, procuro fazer o estudante entender o conteúdo.

I: Então avalia o conteúdo?

PA: A avaliação é implícita.

I: E sobre as analogias existentes nos livros de química geral? Faz alguma avaliação delas? Na conversa que tivemos, acho que já havia respondido um pouco a esta questão - tem feito avaliação?

PA: Não posso dizer que tem sido minha prática, mas faco sim, mas da avaliação que tenho feito verifiquei que algumas analogias estão deslocadas na parte da realidade dos estudantes nossos, mas algumas delas são ideais,

se calhar pode me pedir um exemplo, mas não tenho aqui agora, mas algumas são ideais.

I: Costuma pedir aos seus estudantes que usem analogias nas suas aulas de química geral?

PA: Não.

I: Mas como é que os seus alunos reagem quando vêm uma analogia nos livros? Já fez esta apreciação?

PA: Não.

I: Na sua opinião, os estudantes que concluem o curso de ensino de química, irão ou não usar analogias nas escolas?

PA: Acho que usarão com muita dificuldade, mas com aprendizagem poderiam usar analogias ou se tivesse aprendido cá na universidade tenho a certeza de que usariam, mas é necessário ensinar. Se os professores incentivassem essa prática nas aulas eles usariam nas escolas. Isso pode depender de outros fatores, então se nós não trazermos à tona a temática das analogias, dificilmente os nossos estudantes poderão usar isto, assim como nós fomos formados sem usarmos as analogias, por isso dificilmente ajudamos nossos alunos a usar analogias fazer isso.

I: Esta entrevista fez com que pensasse acerca de assuntos novos sobre o uso de analogias no ensino de química?

PA: Muito.

I: Que pensamentos sobre analogias esta entrevista lhe trouxe?

PA: Muito. Acabei percebendo que, por exemplo na última parte desta entrevista eu disse que em cada unidade temática, é necessário haver um paralelismo sobre o conteúdo científico daquilo que estivermos a dar e relacionarmos com o dia a dia do estudante e procurarmos trazer algo que é do domínio do próprio estudante para fazer enriquecer o seu conhecimento científico, entendi que em um momento de planificação da minha aula tenho que pensar em algo que seja do domínio do próprio estudante ligado a unidade.

I: A sua prática relativa ao uso de analogias, nas aulas de química geral, vai sofrer alguma alteração?

PA: Vai sim, vou tentar ver se poderei encaixar sempre que possível, em cada aula, tentarei encaixar o científico que estou a me referir e algo semelhante ao conhecimento dos alunos. Essa entrevista de facto, como havia perguntado anteriormente, suscitou uma nova área de aprendizagem, já se sabe que não há nenhum cientista cabal, por isso que temos áreas divididas, mesmo na própria química, existem áreas de domínio de cada um e nós somos apelados a especialização, é por isso que temos especialidade diferente e pessoas diferentes e a temática da analogia achei que é uma abordagem muito boa e poderá revolucionar o processo de ensino e aprendizagem.

I: Tem falado sempre de exemplos, existe alguma diferença entre analogia e exemplo?

PA: Exemplo e analogia, acho que a diferença não é muito grande, mas a linguagem que é diferente, quando nós fazemos os exemplos, estamos a procura betonar o conhecimento, exemplos práticos, também os exemplos são de domínios práticos, se calhar existe uma relação entre analogias e exemplos, exemplo pode ser igual a uma analogia.

I: Gostaria de acrescentar algo ou de alterar alguma coisa que disse durante a entrevista?

PA: Não quero acrescentar e nem retirar.

I: Muito obrigado senhor professor, agradeço a sua disponibilidade desde o momento que aceitou a entrevista, muito obrigado.

PA: Obrigado e sucessos no seu trabalho.

I: Obrigado.

ANEXO 3

GUIÃO DA ENTREVISTA REALIZADA A PROFESSORES DE DIDÁTICA DE QUÍMICA

- 1- Que idade tem? (*em anos*)
- 2- Sexo (*registar*)
- 3- Que habilitações académicas tem?
Licenciatura em ____
Mestrado em ____
Doutoramento em ____
- 4- Há quantos anos leciona a disciplina de didática de química?
- 5- Há quantos anos lecionar disciplinas de química?
- 6- Já ouviu falar de analogias?
Se "sim":
 - 6.1 O que é, para si, uma analogia?
Se "não",
Informar que uma analogia pode ser concetualizada como uma comparação entre dois domínios do conhecimento, um que é familiar aos alunos e outro que lhe é desconhecido, mas que ele precisa entender.
 - 6.2- Afinal, já tinha, ou não, ouvido falar de analogias?
- 7- O que é, em sua opinião, uma boa analogia? (Que características deve ter)?
- 8- O que é, em sua opinião, uma boa analogia na produção de conhecimentos em química, ou seja, para um cientista que produz conhecimentos em química?
- 9- Em sua opinião, existe alguma relação entre analogias, metáforas e modelos?
Explique essa sua opinião.
- 10- Em sua opinião, que utilidade relativa têm as analogias, as metáforas e os modelos para um cientista que produz conhecimentos em química?
 - 10.1- São todos igualmente úteis ou só alguns deles são úteis? Porquê?
- 11- Em sua opinião, as analogias apresentam potencialidades no contexto da produção de conhecimentos em química?
Explique a sua opinião.
- 12- Em sua opinião, as analogias apresentam potencialidades no contexto de ensino da química? (Têm utilidade nesse contexto?).
Explique a sua opinião.
- 13- Em sua opinião, a utilização de analogias na produção de conhecimentos em química apresenta limitações?
Explique, por favor.
- 14- E a utilização de analogias em ensino de química apresenta limitações?
Explique, por favor.
- 15- Em sua opinião, o uso de analogias na produção de conhecimentos em química comporta riscos?
Explique a sua opinião.
- 16- O uso de analogias em ensino de química, comporta riscos?
Explique a sua opinião

- 17- Teve alguma formação para o uso de analogias na produção de conhecimentos em química?
Se "sim":
17.1- Em que contexto teve essa formação?
17.2- Recorda-se do que foi falado nessa altura? Gostaria que fizesse um resumo do que foi tratado.
- 18- Teve alguma formação para usar analogias no ensino de química?
Se "sim":
18.1- Em que contexto teve essa formação?
18.2- Recorda-se do que foi falado nessa altura? Gostaria que fizesse um resumo do que foi tratado.
- 19- Costuma usar analogias para ensinar conteúdos de didática de química?
Se "não", passar para a pergunta 27.
Se "sim":
19.1- Em que condições recorre ao uso de analogias nas suas aulas de didática de química?
19.2- Quando usa analogias, torna explícito para os alunos que está a usar uma analogia? Porquê?
- 20- Em que conteúdos tem usado analogias nas aulas de didática de química?
- 21- Gostaria que me desse um exemplo de uma analogia que usa nas suas aulas de didática de química?
- 22- Nas aulas de didática de química costuma referir ou trabalhar com analogias sobre estrutura atômica?
Porquê?
Se "sim":
22.1- Que analogias costumam ser referidas ou trabalhadas?
- 23- Em média quantas analogias usa numa aula de didática de química?
- 24- Usa-as igualmente, ou não, em todos temas? Explique.
- 25- Costuma enfrentar dificuldades quando usa analogias para ensinar didática de química?
Se "sim":
25.1- Que tipo(s) de dificuldade(s) costuma enfrentar?
- 26- Quando decide usar analogias? Antes da aula ou durante a aula? Porquê?
- 27- Costuma ensinar os seus estudantes a usar analogias para ensinarem química, em geral, e estrutura atômica em particular? Porquê?
Se "sim":
27.1- O que lhes costuma ensinar sobre isso?
- 28- Em que se baseia (a que recorre) para selecionar as analogias que usa nas aulas?
- 29- Que importância atribui às analogias que são apresentadas nos livros de química? E de didática de química?
29.1- Costuma usá-las? Porquê.
- 30- Que critérios adota para selecionar as analogias que usa nas aulas de didática de química?
Explique a sua resposta.
- 31- Gostaria que desse um exemplo de uma analogia que usa nas suas aulas de didática de química e que considera ser uma boa analogia?
31.1- Por que diz que essa analogia é uma boa analogia?
- 32- Quando usa analogia nas suas aulas, costuma avaliar o seu efeito na aprendizagem do assunto por parte dos alunos? Porquê?
Se "sim":
32.1- Como o faz?
- 33- Costuma fazer algum tipo de avaliação das analogias incluídas em livros de didática de química? Porquê?
Se "sim":
32.1- Como o faz?

- 34- Por favor, dê um exemplo de uma analogia incluída num desses livros e que considera ser uma boa analogia. Por que diz que é uma boa analogia? Em que livro ela vem?
- 35- Por favor, dê um exemplo de uma analogia incluída num desses livros e que considera ser uma má analogia. Por que diz que é uma má analogia? Em que livro ela vem?
- 36- Tem feito a avaliação das analogias existentes nos manuais escolares do ESG? E costuma fazer com seus estudantes? Quando o faz? E como o faz?
- 37- Costuma pedir aos seus estudantes que usem analogias nas aulas de didática de química? Porquê?
Se “não”, avançar para a pergunta 39.
Se “sim”:
37.1- Quando o faz? E como o faz?
- 38- Os seus alunos apresentam dificuldades quando lhes pede que produzam analogias? Por que pensa que isso acontece?
Se “sim”:
38.1- Quais são as dificuldades que os alunos apresentam?
- 39- Como é que os seus alunos reagem às analogias existentes nos livros de química? (Dão-lhes importância? Compreendem-nas?)
- 40- Como é que os seus alunos reagem às analogias existentes nos livros de didática de química? Dão-lhes importância? Compreendem-nas?
- 41- Como é que os alunos reagem às analogias existentes nos manuais escolares? Dão-lhes alguma importância? Compreendem-nas?
- 42- Em sua opinião, os estudantes que concluem o curso de ensino de química irão, ou não, usar analogias nas escolas? Por que diz isso?
- 43- Em sua opinião, o uso, ou não, de analogias nas aulas de didática de química influenciará o uso desta ferramenta por parte dos estudantes, quando chegarem às escolas? Por que diz isso?
- 44- Em sua opinião, a abordagem de um tema sobre analogias na disciplina de didática de química influenciará o uso desta ferramenta por parte dos estudantes, quando chegarem às escolas? Por que diz isso?
- 45- Que pensamentos sobre analogias essa entrevista lhe trouxe?
- 46- A sua prática relativa ao uso de analogias a disciplina e/ou nas aulas de didática de química vai sofrer alterações? Porquê?
- 47- Gostaria de acrescentar algo mais ou de alterar algo que tenha dito durante a entrevista?

Agradecimento

ANEXO 4

TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA REALIZADA A UM PROFESSOR (P11) DE DIDÁTICA DE QUÍMICA

Investigador – Vou começar por perguntar qual é a sua idade?

Professor - 48 anos.

I - 48 anos, sexo masculino... Em relação às suas habilitações académicas, é licenciado em que área?

P11 - Em ensino de química e biologia.

I - Mestrado?

P11- Em química educacional.

I - E o seu doutoramento?

P11- Também na mesma área.

I: Em química educacional?

P11: Sim, sim.

I: Há quanto tempo leciona a disciplina de didática de química?

P11: Desde de 1993, quase são 25 anos.

I: 25 anos. E outras cadeiras?

P11- Também 25 anos.

I: Senhor professor já ouviu falar de analogias?

P11: Já.

I: E o que é para si uma analogia?

P11: Bom, definindo de forma genérica, o próprio termo de analogia, significa semelhança, então diria que é a situação na qual o professor ao tratar a matéria de ensino, de química no caso vertente, procura semelhanças com situações ou de dia a dia ou através de uso de modelos para melhor exemplificar os conteúdos que são tratados, isto numa perspetiva de que uma parte dos conteúdos de química tratado são de nível sub-microscópico e outros de nível simbólico, portanto não perceptíveis aos órgãos de sentido, então há uma necessidade de contextualizarmos a referencias de eletrões, iões, átomos, moléculas, toda esta parte sub-microscópica, normalmente na química precisa de recorrer a algumas analogias, usando modelos ou exemplos de dia a dia, para poder como disse enquadrar aquilo que foi tratado.

I: E para si, em sua opinião, o que é uma boa analogia? Que características deve ter uma boa analogia?

P11: Para mim, uma boa analogia, é aquela que cumpra a sua função, o aluno deve conseguir relacionar o conteúdo com aquilo que se pretende exatamente ensinar, então a analogia boa é aquela que vai despertar o conhecimento exato, você tem ou está tratar uma estrutura de uma substância, no tratamento de estrutura de substâncias, você pode recorrer a massalas, passas, pedras para mostrar como estão ligadas as substâncias, mas a finalidade sua é de mostrar que existe uma estrutura tridimensional, tetraédrica, ou não hexagonal. Boa analogia é aquela que desempenha a sua função, deve funcionar, e isso significa que deve diminuir as dificuldades da pessoa perceber o que é, e você só se recorda da analogia, em que há dificuldade em enquadrar na sua primeira linha, se o aluno apanha, você pode não recorrer a analogia, se não apanha você recorre a analogia, então boa analogia, é aquela que vai despertar ou desencadear o conhecimento ou o processo de conhecimento que é

necessário para a explicação daquele conhecimento, há exemplos de equilíbrio químico, para você mostrar que o equilíbrio é dinâmico, coloca uma pessoa um velho e um jovem, um a tirar terra de um lado para o outro por exemplo, e neste processo, o que vai acontecer, é que sempre há de haver terra de um lado e do outro, e a quantidade de terra onde está o velho há-de ser maior porque o jovem com maior habilidade e maior força física, vai atirar mais terra do outro lado, então, é só para mostrar o carácter dinâmico do equilíbrio químico, e não mostrar que a concentração dos reagentes é justamente igual a concentração dos produtos, volto a repetir que uma boa analogia, é aquela que vai desencadear estes processos.

I: E o que é, na sua opinião, uma boa analogia na produção de conhecimentos em química, ou seja, para um cientista que produz conhecimentos em química (e não para o ensino), o que é uma boa analogia?

P11: E o indício de duas partes, eu acho que o uso de analogias é mais basicamente pelos professores e não pelos cientistas, nós temos os fazedores da ciência química e temos os professores de química, então o que acontece, os professores reconhecendo que para vincular um conhecimento científico é difícil para os alunos, ele recorre a analogias, a minha perspectiva é que as analogias são provocadas pelo professor que reconhece as dificuldades no tratamento dos conteúdos na matéria de ensino, então não é inteiramente o assunto de cientista, então o uso de analogia, é para aquele que está preocupado com a ciência química, quando nota que há dificuldades no ensino de ciência química, então recorre-se ao uso de analogias, e estas analogias podem passar para produção de modelos, produção de vídeos, produção de cartazes, de textos ou de situações para vincular o conhecimento científico, portanto diria eu que a produção de analogias, é basicamente um assunto dos metodólogos do ensino de química, são pessoas que tem um conhecimento científico e trabalham numa realidade de ensino deste conhecimento científico e ao ensinar identificam problemas para vincular isto, este é um lado de ensino, mas tem um outro lado e, que os cientistas também estão preocupados com a vinculação dos conhecimento científico para a sociedade por exemplo, quando estão preocupados com um conhecimento para a sociedade, o conhecimento científico para não ficar nas academias, nos laboratórios ou em fórum de ciência, é preciso popularizar, então neste processo de popularização de conhecimento, podem recorrer a analogias, isto já não é feito pelo professor mas sim pelos cientistas.

I: Está bem, obrigado. E, em sua opinião, existe alguma relação entre analogias e metáforas?

P11: Existe de algum modo.

I: Pode explicar?

P11: A ideia básica é seguinte, as metáforas existem de forma ou sentido figurado de tentar explicar algumas realidades, e em muitos casos essas realidades não são bem clara para qualquer um de nós, então eu noto que o uso de metáforas e o uso de analogias, então o uso de modelos também, é certa forma, em uma vinculação de um conteúdo científico, usando modelos materiais ou situações concretas do dia-a-dia, então eu noto que o uso de metáforas e o uso de analogias, tem todos eles a mesma finalidade que é de explicar qualquer coisa difícil só que um numa linguagem mais poética, podemos dizer assim, e o outro de forma um pouco mais pragmática, analogias por exemplo, um pouco mais prática, enquanto as metáforas num ponto de vista mais teórico, na minha perspectiva.

I: E existe alguma relação entre analogias e modelos?

P11: Também encontro-me nisto, como referenciei o uso de analogias, pode ser também na química, uma das maiores analogias que nós usamos é o uso de modelos, estamos a ver o uso de modelos na química orgânica por exemplo, na estrutura atômica, usamos muitos modelos em outros contextos de química, então o uso de modelos para mim, eu acho que é uma componente das analogias, portanto, o uso de modelos para mim, considero uma parte das analogias, esta é a minha perspectiva.

I: Em sua opinião, que utilidade têm as analogias, os modelos e as metáforas para um cientista que produz conhecimentos em química? Chegou a dizer que os cientistas não precisam de usar analogias. Que utilidade relativa têm as analogias, as metáforas e os modelos, para um cientista que produz conhecimentos em química?

P11: Eu julgo que o cientista havia de se preocupar mais com a parte dos modelos por exemplo, é a parte mais fundamental, é do tipo, ele trabalha em contexto de laboratório, trabalha num contexto em que consegue visualizar algumas coisas em meios utilizando aparelhos, está em melhor altura de desenhar modelos do que aquilo que acontece no contexto teórico, porque o desenho de modelos quando é feito por cientistas, até é melhor, porque ele parte de uma realidade concreta vivenciada e vincular um conteúdo da matéria, portanto os modelos deviam ser uma produção típica dos cientistas, porque eles conhecem a realidade, e não tem nada a ver com a dificuldade da aprendizagem, a ideia é tentar representar uma coisa factual, como os átomos se ligam, qual é a estrutura das moléculas que ele viu num microscópico eletrónico, ou usando ultravioleta, então quer um modelo para representar isto, e não tem nada a ver com a dificuldade dos alunos, então ele vai representar uma coisa vivida num mundo microscópico para ser percebida por outras pessoas, isto é uma parte para analogias, e utilização de modelos também visuais estou a falar de cartazes e outros diapositivos também que podem ser usados pelos professores, estou a falar de analogias neste sentido, a utilização de textos explicativos e comparativos de uma situação concreta científica com um situação do dia a dia vivenciada, eu dei exemplo de equilíbrio entre um jovem e um velho, onde podia se usar do ponto de vista económico, mostrar a crise económica ligar com assuntos da química, mostrar as dificuldades da vida para mostrar a catalise, como inibidores, falar num sentido financeiro em que alguém vai desencadear melhor atividade na pessoa, este é um exemplo económico, são exemplos de analogias em que podem ser usadas na química, então meu problema é seguinte, nós temos um cientista, eu sempre ressalto isto, química como ciência é feita em fórum próprio, mas colhida como disciplina escolar em que há um grupo de pessoas em primeiro, em que em principio devem ser abalizadas num conhecimento científico, mas acima de tudo deve identificar o contexto, objetivos e conteúdos da disciplina de modo com que estes conhecimentos científicos possam ser vinculados com os alunos de acordo com os propósitos definidos para cada uma destas disciplinas.

I: Então em sua opinião, qual é a utilidade relativa que eles têm - as analogias, as metáforas e os modelos?

P11: Têm, definitivamente porque a química sem o ensino, sem as analogias, sem recurso a metáfora, sem recurso a modelos é uma ciência que pode ser muito teorizada, nós estávamos a ver antes, experiencias laboratoriais são uma componente, mas outra componente sempre permanente no ensino de química tem que ser o uso destes meios, porque são os únicos que podem relacionar aquilo que não é perceptível, portanto no mundo sub-microscópico que não é perceptível, alguns aspetos simbólicos que podem passar despercebido aos alunos, só podem ser vinculados através de uso de modelos, através de uso de metáforas e através de uso de analogias no geral.

I: Na sua opinião, são todos igualmente úteis, ou alguns deles são úteis?

P11: Eu considero que alguns são um pouco mais úteis do que outros, principalmente a coisa mais útil para mim, estou a ver o uso dos modelos, para o ensino de química, uma escola que não tenha modelos de átomos, moléculas por exemplo, esta escola pode ficar, quer dizer, é tao preocupante como não existir laboratórios, considero que os modelos são uma componente chave para o ensino de química, o uso das metáforas, as metáforas as vezes fazem parte do desencadeamento do professor, tem a ver com a criatividade do professor, o mesmo diria também para o uso de analogias, há analogias internacionalmente concebidas que passam de geração para geração, mas há outras que são criadas pelos professores usando a realidade local e a experiência mais conhecida na zona em que a pessoa está, então pode se usar analogia, exige muita criatividade do professor, já o uso de modelos não tem nada a ver com a criatividade do professor, são coisas estandardizadas, que devem ser usadas tal como estão.

I: Em sua opinião, as analogias apresentam potencialidades na produção de conhecimento em química?

P11: Definitivamente sim.

I: Por que é *sim*?

P11: O meu problema é o seguinte, se nós olharmos para aquela perspetiva piagetiana, o conhecimento inicial do aluno e o novo conhecimento nem sempre se reconciliam facilmente, a ideia é que novo conhecimento deveria se enquadrar no conhecimento que existe, este processo de ancorar o novo conhecimento ao conhecimento já

existente, quando há dificuldade do aluno vincular o novo conhecimento ao conhecimento já existente, o uso de analogias ajuda a assimilar estes conteúdos, a intermediar de forma pacífica, portanto o processo de assimilação, equilíbrio, desequilíbrio, então há uma dissatisfação mental que o aluno tem que pode ser facilitada através de uso de modelos, quando você diz por exemplo, esta é uma estrutura tetraédrica, eu tenho na minha cabeça tetraédrica como figura da matemática, para fazer a situação de tetraédrica matemática para a química em que o átomo central, está de um lado para o outro, eu posso ter ideia não muito exatas sobre tetraédrica relacionadas a estrutura por exemplo do metano, mas através de um modelo, através de uma analogia bem feita, eu acabo ter uma ideia muito realística sobre o que é uma estrutura por exemplo tetraédrica, o carácter dinâmico de um equilíbrio químico, poderia dar a entender, o dinâmico significa, agitado, esta é a questão do dia a dia, traduzido para o carácter dinâmico na química, o dinâmico significa não parar por um lado, mas por outro lado significa que as concentrações variam automaticamente, traduzindo para o equilíbrio químico, estou a usar exemplos que conheço, estes exemplos todos ajudam a vincular o conhecimento daquilo que é a potencialidade das analogias para a explicação do conteúdo da matéria do ensino de química, volto a dizer que química sem o uso das analogias, pode ficar muito prejudicada.

I: Então, na sua opinião, as analogias têm potencialidade no contexto de produção de conhecimentos de química?

P11: Definitivamente sim, o conhecimento científico real, ou próximo a realidade é ajudado pelo uso das analogias.

I: Em sua opinião, a utilização de analogias no contexto de produção de conhecimentos de química apresenta limitações?

P11: Sim, apresenta, porque a ideia básica, é que por mais que utilizemos analogias, é uma intenção de representar graficamente ou de forma visual, ou verbalmente uma situação difícil, naturalmente que na apresentação destas questões, há algumas limitações, o conteúdo, aquilo que é limitação pode não ser vinculado totalmente, portanto, o aluno pode não perceber o avanço daquilo que se pretende, daí é criar uma primeira questão, a segunda é que ele pode perceber de forma errada, o uso de analogias, ao invés de servir o propósito é criar um conceito errada do aluno sobre como ela é, é só um exemplo, são alguns riscos de uso de analogias, pode ter uma concepção errada, de um lado, e não cumprir qual o desenhado o processo analógico.

I: Então, no caso de utilização de analogias no ensino de química, estas também apresentam limitações?

P11: Principalmente no ensino de química como eu referi anteriormente, pode ser mais do que na biologia e física, eu chamo atenção aqui para o carácter submicroscópico de química, há aspectos que ocorrem num mundo submicroscópico que tem a ver com elétrons, prótons, partículas subatómicas, por um lado, e, por outro lado, para entender as próprias partículas atómicas, moleculares ou iónicas, alguém perceber que num copo de água por exemplo, lá dentro existem moléculas de água, a forma como estas moléculas estão dispostas é uma forma de compreensão, alguém entender que num punhado de cristal de sal por exemplo, entender que lá há íons de sódio e cloro, estas questões todas, podemos usar várias analogias, as vezes existem analogias para mostrar a estrutura dos átomos, podemos usar até analogias do átomo, para mostrar como é que se ligam, esta é a intenção mas, mesmo com o uso destas analogias, o aluno pode não ter a percepção exata do que se pretende, esta é a questão, é uma das limitações, ou até desencadear um processo negativo que é ter uma percepção errada por causa do uso de analogias.

I: E, em sua opinião, o uso de analogias, na produção de conhecimentos de química, comporta riscos?

P11: Ya, exige uma preparação por parte do professor, ele deve se entender as analogias, primeiro é conhecer a intenção destas analogias, por detrás de uma analogia, há uma intenção, a ideia é vincular alguma coisa que seria difícil, então a ideia é entender o que é que está por detrás de uma analogia ou de uma determinada analogia, tem que entender isto, e em segundo lugar é saber como vincular esta analogia no geral, no contexto em que você está ensinar de modo que seja desencadeado o processo que você quer que chegue, se é compreender, se é explicar, se é não sei quando, tudo isto deve estar bem claro, então exigem uma preparação por parte do professor antes, para não desencadear como disse repito ao invés de facilitar, complicar ou algumas vezes mesmo, criar concepções erradas, mas difícil de remediar do que seria sem a utilização de modelos.

I: Teve alguma formação para uso de analogias na produção de conhecimentos de química? Sei que é formado, não só para a didática, mas também para outras áreas de química.

P11: De forma específica não, mas na minha formação didática, tratei muitos aspectos de química, e uma área que me interessou muito é área de níveis de abordagem de química, tive uma abordagem macroscópica, sub-microscópica e simbólica, em que os alunos tem dificuldades de fazer transição do nível sub-microscópico para o nível macroscópico, e por causa desta dificuldade, eu aperfeiçoei muito o uso de analogias, que é um problema genérico de química desde a primeira unidade de qualquer classe que se ensina a química, o estudante sempre terá uma situação em que tem que transitar de um nível sub-microscópico, num nível em que de facto se opera química, as ligações químicas, são entre átomos e o que participa nas ligações químicas são os eletrões, os produtos que nós conhecemos exibem propriedades macroscópicas que são derivadas de aspectos sub-microscópicos que existem, então reconhecendo a relevância da transição do pensamento do aluno de um mundo microscópico para o mundo macroscópico acabei reconhecendo a relevância de uso de metáforas, modelos, experiências, em suma o uso de analogias para vincular aspectos do mundo sub-microscópico a aquilo que são propriedades macroscópicas exibidas pelas substâncias que nós manipulamos no mundo da química.

I: Então, dá para entender que teve formação para o uso de analogias para ensinar.

P11: É implícita e não explícita, não há um modelo específico do tipo tive uma unidade temática ou um assunto específico, mas repito aqui, é por conhecer a natureza, eu tive uma didática muito especial, principalmente na área do mestrado, em que foi abordado aspectos específicos do ensino de química, a questão do uso de linguagem na química, a questão do género na química, por exemplo é um aspecto que foi tratado, veja que há aspectos de linguagem que são usados na química que colocam a mulher na posição fraca, do tipo ácido forte é aquele que se dissocia completamente e o fraco é aquele que se dissocia parcialmente, a força de atracção, há uma linguagem na química que é usada que em algum momento pode não ser atrativa para as mulheres, porque está associada a força e a força normalmente está associada ao homem, são questões básicas, portanto uma formação específica na área de analogias não a tive, mas por ter sido formado sobre como tratar conteúdos da matéria na química acabo tendo a maior sensibilidade sobre como tratar estes aspectos.

I: Costuma usar analogias para ensinar conteúdos da didática de química?

P11: Muitas vezes.

I: Em que condições recorre ao uso de analogias nas suas aulas de didática de química?

P11: Não percebi, desculpe?

I: Em que momento da aula recorre ao...

P11: Em algum momento tem a ver com o conteúdo específico que exige o uso da analogia, muitas vezes uso analogias depende do contexto do ensino da própria disciplina, portanto há uso de analogias na didática, como tratar conteúdos específicos de química no ensino, são duas fases, uma da abordagem da química como disciplina escolar e o uso de analogias num tratamento das analogias na matéria do ensino.

I: Depois voltaremos ao assunto, mas... Quando usa analogias (já que disse que usa), torna explícito para seus alunos que está a usar uma analogia?

P11: Às vezes é de forma implícita e as vezes é de forma explícita.

I: Por que é que faz isso?

P11: Algumas vezes não precisamos dizer que estamos a usar a analogia, mas pode se dizer que esta questão pode ser comparada, vinculámos conteúdos apenas, através de uma comparação a uma explicação funcional sem explicar aos alunos, porque é desnecessário. Há duas formas de analogias, há uso explícito em que dizemos que isto compara-se a, é semelhante a, e há uma forma implícita em que sem dizermos nada acabamos vinculando, do tipo por exemplo, quando falamos da proximidade dos átomos, é como se fosse um objeto que se aproxima a algo mais quente em relação ao outro, é como se usar o calor para explicar a questão dos átomos que apresentam maior eletronegatividade.

I: Em que conteúdos tem usado analogias nas suas aulas de didática química?

P11: Eu costumo dizer basicamente, quando falamos de estrutura atômica, são aulas que se utiliza muita analogia, estamos a falar de forma específica, no processo químico-técnico, no equilíbrio químico, são algumas situações que nós usamos, até já tivemos situações sobre o uso de analogias as aulas sobre funções inorgânicas, mesmo para falar de situações para mostrar o carácter específico das substâncias puras e misturas, também podemos recorrer a analogias, são alguns exemplos.

I: Mas... gostaria que desse um exemplo de uma analogia que usa nas aulas de didática de química.

P11: Para a didática de química, estou a falar especificamente na forma de como ensinar os conteúdos de matéria de ensino de química, primeira coisa que tenho que dar a entender é o seguinte, a analogia básica é como se fosse uma construção, é uma forma que se usa de modo geral, portanto na construção de uma casa, nós colocamos um bloco sobre o outro, mas para estes blocos, terem a consistência desejada precisam de colocar cimento sobre eles, depois é preciso colocar uma viga, isto é uma abordagem geral que eu utilizo na questão de mostrar o conhecimento químico é construído um sobre o outro, falamos da espiralidade do ensino, não um bloco que pode ser considerado mais importante que o outro por estar em baixo ou em cima, todos eles tem uma determinada função, a função básica é formar um determinado corpo de conhecimento e é por isso que o ensino está dividido em ciclos, tem o primeiro ciclo, em que tem 8^a, 9^a e 10^a onde não há uma classe mais importante que a outra, e os conhecimentos de uma classe para a outra, ligam-se entre eles e no fim forma um conhecimento geral, na 11^a e 12^a classe, idem, onde os estudantes tem conhecimentos, em cada uma das unidades da 11^a classe, da 12^a classe, todos eles parecem isolados, mas juntam-se todos e formam um bloco de conhecimento e é por isso que são formulados objetivos de ensino, no ensino secundário geral no primeiro ciclo, onde existem objetivos de ensino de química no segundo ciclo, significa que cada classe contribui com seu conhecimento, mas no fim é para desencadear o processo que usam, esta é uma analogia típica da didática, é analogia de como os conteúdos de uma disciplina estão arrumados e comparados com a construção de uma casa o que resulta mais tarde em uma parede consistente que é útil para a pessoa que vai usar a casa.

I: Nas suas aulas de didática de química, trabalha com analogias sobre estrutura atômica?

P11: Mencionei isto, para eles por esta ser uma área mais sensível da química na escola, o cerne da questão, como eu disse, tudo o resto que nós notamos na química, tem como essência a estrutura atômica Entender o átomo que é uma partícula invisível a olho nu, o aluno tem que abstrair porque não vem, e depois este átomo é constituído por um núcleo, que tem dentro dele prótons e neutrões, segundo nível de abstração e eletrões na sua eletrosfera, terceiro nível de abstração, onde o aluno tem que imaginar, estes eletrões ligam-se de forma, rede partilha, entre diferentes átomos, para constituir diferentes níveis de ligação, este é um nível de abstração, e para depois entender que tem uma forma geométrica, estes eletrões forma uma estrutura tetraédrica, hexagonal, etc, é o quarto nível de abstração, para depois referir que esta forma de arrumação determina polaridade de arrumação que tem propriedades macroscópicas exibidas, então, grande parte das propriedades observadas, resultam do que acontece nível da estrutura dos átomos que nem se podem observar, então se há uma unidade temática, crucial para o uso de analogias, é a estrutura atômica, e os nossos estudantes devem saber isso e fazerem o uso de analogias nesta matéria na escola. Eu julgo que se as analogias sobre o átomo forem bem usadas por eles no ensino secundário, outros assuntos com maior ou menor dificuldade ficam mais ou menos facilitados, o aluno pode ser capaz de compreender estas questões.

I: Que analogias tem usado quando trabalha com a estrutura atômica?

P11: Eu chamo mais atenção no uso dos modelos, este é um lado, por outro lado são os desenhos para ilustrar o carácter, principalmente o modelo de Bohr, camadas, subcamadas, para um determinado nível, aquilo é uma analogia também para mostrar, estrutura atômica e comparar, por exemplo já existe o modelo inter-planetário, para mostrar os planetas que estão mais próximos do sol são mais quentes em relação aos planetas mais distantes, da mesma forma que a força de atracão entre os eletrões e a carga nuclear, é maior em relação aos que estão distantes do núcleo. Para além do sistema planetário temos falado de um fogão um objeto próximo de um fogão, recebe mais calor do que aquele que se encontra mais afastado, então isto pode se usar, para mostrar que os eletrões mais periféricos é mais fácil cederem do que os que estão mais próximo do núcleo, isto é mais fácil para Bohr do que quando formos na mecânica quântica, em que os aspetos são mais, introduz-se o conceito

de orbital, é outro nível de abstração, ainda quando falamos de orbital s, orbital, d e f, para além de camadas, acaba sendo mais abstração, em que o aluno na escola pode não entender. Aquela conceção que tinha de próximo ou distante do núcleo, acaba ficando mais diluída quando entramos neste aspeto, é por isso eu costumo dizer que na química, mais que na biologia e física tem objeto geral comum, ele é a base de experimentação, a química tem outros aspetos particulares que é o nível de abstração, para além da biologia.

I: Em média, quantas analogias usa nas suas aulas de didática de química? Duas, quatro, cinco...

P11: Não exagero muito, o meu problema é que sou muito cauteloso ao uso de analogias, eu acho que quando mais analogias for a usar, os alunos podem se perder e ficarem impressionados com analogias eu prefiro usar uma, duas, prefiro assim, se não há risco de o aluno não perceber e ser uma questão popularista da química, ao invés daquilo que é ciência?

I: Usa-as em todos os temas?

P11: Depende do contexto, como eu disse, a analogia é um recurso quando há falta de compreensão normal do conteúdo, e o aluno conhecer algo que lhe possa ajudar na comparação se eu diagnostiquei que há uma falta de compreensão por experiências passadas dele posso me socorrer da analogia para lhe fazer melhor entender a matéria, se o que ele conhece pode esclarecer a matéria uso se não dá não uso para não complicar, é só quando há dificuldades de compreensão de uma determinada matéria.

I: Costuma enfrentar dificuldades quando usa analogias nas aulas de didática de química?

P11: Como disse, analogia não é sempre perfeita, há sempre complicações, é intenção de esclarecer algo, então a aspetos que você pode usar e negligenciar outros, aqui há aspetos, por isso eu disse que o uso de analogias, é uma questão na didática, é preciso entrar na mente do aluno, e ver que o aluno normalmente não compreendeu isto e depois pensar porque não compreendeu, para depois desenvolver uma analogia que é suficiente, caso contrário não terá analogia, ou estaria a drenar um outro abismo maior do que aquele que você teria sem o uso de analogias.

I: OK. Que tipo de dificuldades tem enfrentado?

P11: Dificuldade é de compreensão, já tive caso em que o aluno compreende linearmente a analogia, em que o aluno entende a analogia usada no sentido em que foi usada e não no sentido do ensino, já existem estes casos, já houve situações percebidas, como disse anteriormente, você usa para facilitar mais ao invés de facilitar você acaba prejudicando o aluno, mas, grosso modo, as analogias, acabam cumprindo aquela que é a função que é a facilitação da compreensão daquilo que é o conteúdo de ensino, principalmente para a parte científica.

I: Senhor professor, quando é que decide usar uma analogia? Antes da aula ou durante a aula?

P11: De preferência antes da aula.

I: Porquê?

P11: Há uma didática básica que ajuda a conhecer os riscos que a analogia pode ter para o aluno, o professor deve entender o uso das analogias, que limitações tem, porque precisa conhecer que as analogias tem limitações, pode ilustrar uma situação e negligenciar a outra, por exemplo no uso da estrutura tetraédrica do metano para mostrar, não fica clara a questão dos eletrões partilhados, não fica clara a questão daquelas nuvens de eletrões, também é uma questão, eu estou a apresentar uma coisa, mas há uma coisa não apresentada, é preciso conhecer que os modelos e as analogias apresentam limitações, mas se você for a usar de forma improvisada dentro da aula, há um risco e certas limitações das analogias que se podem evitar se serem bem antecipadas durante a planificação podem ser negligenciadas.

I: Costuma ensinar os seus estudantes a usar analogias para ensinarem a química, no geral, e estrutura atômica, em particular?

P11: No geral sim, costumamos ensinar muito, é por isso que de forma particular da estrutura atômica como eu disse anteriormente o uso de massalás, cartazes e de varias situações, porque é uma questão que exige muito, se fizermos uma abordagem comparativa, o aluno teve biologia celular, teve Robert Hooock que ele conseguiu observar através de microscópico, mas ele também consegue observar através de microscópico, apesar de ele

saber que célula é a unidade básica e funcional dos seres vivos, na química quando ele começa a tratar de átomo, é uma situação em que ele não pode ver, não tem como, é a primeira situação nem na matemática, na física, é uma situação que ele não pode ver, você pode entender o que acontece no citoplasma, porque você viu a célula, e entendeu o que está no meio e compara com um ovo, na química você está falar de um átomo que tem que abstrair na forma geométrica, abstrair na forma de elétrons, e dali inserir nas propriedades, então são muitos níveis de abstração, então se há uma unidade na química, poderia ser o uso de analogias, mas não usar analogias na estrutura atômica e na tabela periódica, há um risco de muitos conhecimentos que são construídos, a partir de conhecimento da estrutura atômica ficar mais abstrato.

I: OK. Então, por que costuma ensinar sobre isto? Já havia referido uma parte...

P11: Há necessidade mesmo do uso, bem isso para mim é uma unidade chave da química, estrutura atômica e tabela periódica, como disse trata-se de um nível macroscópico e ter vários níveis de abstração, anterior, então a nível de abstração, 1, 2, 3, ou até 4, e esta abstração não é conhecida na sociedade, em que você viu uma coisa tem que abstrair, abstrair a abstração de abstração, depois abstração da abstração, são níveis diferentes, e isto é muito comum na química.

I: Senhor professor, em que se baseia para usar analogias nas suas aulas de didática de química?

P11: Algumas analogias estão feitas na literatura como eu disse, a questão de equilíbrio químico é uma analogia muito frequente que existe na literatura, basicamente na literatura e na experiência própria...

I: OK. Que importância atribui às analogias que são apresentadas nos livros de química e de didática de química?

P11: São úteis para mim, eu digo isto, mas eu digo que é preciso censurar, no contexto de Moçambique, algumas analogias foram feitas no contexto vamos supor de Portugal e Brasil, e partiram numa realidade em que as dificuldades que os alunos têm, temos um mesmo conteúdo, a estrutura atômica e tabela periódica, em que o aluno em Moçambique, pode entender de forma diferente ao aluno de Portugal ou Brasil, eu procuro enquadrar tendo em conta a realidade local, aliás esta é uma realidade a dar os professores a usarem analogias.

I: Costuma usar analogias que aparecem nos livros de química e de didática de química?

P11: Eu uso todas elas com um cuidado especial.

I: Que critérios adota para selecionar as analogias que usa nas aulas de didática de química?

P11: Exigências de programa de ensino, é o primeiro critério, a natureza da analogia, é o segundo critério, e o terceiro critério é a funcionalidade da analogia, procuro avaliar se a analogia vai ser ou não importante para o aluno. A analogia ajudar para que se atinjam os objetivos da aula, isto é, que o meu aluno aprenda com base no uso da analogia, procuro avaliar se a analogia é boa e se há de fazer chegar a mensagem de melhor forma para o aluno, e aqui entram outros critérios que não interessam mencionar então a seleção das analogias tem a ver se ela vai fazer com que o aluno aprenda o conteúdo programático, o que quero ensinar com a analogia, esse é o critério mais importante para a escolha da analogia.

I: OK. Gostaria que desse um exemplo de uma analogia que usa nas suas aulas de didática de química e que considera ser uma boa analogia.

P11: HUUUUUU, é complicado na didática de química, mas há uma analogia que eu tenho usado por exemplo para mostrar a relevância da planificação das aulas, de química. Costumo usar uma analogia da cozinha em casa por exemplo, você tem uma dispensa com vários ingredientes, que seriam os meios e métodos, do mesmo jeito que na planificação das aulas você pode fazer a recolha da informação, mas isto é um bom ponto de partida para fazer boa comida, mas a boa comida depende de como você mistura os ingredientes, do mesmo jeito que na planificação das aulas você pode fazer a recolha da informação, é um ponto de partida, a forma como você arruma inteira estes conhecimentos é importante para fazer com que os alunos aprendam novos conhecimentos, então o professor formula a aula que é uma busca de informação do que vem no programa de ensino, mas isto só não basta, e chamo a questão ao uso de programa de ensino, o programa de ensino tem orientações muito específicas, em que muitos alunos vão a Mateus Lengo, a Glinka, e descobrem analogias, analogias que veem definição de substâncias, tipos de misturas, são semelhanças de conceitos, só que este tipo de mistura num contexto brasileiro,

tem uma determinada função, mas pode ser diferente do tipo de mistura quando for tratado num contexto português, lembra que o tipo de mistura é uma forma genérica, só que no contexto de Moçambique, a química, pelo tipo de pensamento que os alunos têm, por causa da linguagem que adquiriram antes até uma certa classe sobre a língua portuguesa mesmo, tendo problemas de linguagem, estes aspetos, são tomados em consideração, portanto daí voltar aquela informação, buscar a informação e ter a informação é ponto de partida, mas isto não é garantia de ter um prato saboroso.

I: OK. Por que é que considera esta como uma boa analogia?

P11: por estar muito próximo aos alunos e acho por ser algo que o estudante convive com ele no seu dia a dia. O estudante pode pensar na cozinha e ver como se preparam refeições e daí pensar como se pode preparar uma aula de química. Eu acho que eles podem relacionar com muita facilidade com o dia-a-dia deles, isto todos percebem por ser uma coisa perceptível e os alunos relacionar o aspeto referenciado com o dia-a-dia, isto todos percebem, podemos ver outros exemplos como as dificuldades económicas, por exemplo uma família que não tem dinheiro, de repente tem dinheiro, o propósito é melhorar as suas condições de vida, a escola dos seus filhos, coisas básicas assim, então se a pessoa recebe um dinheiro, as suas necessidades vão melhorar, então a existência do dinheiro funciona como catalisador, também pode se ver a não existência de dinheiro que pode impedir algumas coisas básicas, é um outro exemplo.

I: Muito obrigado, senhor professor. Quando usa analogias nas suas aulas, costuma avaliar o seu efeito na aprendizagem dos alunos?

P11: Esta é forma ideal, as vezes é pelo processo, de forma ideal era avaliar para ver qual é o impacto de uso de analogias, mas muitas vezes nós garantimos que aquela analogia é útil e quando usada vai desencadear o processo desejado e aprender-se o conceito que se queria ensinar, eu julgo que seria muito importante fazer uma avaliação, pessoalmente do que eu utilizo, eu procuro muitas vezes fazer aperfeiçoar o uso de analogias e identificar as limitações que eu tive nas analogias pouco a pouco com os alunos.

I: Costuma fazer avaliação das analogias incluídas nos livros de didática de química?

P11: Nunca prestei muita atenção, eu julgo que há muitos aspetos a considerar, provavelmente de uma forma leiga, eu julgo que as analogias apresentadas tem um valor, ou um impacto positivo por parte dos conteúdos da matéria e do ensino da disciplina, não presto muita atenção, embora eu julgo que a atitude do professor mais sensata é avaliar tudo que se ensina para os alunos, o mais sensato seria fazer mesmo, embora não seja muita pratica minha.

I: Gostaria que desse um exemplo de uma analogia incluída nos livros de didática e que considera ser uma boa analogia.

P11: Não temos muitos livros de didática, é preciso ter atenção, dos que existem devo confessar que a quantidade de analogias apresentadas é muito reduzida, na minha ótica não tenho muito a criticar ou a dizer em relação a isto.

I: OK. Tem feito avaliação das analogias existentes nos manuais escolares do ensino secundário geral?

P11: Muitas e a constatação geral é que algumas delas são miss liding, isto é, induzem a erros, inclusive algumas delas nos manuais de planificação, apresentam a situação de química como fabula, a dizer que eu sou o átomo x, como pessoa por exemplo, existem estas situações, na minha ótica são meio infelizes, porque podem desencadear um contexto não esperado, num mundo como hoje em que há tecnologia desenvolvida em que os bonecos falam, então há um risco de o aluno ficar para este mundo emocional de ficar nas analogias como fabula, do que olhar para os aspetos científicos.

I: E costuma fazer esta análise com seus estudantes?

P11: Sim tenho. Sim com meus estudantes do último ano, durante o primeiro semestre quando vão a escola dar aulas, esta avaliação pode ser feita quando estamos a fazer a análise dos ME que irão usar, olhando para lá, os termos que lá estão e as analogias, modelos que usam os livros de químicas diferentes ajudam a perceber isso, para que o conhecimento seja transmitido, é mais por aí.

P11: Algumas vezes.

I: Quando é que faz e como é que faz?

P11: Na planificação das aulas.

I: OK. Costuma pedir aos seus estudantes para usarem analogias nas aulas de didática de química?

P11: Sempre, a ideia básica é aquela que apresentei anteriormente, que a química tem aspetos teóricos, e é preciso que usem analogias no tratamento deste conteúdo, no maior número possível.

I: E quando que faz isso?

P11: Nas preparações das aulas possivelmente.

I: E os seus estudantes apresentam dificuldades quando lhes pede que produzam analogias?

P11: Muitas dificuldades.

I: Por que pensa que fazem isto?

P11: Sim eles apresentam dificuldades em usar analogias.

I: Quais são as dificuldades que os seus estudantes apresentam?

P11: É falta de referenciar, e domínio da química em si, falta de habito, a ideia de átomo e de ião é abstrata para o aluno, são situações em que o aluno algumas vezes meditar na existência destes, sem ter muita certeza do que está a falar ter uma evidência direta, como eu disse anteriormente a questão das analogias, é uma questão científica, você tem que ter a parte científica, você tem que ir a um laboratório ver um espectro de átomo de hidrogénio, espectro de átomos de sódio, e isto através de cores, picos não sei quando, e ganha mais convicção em ver que o átomo hidrogénio, é o único, o átomo de sódio é único, fez experiências em que viu o átomo de sódio, as suas colorações, e isto acaba sendo mais convicto sobre o que é um átomo, uma molécula, um ião, e daí pode criar analogias vezes.

I: OK. Como é que os seus estudantes reagem às analogias existentes nos livros de química? Eles dão-lhes alguma importância? Compreendem essas analogias?

P11: Eles nem se preocupam em compreender isto aí, a ideia básica é seguinte é uma analogia, no geral, a questão de analogias é a questão de como os estudantes olham para o livro, a ideia geral é que o que aparece no livro não é discutível, é algo geral, não especificamente das analogias, mas no geral.

I: Como é que os seus estudantes reagem às analogias existentes nos livros de didática de química. Eles dão-lhes alguma importância? Compreendem essas analogias?

P11: Primeiro dificilmente ele tem acesso a livros de didática, podem até não verem a sua importância e duvido que compreenderiam.

I: Como é que os seus alunos reagem às analogias existentes nos livros escolares?

P11: De forma pacífica, a ideia é tomar um conhecimento garantido, é usar como um produto e não como um processo, eles nem têm tempo de julgar, é só usar.

I: E, em sua opinião, os estudantes que concluem o curso de ensino de química irão, ou não, usar analogias nas escolas?

P11: A minha percepção geral é seguinte, do jeito que está desenhado o plano curricular de ensino de química aqui na universidade, apesar de estar expostos a situações de analogias, não lhes cria um estímulo, sobre a relevância do uso das analogias na matéria de ensino, é um assunto que aparece de forma transversal, simples, não como uma obrigação que o professor use no ensino.

I: OK. E, em sua opinião, o uso, ou não, de analogias nas aulas de didática de química influenciará o uso desta ferramenta, por parte dos estudantes, quando chegarem às escolas?

P11: Definitivamente.

I: Por que diz isto?

P11: Na universidade e noutras universidades, a ideia básica é seguinte, quando tratamos conteúdos gerais da matéria de química, este assunto de analogias, não é tratado com muita relevância, como eu disse anteriormente, fica um assunto meio diluído, você trata quando está tratar de um assunto, ou existe um conteúdo em que o estudante pensa, ou confronta as praticas dos conhecimentos anteriores com a realidade, logo, quando ele terminar num momento sai com muitas preocupações, que são dificuldades dos alunos, quando estamos a tratar conteúdos específicos, na resolução dos exercícios, então a questão de analogias, acaba aparecendo como um ponto marginal, na minha ótica como professor, só para na didática de química, na há uma unidade ou um conteúdo com mais de 4 aulas a tratar de modelos ou uma coisa assim, a uma questão que vem, uma das linhas gerais de química quando falamos de uso de modelos para o tratamento de substancias químicas e reações químicas, contudo formos a ver as frases que aparecem aí, encorajam o professor a usar modelos num tratamento de substancias químicas, como qual é a relevância, o que desencadeia, não tem nada de específico aí.

I: E, em sua opinião, a abordagem de um tema, na didática de química, sobre analogias influenciará o uso desta ferramenta, por parte dos estudantes, quando chegarem às escolas?

P11: Seria um bom ponto de partida na minha ótica, o que estou a propor, até que já existe na didática de química quando se fala de linhas gerais da matéria, não principal, o uso de modelos como meios, devia se abordar de forma mais exaustiva, e isto só seria um ponto de partida, mas dada a complicação de que este assunto, mesmo tratando nesta perspetiva não seria garantia que seria usado nas escolas, tal como os estudantes fazem experiencias quando estão a ter a formação e vem clarear qual a importância das experiências, mas quando estão nas escolas por causa da maçada em preparar e realizar experiencias, eles acabam não realizando experiencias, então seria um bom pressuposto sim, tratar disto, mas isto não lhes daria uma garantia de que seria usado nas escolas.

I: Ok, mas que pensamentos sobre analogias esta entrevista lhe trouxe?

P11: Primeiro acabou despertando, fiz uma viagem a minha formação em questão a analogias, dar uma visão de que como este assunto é importante para o assunto da química, portanto tenho consciência sobre os métodos mais adequados sobre a ciência química, nunca tinha posto na lista de prioridades assim como assunto na questão de uso de analogias, a partir desta entrevista, é possível capitalizar a matéria de ensino de química utilizando o uso de analogias num tratamento de aspetos microscópico no geral, a ideia seria qual é a abordagem microscópica existente no programa de ensino e tentar identificar analogias existentes para vincular esta matéria da questão do mundo microscópico.

I: E a sua prática relativa para o uso de analogias nas aulas de didática de química vai sofrer alguma alteração?

P11: Vai.

I: Porquê?

P11: Por esta exposição que acabei de ter e muitas coisas que acabei de dizer, foram surgindo a medida que fui falando, uma retrospectiva por exemplo do meu background académico em si, eu fiz uma licenciatura, mestrado e doutoramento na área de didática de química, está muito claro sobre formas de abordagens de química, então sou um grande adepto desta situação da interconexão do mundo microscópico para o mundo macroscópico, e uma das melhores formas de vincular isto é o uso de analogias.

I: OK. O senhor professor gostaria de alterar ou de acrescentar algo ao que disse durante a entrevista?

P11: Não, não, estou muito confortável, sinto-me seguro com aquilo que eu disse, eu disse que estou a usar a minha experiência, isto vem da alma e da minha experiência própria.

I: Muito obrigado pelo seu tempo.

P11: Ya, tudo bem.

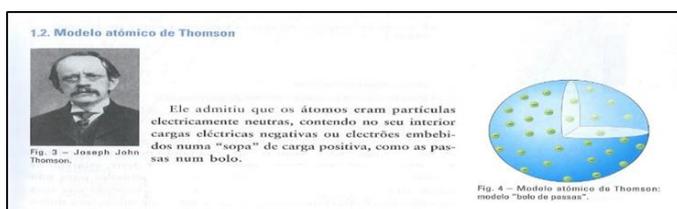
ANEXO 5

GUIÃO DA ENTREVISTA REALIZADA A ESTUDANTES FINALISTAS DO CURSO DE LICENCIATURA EM ENSINO DE QUÍMICA

1. Que idade tem? (*em anos*).
2. Sexo (*registar*).
3. Quais as suas habilitações académicas?
Ano do curso que frequenta.
4. Em que classe estagiou?
5. Durante o estágio, que unidade temática lecionou?
6. Já ouviu falar de analogias?
- 6- Já ouviu falar de analogias?
Se "sim":
 - 6.1 O que é, para si, uma analogia?*Se "não",*

Informar que uma analogia pode ser concetualizada como uma comparação entre dois domínios do conhecimento, um que é familiar aos alunos e outro que lhe é desconhecido, mas que ele precisa entender.

 - 6.2- Afinal, já tinha, ou não, ouvido falar de analogias?
7. Durante as aulas de didática de química os professores abordaram a temática de analogias?
Se "sim":
 - 7.1. O que foi dito (resumidamente) sobre analogias?
8. Em sua opinião, o uso de analogias no contexto de ensino da química tem ou não potencialidade?
Explique a sua opinião.
9. Em sua opinião, a utilização de analogias em ensino de química apresenta algumas limitações?
Explique.
10. Em sua opinião, o uso de analogias em ensino da química comporta riscos?
Explique a sua opinião.
11. Conhece alguma(s) analogia(s) sobre o átomo e/ou a estrutura atómica?
Se "sim":
 - 11.1. Por favor, descreva essa(s) analogia.
 - 11.2. Onde conheceu a(s) analogia(s) que acaba de apresentar?
12. Os seus professores de química usaram analogias para ensinar sobre o átomo e/ou a estrutura atómica?
Se "sim":
 - 12.1. Que analogia(s) foram usadas?
13. Agora, vamos conversar sobre analogias referentes a átomo e/ou estrutura atómica existentes em ME de química em uso nas escolas secundárias.
Gostaria que analisasse esta analogia [analogia 1], composta por um texto e uma figura.



O que entendeu desta analogia?

13.1. O que está a ser comparado pelo autor do ME?

13.2. Essa(s) comparação é válida? Por que diz isso?

14. Em sua opinião essa analogia pode ajudar os alunos a aprender sobre o modelo atômico de Thomson? Por que diz isso?

14.1. Em sua opinião, ela comporta alguns riscos para os alunos a aprender sobre esse modelo atômico? Por que diz isso?

14.2. Por que pensa que o autor do ME usou esta analogia?

14.3. Essa analogia poderia ser melhorada pelo autor do ME?

Se "não":

14.3.1. Porquê?

Se "sim":

14.3.2. Como?

15. Peça que leia agora esta analogia [analogia 2].

1.2.1 Modelo atômico de Rutherford

Em resumo, o átomo seria semelhante ao sistema solar: o núcleo representaria o Sol e os electrões seriam os planetas, girando em órbitas circulares e formando a chamada electrosfera.

O que entendeu desta analogia?

15.1 O que está a ser comparado pelos autores do ME?

15.2 Essa(s) comparação é válida? Por que diz isso?

16. Em sua opinião essa analogia pode ajudar os alunos a aprender sobre o modelo atômico de Rutherford? Por que diz isso?

16.1. Em sua opinião, ela comporta alguns riscos para os alunos a aprender sobre esse modelo atômico? Por que diz isso?

16.2. Essa analogia poderia ser melhorada pelo autor do ME?

Se "não":

16.2.1. Porquê?

Se "sim":

16.2.2. Como?

17. Conhece outras analogias apresentadas por ME de química?

Se "sim":

17.1. Qual/ais?

17.2. O que pensa delas? (São boas ou más para os alunos?). Explique

18. No futuro, quando trabalhar, prevê usar analogias sobre estrutura atômica que estão incluídas nos ME? Por que diz isso?

19. E tenciona utilizar outras analogias? Porquê?

Se "sim":

19.1. Há alguma analogia que gostaria de usar?

Se "sim":

19.1.1. Descreva-a, por favor?

20. Esta entrevista fê-lo pensar sobre o uso de analogias para o ensino de química?

Se "sim":

20.1. Prevê usar analogias para outros conteúdos de química?

21. Gostaria de acrescentar algo mais ou de alterar algo que tenha dito durante a entrevista?

Agradecimento

ANEXO 6

TRANSCRIÇÃO DA ENTREVISTA REALIZADA A UM ESTUDANTE (E1) FINALISTA

Investigador (I): Vamos começar com a nossa entrevista. Gostaria de saber qual é a sua idade?

Estudante 1 (E1): Tenho 30 anos.

I: E o sexo é masculino. E quais são as suas habilitações académicas? Que ano frequenta?

E1: 4º ano;

I: 4º ano. Em que classe estagiou?

E1: 9ª classe.

I: E durante o estágio que unidade temática lecionou?

E1: O estágio começou no mês de abril, e nós falámos da estrutura atómica e tabela periódica e depois falámos da ligação química.

I: Muito bem. E já ouviu falar de analogias?

E1: Já sim, já ouvi falar.

I: E o que é, para si, uma analogia?

E1: Acredito que uma analogia é um instrumento que nós usamos para fazermos análise dos aspetos que nós achamos relevantes no processo de ensino e aprendizagem, como instrumento que nos ajuda a levar o aluno a perceber uma dada matéria, olhando para a complexidade da matéria.

I: E durante as aulas de didática de química, os professores abordaram a temática das analogias?

E1: Duma maneira aberta, os professores não abordaram assim duma maneira clara, simplesmente as analogias foram aprendidas por nós por meio investigativo olhando para as dificuldades que nós temos não é, para entender determinados conteúdos e que quando nós vamos nas nossas investigações, apanhamos processos que nos ajudam a entender com mais facilidade os conteúdos, ligados a analogias e foi daí que nós começamos a entender o uso das analogias.

I: E lembra-se do que é que o professor disse sobre analogias?

E1: Duma maneira geral, como eu havia dito, este conteúdo não foi abordado duma forma sistemática, surgiram por meio de certas pesquisas que agente fez que é usado para chamar atenção a um certo conteúdo mais difícil entre aspas, como que agente percebe na sala de aulas.

I: Em sua opinião, o uso de analogias no contexto de ensino de química tem alguma potencialidade?

E1: Eu acredito que tem toda essa potencialidade.

I: E por que acha que tem essa potencialidade?

E1: Elas ajudam a melhorar a compreensão de determinados conceitos complexos, o que faz com que os alunos melhorem a aprendizagem dos mesmos principalmente no ensino de química, existem aspetos que temos vontade de ensinar, mas vemos que encontramos uma linguagem totalmente complicada, o que nos torna difícil de dar nossas aulas aos nossos alunos, mas acreditamos que com as analogias o aluno pode melhorar a compreensão e despertar a sua mente para a aprendizagem.

I: Em sua opinião, a utilização de analogias no ensino de química apresenta limitações?

E1: Sim, sim, principalmente quando nós tratamos de sistemas que envolve transformações, quando agente vê softwares que trazem estas analogias, então as vezes os colegas ou outros professores não estão muito familiarizados com esta informatização, então este para mim é um problema porque as nossas escolas não estão equipadas para esta realidade e também tem a ver com o número de alunos que nós enfrentamos na sala de

aulas, por exemplo eu tinha uma sala de aula que continha 115 alunos, o que pode também trazer dificuldades no processo de analogias.

I: Falou de um assunto que me interessou, relacionou a questão de analogias com a informática. Relacionam-se em que sentido?

E1: No sentido de existirem certos softwares com analogias de alguns conteúdos e normalmente as pessoas o que fazem, pegam estes conteúdos em forma de vídeos e levamos estas analogias para a sala em forma de vídeo-aula onde nós mostramos aquelas analogias.

I: Estas analogias, você tem-las buscado em que site? Este site que fala de analogias está ligado a Moçambique ou...?

E1: Normalmente são sites brasileiros?

I: E contêm analogias da realidade moçambicana?

E1: Realidade moçambicana não tem trazido o que acaba constituindo certas dificuldades, eu pessoalmente também, as vezes a linguagem usada é um pouco difícil e para traduzir acaba sendo um pouco complicado.

I: E em sua opinião, o uso de analogias para o ensino de química comporta riscos?

E1: Eu acredito que sim, comporta riscos porque apesar de nós trazermos estas analogias elas podem não serem conhecidas pelos alunos e estes podem não aprender os conteúdos. Podemos sim trazer para sala de aulas diferentes analogias, mas também devemos saber que os nossos estudantes são seres que vivem em diferentes meios sociais, cada um traz consigo uma bagagem diferente do outro. Isso faz com que a analogia que usamos não seja do conhecimento de maior parte dos alunos e assim não vai ser entendida como queremos. Por exemplo pode ser análogo para o António, mas pode não ser muito análogo para o Felisberto, olhando para contexto social em todos aspetos

I: Conhece alguma ou algumas analogias que possam ser usadas para ensinar sobre a estrutura atômica?

E1: Na verdade eu ainda não vi uma analogia que me leva muito a crer nisto, apesar de que quando estamos a falar da introdução da teoria atômica tenta pegar algumas coisas que se dividem em pedaços pequenos chega a ser indivisível não é, o que nós chamamos de átomo, duma maneira assim mais clássica, eu nunca vi.

I: Então, já viu uma comparação que os cientistas fazem sobre o átomo?

E1: Já sim, comparação do átomo com uma esfera, com a bola de bilhar, a comparação de átomo com o pudim de passas, entre outras...

I: E pode descrever essa comparação?

E1: No modelo de Thomson existe a analogia de pudim de passas, onde se afirma que o átomo é parecido a um bolo de passas então, voltando na ideia anterior sobre o risco dessas analogias é por exemplo dizer para um estudante que o átomo é como se fosse um pudim de passas, é difícil para uma pessoa que não percebe o que é pudim, perceber como é o átomo segundo Thomson, é mais ou menos isso.

I: E os seus professores de química usaram analogias para ensinar sobre o átomo ou a estrutura atômica, aqui na universidade ou na escola?

E1: Eu acredito que cá na universidade, as analogias são muito usadas, falamos da bola de bilhar na química básica do primeiro ano, do sistema solar no primeiro ano na química geral e isso já foi falados nas outras classes, por exemplo para mim, foi na 8^a e 9^a classe onde se falou de átomo pela primeira vez, então eu acho que precisava de ter essas analogias que iam me ajudar a dar as minhas aulas.

I: OK. Agora vamos falar sobre analogias referentes ao átomo que aparecem nos manuais de ensino de química em uso nas escolas secundárias. Gostaria que analisasse esta analogia, que eu chamei aqui de analogia 1, e que um texto e uma figura.

[E1 lê a analogia 1]

I. Já leu?

E1: Já sim.

I: E o que entendeu nessa analogia?

E1: Nessa analogia, ele faz uma comparação do modelo de Thomson com um bolo de passas. Ele acredita que nós temos aqui elétrons que estão embebidos numa sopa, o que pode dar a entender que os elétrons estão mergulhados na sopa, e isso não ajuda a compreensão do modelo atômico de Thomson. Parece que aqui há uma junção lá dessas partículas de carga negativa dentro do átomo.

I: O que está sendo comparado pelo autor no manual escolar?

E1: Oh, desta maneira acredito que a linguagem para mim não é..., acredito que a linguagem não é muito abrangente.

I: Mas essa comparação, para si, é válida ou não?

E1: Oh, acredito que a linguagem e a palavra usada não são muito claras, embebido. O que é embeber? Eu acredito que não, eu poderia, quer dizer que o autor aqui deveria olhar mais para a nossa realidade, porque é que falo isso? Falo isso por causa de falar de passas num bolo, então nós já tivemos problemas com isto quando se diz pudim de passas ou passas num bolo, o estudante as vezes fica sem saber o que são as passas, nem o que é um bolo de passas. Eu tive dificuldades de explicar na 9ª classe, na escola vila nova durante o estágio que fiz.

I: Então você teve essa dificuldade aonde?

E1: Tive essa dificuldade na 9ª classe, na escola Vila Nova.

I: Na sua opinião, essa analogia pode ajudar os alunos a aprender sobre o modelo atômico de Thomson?

E1: É isso que eu estava a dizer, eu acredito não tanto não é, por causa das nossas realidades sociais.

I: Em sua opinião, esta analogia comporta algum risco para os alunos?

E1: Eu acredito que sim porque sinto aqui primeiras más expressões que o autor usou aqui, primeiro é embebido numa sopa e depois é o termo passas, acredito que o aluno pode não entender como estão os elétrons no átomo e não entender o que são essas coisas de passas.

I: E por que pensa que o autor usou esta analogia?

E1: Porque ele queria trazer aqui uma noção sobre o átomo nas suas ideias e queria mostrar automaticamente que os alunos tivessem uma visão sobre esse aspeto.

I: OK. Essa analogia poderia ser melhorada pelo autor do manual escolar?

E1: Poderia, poderia.

I: Porquê e como poderia ser melhorada?

E1: Primeiro aspeto que digo ela pode ser melhorada é o aspeto quando se fala de cargas estão embebidas na sopa e são cargas positivas, primeiro é perceber é sopa de que? Se for sopa de legumes, existirão lá muitas partículas ou muitas coisas com cores diferentes, então o tomate tem a sua coloração tem o vermelho, vamos ter aí ensopados carnes ou partículas se nós quisermos seguir o autor com cores bastantes diferentes e isso de facto se for a trazer essas ideias pode criar facilitações em, se perceber em que aspeto o autor quis dizer isso.

I: OK. Agora, como é que você acha que ele poderia melhorar essa analogia?

E1: Bom, essa analogia, eu acredito que o autor poderia trazer aqui um exemplo de uma coisa que vem ou uma realidade social nossa, mas que lá só poderíamos encontrar duas substâncias que essas duas substâncias deveriam ter colorações diferentes, o autor procuraria um exemplo desse e traria aqui nem poderia ter as duas colorações e essas substâncias poderia estar quase em número igual.

I: Agora gostaria que lesse, nesta segunda folha, mais uma analogia, a analogia 2.

[E1 lê a analogia 2]

I. Já leu? E entendeu?

E1: Sim, sim.

I: O que entendeu nessa analogia?

E1: Entendi que o autor queria explicar aqui que como é que é o átomo segundo Rutherford. O autor aqui acabou propondo um sistema solar, para comparar esse modelo, onde o núcleo representa o sol e os elétrons seriam neste caso os planetas não é, simplesmente para que o aluno pudesse ver o sol e os planetas para ele ter uma ideia e tentar chegar próximo a essa realidade de como é o átomo segundo o Rutherford.

I: OK. Essa comparação é válida?

E1: Essa comparação sinto que ela é mais consistente porque eu poderia comparar o número de planeta com o número de camadas eletrônicas, eu acreditaria muito porque são 7 e 7 e na sua representação ele poderia ter uma mera imaginação sobre isso.

I: Em sua opinião, essa analogia pode ajudar os alunos a aprender sobre o modelo atômico de Rutherford? Porquê?

E1: Acredito que isto pode ajudar, portanto para que o aluno entenda isso ele deve ter um pressuposto de ter estudado os planetas e o sistema solar, conhecimento que ele já adquiriu na 8ª classe, mas se ele não estudou isso ou se não domina a geografia neste caso ele não vai ter nenhuma noção a respeito.

I: Em sua opinião, esta analogia comporta algum risco?

E1: Comporta sim, por causa da geografia.

I: Qual é o risco que comporta?

E1: Pode comportar sim, se os alunos não entenderem como é constituído e funciona o sistema solar na geografia, pode ser por causa de não saber geografia mesmo. O risco que se corre aqui, é que o aluno não conhecer primeiro os planetas, como eles estão dispostos, como é que eles se relacionam com outros planetas, como giram ou como é que acontece este movimento de rotação e translação ou outros movimentos dos planetas em torno do sol. Se aluno não saber isso é um risco, não vai entender.

I: Essa analogia poderia ser melhorada pelo autor do manual escolar?

E1: Melhorar como tal não, mas pressupostos da geografia não é, conhecimentos disto, poderia ou não, o professor poderia trazer um manual de ilustração desses planetas como estão dispostos.

I: OK. Conhece outras analogias existentes nos manuais escolares de química?

E1: Basicamente para mim não é, eu vejo que os manuais escolares de química trazem sobre o átomo...

I: Mas outras para além destas?

E1: Não, não...

I: No futuro, quando trabalhar, pretende usar analogias presentes nos manuais escolares de química?

E1: Algumas delas, aquelas em que eu vou de acordo com o que o autor propõe, sem problemas.

I: OK. Tenciona usar outras analogias, para além destas, sobre estrutura atômica?

E1: Sim sim...

I: Porquê?

E1: Sim, sim. Usarei outras analogias porque as analogias podem melhorar a forma de perceção dos conceitos químicos que são complicados de explicar para o aluno o que aumenta o rendimento pedagógico nas nossas aulas. O uso de analogias é necessário principalmente quando os estudantes acham que o assunto tratado é muito

complexo para eles, como é o caso da estequiometria entre outros aspetos que ao começar logo a falar dessa ciência, as vezes para o estudante é um bocado complicado.

I: Há alguma analogia que gostaria de usar? Alguma que tenha na mente e que ache que pode ajudar o aluno aprender a química?

E1: Há uma analogia que geralmente tenho usado, principalmente quando falamos do modelo atômico de Rutherford, sobre as camadas/orbitais, então estas camadas tenho comparado com diferentes estradas ou vias por onde circulam viaturas e elas tem um número limite de viaturas que podem circular. Tenho dito aos meus estudantes no estágio que estas camadas elas são tidas como estradas, e essas estradas consoante o numero de eletrões, eles podem ser aí estas estradas como sendo sentidos opostos, uma estrada de duas faixas onde só podem passar dois carros, e uma estrada com oito sentidos opostos, 4 vindo e 4 indo, tentando dar uma visão sobre o processo de orbitais atômicos. Comparo estas estradas com o número máximo de eletrões que cada nível energético pode ter. Bom, ali exatamente olha-se para os sentidos, apesar de na 9ª classe não falarem de sentidos opostos, mas eles tendem a ver, quando eles forem a ver sobre os spins, então eles já têm esta analogia como análogo.

I: Você compara estas estradas com o quê?

E1: Comparo estas estradas com o número máximo de eletrões que cada nível energético pode ter.

I: E a outra coisa que você compara qual é?

E1: Bom, ali exatamente olha-se para os sentidos, apesar de na 9ª classe não falarem de sentidos opostos, mas eles tendem a ver, quando eles forem a ver sobre os spins, então eles já têm esta analogia como alvo.

I: OK. Esta entrevista fê-lo pensar sobre o uso de analogias para o ensino de química?

E1: Sim, sim,

I: Pretende usar as analogias para ensinar outros conteúdos de química?

E1: Sim sim, fez sim. Sim pretendo usar, apesar de ter porque o aluno compreende muitos conceitos químicos que são abstratos. Pretendo ensinar o aluno o conceito abstrato usando o conhecimento do seu quotidiano para entender o conhecimento científico. As vezes agente quando fala de certos conceitos de química esses são muito difíceis para o aluno perceber, porque primeiro fica a parecer que estou a falar de algo estranho, então quando eu uso estas analogias eu procuro trazer ele até um determinado ponto e daí agente começar a caminhar.

I: Por que pretende usar?

E1: Pretendo levar o aluno do abstrato, ou seja do conhecimento do senso comum para o conhecimento científico, as vezes agente quando fala desses princípios são muito difícil para o aluno perceber, porque primeiro fica parecer que estou a falar de algo estranho, então quando eu uso estas analogias eu procuro trazer ele até um determinado ponto e daí agente começar a caminhar.

I: Gostaria de acrescentar algo que não tenha dito durante a entrevista?

E1: O que eu gostaria de acrescentar é sobre a linguagem que se tem usado, eu acredito que os ME que são produzidos no nosso país e são supervisionados pelo MINEDH são feitos para o território nacional. Então neste território nacional sabe-se no mínimo qual é a realidade de moçambique e que de linguagem pode ser entendida pelos alunos nem sempre vão entender o que cada um diz, devia-se ver se as analogias inseridas nos ME tem ou não a ver com o nosso país porque, a linguagem que é usada nos livros confunde muito o aluno porque na sua realidade ele não tem por exemplo o conceito de passas na sua vida, nunca ouviu falar, se eu estou a trazer uma analogia, eu não posso complicar mais a cabeça de estudante com algo novo, porque eu acredito que aí eu não estaria a fazer nada.

I: Muito obrigado. Obrigado pela paciência e pela disponibilidade.