

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

AS CONCEPÇÕES DE FUTUROS PROFESSORES DE QUÍMICA
SOBRE ANALOGIAS: ESTABELECENDO RELAÇÕES ENTRE SEUS
CONHECIMENTOS DECLARATIVO E PROCEDIMENTAL

THAIS MARA ANASTÁCIO OLIVEIRA

OURO PRETO

2015

-

**AS CONCEPÇÕES DE FUTUROS PROFESSORES DE QUÍMICA SOBRE
ANALOGIAS: ESTABELECENDO RELAÇÕES ENTRE SEUS
CONHECIMENTOS DECLARATIVO E PROCEDIMENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como
requisito parcial para obtenção de grau de
Licenciando em Química, do Curso de Química
Licenciatura da Universidade Federal de Ouro Preto.

Orientadora: Nilmara Braga Mozzer

OURO PRETO

2015

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Título: *AS CONCEPÇÕES DE FUTUROS PROFESSORES DE QUÍMICA SOBRE ANALOGIAS: ESTABELECENDO RELAÇÕES ENTRE SEUS CONHECIMENTOS DECLARATIVO E PROCEDIMENTAL.*

Aluna: *Thais Mara Anastácio Oliveira*

Orientadora: Nilmara Braga Mozzer

Primeiro Semestre de 2015

Este trabalho foi defendido e aprovado em seção pública realizada no dia 30 de Junho de 2015, no laboratório de Ensino de Química, como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciando em Química, perante a seguinte comissão examinadora:

Prof.^a Clarissa Rodrigues

Professora Supervisora

Prof.^a Nilmara Braga Mozzer

Professora Orientadora

Prof. Fábio Augusto Rodrigues e Silva

Professor Examinador

Ouro Preto

2015

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me proporcionado esta oportunidade e por ter me dado forças para aproveitá-la.

Aos meus pais, Aparecida e João Bosco, meu porto seguro. Agradeço pelo amor incondicional que sempre me deram, por sempre me encorajarem a seguir em frente e, apesar das dificuldades, não terem medido esforços para que eu pudesse concluir esta etapa.

Às minhas irmãs, Tacyany e Tamara, cuja presença me reconforta todos os dias. Sem vocês aqui ao meu lado me tranquilizando nos momentos de desespero eu não sei o que seria de mim.

Aos demais familiares que sempre acreditaram no meu potencial e me auxiliaram de todas as formas possíveis. Vocês são indispensáveis e insubstituíveis.

Aos meus amigos, que sempre estiveram presentes me encorajando a lutar pelos meus objetivos. Amigos que partilharam dos momentos de alegria, de desespero, de inquietação. Especialmente, às amigas Beatriz Carvalho e Gabriela Oliveira, pelo companheirismo e pela amizade.

Ao professor Fábio Augusto Rodrigues e Silva por ter aceitado ler o meu trabalho e contribuir com sugestões para sua melhoria.

Aos meus professores pelos ensinamentos e conselhos que possibilitaram minha formação no âmbito profissional e pessoal.

Em especial, à minha querida orientadora, Nilmara Braga Mozzer, pela dedicação, pelos ensinamentos, pela orientação e pelas contribuições na qualidade deste trabalho. Nilmara é extremamente gratificante trabalhar com você. Obrigada por tudo.

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) tem como objetivo investigar as ideias que estudantes de um curso de Licenciatura em Química declaram sobre as analogias (conhecimento declarativo) e as relações entre esse conhecimento declarativo e as analogias que os licenciandos elaboram (conhecimento procedimental). Os dados foram coletados através de um questionário e entrevistas de validação. A análise dos resultados indicou que os licenciandos investigados apresentam um conhecimento pouco satisfatório sobre analogias. Estes, na maioria das vezes, apresentaram um conhecimento um pouco mais acurado apenas no nível declarativo. Chegamos à conclusão central de que, durante a formação de professores, o foco quase que exclusivo no desenvolvimento do conhecimento declarativo sobre analogias, pode não ser suficiente para garantir que futuros professores desenvolvam um conhecimento procedimental satisfatório sobre analogias e as utilizem de forma apropriada no ensino de Ciências. A partir disso, apontamos perspectivas para a formação de professores com concepções mais adequadas sobre analogias.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
1.1. Analogias na Ciência	9
1.2. Analogias no ensino de Ciências	11
1.3. Elaboração e uso de analogias por professores de Ciências	14
1.4. Questões de Pesquisa	16
2. METODOLOGIA.....	17
2.1. Caracterização da amostra e do contexto da pesquisa	17
2.2. Coleta de dados	18
2.3. Análise dos dados	19
3. RESULTADOS	22
3.1. Principais concepções dos licenciandos sobre analogias.....	22
3.2. Descrição e exemplificação das categorias e subcategorias	24
3.2.1. Definição de analogia.....	24
3.2.2. Propósitos do uso de analogias por cientistas	25
3.2.3. Propósitos do uso de analogias por professores.....	26
3.2.4. Diferença entre analogias e outras comparações.....	27
3.2.5. Tipos de comparações e outros recursos didáticos elaborados pelos licenciandos	28
3.2.6. Ideias expressas pelos licenciandos a partir das comparações ou recursos elaborados.....	32
3.2.7. Características de uma boa analogia no ensino de Ciências	34
3.3. Analogias e outros recursos didáticos elaborados pelos licenciandos	35
4. ANÁLISE DOS RESULTADOS	43
5. CONCLUSÕES	52
6. IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO E PARA A PESQUISA	55
7. REFERÊNCIAS	56

8. ANEXOS	59
8.1. Anexo 1 – Questionários para Licenciandos de um curso de Licenciatura em Química.....	59
8.2. Anexo 2 - Protocolo da entrevista de validação dos dados.....	60
8.3. Anexo 3 - Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) direcionado ao licenciando	61

1. INTRODUÇÃO

A prática de estabelecer comparações entre o conhecido (conceitos ou ideias consolidadas) e o que se almeja compreender ou explicar é inerente ao pensamento humano. Tais comparações são essenciais para a construção do conhecimento por indivíduos.

Neste sentido, as analogias têm sido apontadas por alguns pesquisadores (por exemplo, JUSTI; GILBERT, 2006) como ferramentas potencialmente úteis em tornar o desconhecido, conhecido aos sujeitos. Isto porque elas possibilitam o estabelecimento de *relações* entre um domínio familiar denominado *análogo* e outro desconhecido ou pouco familiar denominado *alvo* (GENTNER, 1989). O *mapeamento*, processo de estabelecimento de correspondências entre as similaridades dos domínios comparados, é de fundamental importância em comparações desta natureza, por permitir a explicitação das relações estabelecidas.

Além dessa potencialidade de tornar o desconhecido mais familiar, outras também podem ser atribuídas ao uso das analogias, como: a resolução de problemas; o desenvolvimento de modelos mentais; a comunicação de ideias; a formulação de hipóteses, entre outras. Isto explica o seu amplo uso por cientistas na construção da ciência (GENTNER, 1989) e por professores e autores de materiais instrucionais no ensino de Ciências (COLL, 2005).

Apesar de todas essas potencialidades das analogias, que poderiam ser amplamente exploradas no ensino de Ciências, poucos são os trabalhos que se dedicam a investigar como professores e futuros professores compreendem e elaboram analogias. Os poucos trabalhos existentes (por exemplo, MOZZER; JUSTI, 2013; OLIVA et al., 2001; TREAGUST; DUIT; JOSLIN, 1992) apontam vários problemas relacionados ao seu uso por professores de Ciências, como será discutido mais detalhadamente, na seção 1,3.

No que diz respeito às pesquisas referentes aos futuros professores de Ciências, os trabalhos existentes neste âmbito, ainda menos numerosos que os anteriores, têm se preocupado em estudar, principalmente, como as analogias são úteis em promover a aprendizagem de conteúdos e atitudes em futuros professores (por exemplo, JAMES; SCHARMANN, 2007; PARIS; GLYNN, 2004; SPIER-DANCE et al. 2005). No entanto, investigações sobre as concepções de futuros professores são ainda mais escassas.

Em adição aos aspectos discutidos até o momento, os quais justificam a relevância de mais estudos que investiguem a compreensão de futuros professores sobre analogias, este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi motivado pela afinidade da pesquisadora com a temática em questão. Tal afinidade originou-se desde o primeiro contato com as discussões sobre analogias vivenciadas ao longo de minha formação, nas disciplinas “Prática de Ensino de Química” e “Estágio Supervisionado”.

Posteriormente, como bolsista de Iniciação Científica, passei a integrar o Projeto de Pesquisa *Raciocínio Analógico e Modelagem no Ensino de Química*, coordenado pela professora Nilmara Braga Mozzer. A partir de então, tive acesso a discussões e reflexões mais aprofundadas sobre as analogias e seu uso no ensino de Ciências. Nesse contexto, tornou-se evidente para mim a necessidade de que professores de Ciências dominem o significado de analogias e reconheçam os principais motivos pelos quais elas são elaboradas e usadas tanto na ciência quanto no ensino de Ciências. Sob essa perspectiva, me pareceu relevante, primeiramente, investigar como futuros professores de Química compreendem as analogias para que, posteriormente, possamos pensar em ações destinadas à formação docente.

Assim, no sentido de tentar agregar conhecimento ao campo e de abrir perspectivas para uma formação docente mais sólida nesta área, neste TCC nos propomos a investigar as ideias que os estudantes do curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) declaram sobre as analogias e a estabelecer relações entre essas ideias e as analogias que eles elaboram.

Para embasar as discussões que emergirão ao longo deste trabalho, nas seções 1.1 e 1.2, apresentamos uma revisão de literatura que diz respeito à utilização de analogias na Ciência e no ensino de Ciências. Na seção 1.3, discutimos sobre o uso e elaboração de analogias por professores de Ciências. E, posteriormente, na seção 1.4, apresentamos nossas questões de pesquisa.

1.1. Analogias na Ciência

Para compreender o significado de analogias na Ciência, é necessário inicialmente entender o que são modelos nesse âmbito, pois estes desempenham papel essencial na Ciência - a partir da integração entre o pensamento e o trabalho científico (OLIVA; ARAGÓN, 2009) - e relacionam-se estreitamente às analogias.

De acordo com Gilbert (1993) apud Mozzer (2008), os modelos podem ser definidos como representações parciais de entidades (ideia, objeto, evento, processo ou sistema), criados com objetivos específicos. Sendo assim, as entidades da ciência podem ser compreendidas como o domínio representado ou domínio pouco conhecido, ou ainda, domínio alvo; e os modelos, como representações derivadas do estabelecimento de relações analógicas entre esse domínio alvo e outro melhor conhecido (GIERE 1988 apud MOZZER 2013)

As relações de similaridade existentes entre domínios diferentes caracterizam uma analogia e é justamente esta relação de similaridade que também caracterizam os modelos como tal (DUITI, 1991; JUSTI; GILBERT, 2006). Em outras palavras, como os modelos são representações parciais do domínio alvo (entidades), eles são produtos de relações analógicas estabelecidas entre os domínios análogo (R_1) e alvo (R_2) (ver figura 1).

Apesar de apresentarem similaridades, os domínios alvo e análogo não se assemelham em todos os aspectos. Essa ideia está representada na figura 1, na qual o domínio alvo (R_2) e o domínio análogo (R_1) compartilham de algumas similaridades estruturais (como as representadas pela estrela, pelos quadrados e esferas preenchidas), mas também possuem características não comparáveis (como o símbolo # no caso do domínio alvo e a esfera branca com borda preta no caso do domínio análogo). O modelo analógico (R_M) é o produto das relações de similaridade entre os dois domínios (representação dos elementos comparáveis entre os dois domínios).

Sob essa perspectiva, os modelos são *produtos* do processo de raciocínio analógico enquanto as analogias são *instrumentos* para a elaboração dos modelos, isto é, constituem parte essencial do processo de elaboração dos mesmos por meio do estabelecimento de relações entre os domínios. Portanto, analogias não devem ser confundidas com modelos.

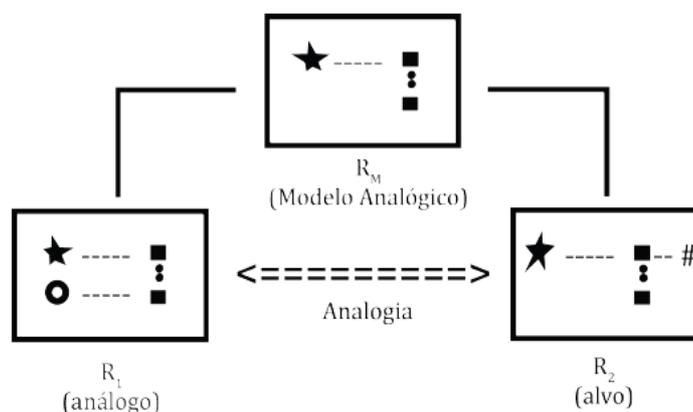


Figura 1. Adaptação do esquema de DUIT (1991)

Ao considerarmos que os modelos são produtos de relações analógicas, torna-se evidente a importância do raciocínio analógico na produção do conhecimento científico. Além de auxiliar os cientistas na elaboração de modelos mentais e expressos e na resolução de problemas teóricos (CLEMENT, 2008) ou experimentais (DUNBAR; BLANCHETTE, 2001), as analogias também assumem um papel fundamental na divulgação de conceitos abstratos (COLL, 2005).

Um exemplo de elaboração e uso de analogias por cientistas é fornecido por Nersessian (1999) apud Justi e Gilbert (2006), onde a autora explica como Maxwell construiu o modelo visual de "campo eletromagnético" pela construção de um modelo analógico e de vários ensaios sobre ele para melhorar sua representação e capacidade preditiva. Naquele trabalho, Nersessian também comenta que Maxwell usou seu modelo para comunicar o conhecimento que ele criou e na tentativa de convencer outros cientistas de seu potencial.

Os papéis relevantes que as analogias desempenham na construção da Ciência, justificam a importância de sua inserção no ensino de Ciências. Estas ferramentas, dependendo do uso que se faz delas, podem propiciar aos alunos oportunidades de vivenciar uma prática semelhante à científica, de modo a contemplar um ensino de Ciências mais autêntico, como discutido na próxima seção.

1.2. Analogias no ensino de Ciências

Analogias têm sido utilizadas por professores de Ciências principalmente para facilitar o entendimento de conteúdos científicos, visto que, como discutido, o raciocínio analógico propicia que novas situações possam ser compreendidas a partir de situações familiares.

Autores como Oliva e Aragón (2009) afirmam que o uso de analogias em sala de aula associados ao processo de modelagem pode propiciar, além do conhecimento sobre modelos, o desenvolvimento de habilidades e compromissos epistemológicos que capacitam os estudantes a aplicar, avaliar e até mesmo (re)construir modelos.

Além disso, como evidenciado por Coll (2005), o trabalho com analogias e modelos em sala de aula pode fornecer uma rota para que os alunos desenvolvam um conhecimento mais autêntico sobre Ciência, principalmente se aos mesmos são oportunizadas ocasiões de passarem por processos de elaboração de analogias e modelos

em trabalhos em grupo, pois estes processos se assemelham aos vivenciados por cientistas na construção da Ciência.

Além dos benefícios potenciais das analogias apresentados até o momento, estas ferramentas também podem: facilitar o entendimento e/ou a visualização de conteúdos abstratos; motivar o interesse dos estudantes; facilitar o acesso aos conhecimentos prévios e/ou concepções alternativas dos estudantes; ser utilizadas para fazer previsões com relação a alguns aspectos do domínio alvo; desenvolver uma consciência metacognitiva nos estudantes; propiciar o desenvolvimento da criatividade e da imaginação (DUI, 1991; ORGILL; BODNER, 2004; COLL, 2005; DAGHER, 1994), entre outros.

Diante de tais benefícios, as analogias deveriam ser um recurso mais amplamente utilizado no ensino. Atividades que têm sido apontadas como frutíferas por alguns trabalhos na área de Educação em Ciências (por exemplo, MOZZER; JUSTI, 2012; SPIER-DANCE; MAYER-SMITH; DANCE; KHAN, 2005; OLIVA; ARAGÓN, 2009) são as que envolvem a elaboração de analogias pelos próprios alunos - dentro do que Blanchette e Dunbar (2000) denominaram *paradigma de produção*. De maneira geral, esses autores justificam o sucesso de tais atividades pelo fato de os alunos terem oportunidades de estabelecer relações de similaridade entre os domínios que fazem sentido para eles e de vivenciar práticas semelhantes às científicas (MOZZER; JUSTI, no prelo).

Em contrapartida, a maioria dos professores tem utilizado analogias em suas aulas a partir do *paradigma da recepção* (BLANCHETTE; DUNBAR, 2000), contextos nos quais os domínios alvo e análogo são fornecidos aos estudantes e em que se espera que eles, por si mesmos, estabeleçam as relações almejadas pelo professor. Isso pode gerar dificuldades na aprendizagem, principalmente se os professores não explicitam aos estudantes quais aspectos do domínio alvo e análogo podem ser comparados. Nesse processo, os estudantes podem desenvolver uma visão distorcida do conhecimento a ser explicado, isto é, compreensões equivocadas dos conceitos científicos.

Tais concepções podem ser desenvolvidas, sobretudo, porque professores e autores de livros didáticos de Química raramente explicitam ou solicitam que os estudantes explicitem as correspondências de relações entre os domínios comparados (processo do raciocínio analógico conhecido como mapeamento). Outra consequência da não explicitação do mapeamento pode ser uma inadequada compreensão do significado das analogias. Isto pode levar os estudantes a estabelecer comparações de *mera aparência* (em que somente propriedades descritivas - como cor, tamanho, forma etc. - dos domínios são

colocadas em correspondência) em lugar de analogias. Na melhor das hipóteses, esses estudantes podem estabelecer comparações do tipo *similaridade literal* se, além de características superficiais, eles forem capazes de reconhecer alguma relação entre os domínios (GENTNER, 1989).

Com o objetivo de tornar mais compreensível os tipos de comparações mencionados acima, vamos tomar como exemplo a comparação entre a dissolução de açúcar e a dissolução de sal em água. Se apenas o desaparecimento do soluto e a formação de uma solução líquida (nos dois sistemas) forem colocados em correspondência nesta comparação, estamos tratando de uma comparação de mera-aparência, uma vez que apenas propriedades descritivas são colocadas em correspondência entre os domínios. Por outro lado, se além destas correspondências também são mapeadas relações, como o balanço de interações entre os dois sistemas, estamos tratando de uma similaridade literal, pois são comparados tanto atributos de objetos quanto relações entre os domínios (MOZZER; JUSTI, no prelo).

Em contrapartida, nas analogias apenas predicados relacionais são mapeados entre os domínios. Um exemplo de analogia bastante utilizada no ensino de Ciências é a analogia entre o modelo atômico de Bohr e o sistema planetário. Nessa analogia, são estabelecidas relações entre: o movimento do elétron em torno do núcleo e o movimento dos planetas em torno do sol; a atração dos elétrons pelo núcleo e atração dos planetas pelo sol; o fato de o núcleo atrair os elétrons faz com que os elétrons girem em torno do núcleo e o fato de o sol atrair os planetas faz com que os planetas girem em torno do sol.

Aos problemas do uso das analogias no ensino com base no paradigma da recepção, somam-se as possibilidades de os estudantes: não serem familiares ao análogo selecionado (algo que contraria a própria definição de analogia); fazerem uso mecânico das analogias fornecidas, citando o análogo como se este falasse por si só; imaginarem que a analogia permite a elaboração de uma representação completa do alvo; ou ainda, desenvolverem um conhecimento superficial sobre o alvo (DUI, 1991; ORGILL; BODNER, 2004).

Infelizmente, o uso de analogias no contexto das salas de aula de Ciências sob o paradigma da produção, ainda constitui uma realidade pouco comum. Talvez, sobretudo por esse motivo, licenciandos que passam por uma formação sob o paradigma da recepção apresentem dificuldades no uso criativo dessas ferramentas, como as destacadas na seção seguinte.

1.3. Elaboração e uso de analogias por professores de Ciências

As situações de uso e elaboração de analogias por professores de Ciências não têm se mostrado menos problemáticas que as experimentadas pelos estudantes. Frequentemente professores confundem analogias com outros tipos de comparações. Essa confusão pode apresentar implicações para o ensino, pois como discutido na seção anterior, o que caracteriza uma analogia, é o que a distingue de outras similaridades: as relações estabelecidas entre os domínios e a explicitação destas.

Dentre os tipos de comparações mencionados neste trabalho, as analogias apresentam maior poder inferencial, uma vez que as correspondências puramente analógicas são mais difíceis de serem mapeadas do que as características mais globais (MOZZER; JUSTI, no prelo). Isto implica que o estabelecimento de analogias requer uma compreensão mais profunda das características do alvo (conceito científico) e que, por esse motivo, as correspondências relacionais possibilitadas pelas analogias fazem delas recursos potencialmente úteis ao ensino de Ciências.

Frequentemente, professores também confundem analogias com outros tipos de recursos didáticos, como os exemplos. Embora exemplos e analogias compartilhem a finalidade de tornar o não familiar mais familiar, os dois se diferenciam pelo fato de que as analogias estabelecem relações explícitas entre os domínios envolvidos, enquanto os exemplos apresentam um domínio familiar que ilustra todas as características do conceito alvo. Por exemplo, um raio não é *como* uma descarga elétrica; ele é um *exemplo* de uma descarga elétrica (GLYNN et al., 1988 apud MOZZER, 2008).

Além da confusão entre analogias e outros tipos de comparações e recursos, existem outros problemas com relação ao uso dessa ferramenta didática por professores, conforme apontado na revisão de literatura realizada por MOZZER e JUSTI (no prelo). De acordo com essas autoras, professores frequentemente: não possuem um repertório bem preparado de analogias; apresentam analogias como algo pronto e acabado; almejam que os estudantes compreendam relações analógicas que apresentam significado claro para eles, mas não para os estudantes; selecionam análogos pouco familiares ou até mesmo mais complexos que o alvo; tendem a confundir analogias com outros tipos de similaridade ou recursos didáticos; parecem desconhecer a importância da identificação e discussão das limitações de uma analogia.

O desenvolvimento de conhecimentos, adequados ou não, sobre analogias pode ser influenciado pelo processo de formação do professor (inicial e continuada). No entanto, face a essas evidências de pesquisa, parece que os suportes fornecidos pelos cursos de formação de professores com relação àqueles conhecimentos não se têm mostrado muito eficientes.

Essa suposição tem sido apoiada pelas pouquíssimas investigações envolvendo a elaboração de analogias pelos futuros professores de Ciências, como as conduzidas por Nottis e McFarland (2001).

Tendo em vista uma formação mais efetiva dos professores de Ciências, ambos, *conhecimentos de conteúdo e pedagógico de conteúdo* devem ser desenvolvidos. O primeiro conhecimento, refere-se àquele relacionado ao conteúdo científico propriamente dito. Enquanto o segundo, ao saber como fazer, ou seja, saber representar e formular o conteúdo de forma que ele possa ser compreendido por outras pessoas (SHULMAN, 1987 apud FIGUEIRÊDO, 2008).

Neste sentido, para que os futuros professores de Química aprendam a utilizar as analogias em toda a sua potencialidade é necessário que estes tenham a oportunidade, durante sua formação, de desenvolver conhecimentos científicos que possibilitem a adequada seleção de aspectos do domínio alvo a serem discutidos com seus alunos. Por outro lado, ter um bom conhecimento de conteúdo não implica em saber *como* elaborar uma boa analogia. Por isso, deve-se oportunizar também aos professores situações de elaboração e crítica de analogias para que eles possam desenvolver o conhecimento pedagógico de conteúdo necessário à adequada utilização das analogias no ensino (MOZZER; JUSTI, no prelo).

Assim, para que mudanças no conhecimento dos professores sobre analogias possam ser vislumbradas e propostas possam ser elaboradas neste sentido, necessitamos de mais informações sobre a construção de conhecimento pelos futuros professores que nos permitam estabelecer relações entre o que estes declaram sobre as analogias (conhecimento declarativo¹) e as analogias que eles elaboram (conhecimento procedimental²).

¹ Conhecimento declarativo é aquele constituído por proposições referentes a conceitos, teorias, fatos, objetos, processos etc. que pode ser expresso verbalmente ou por meio da escrita (Anderson, 1995); por exemplo, definir analogias.

² Conhecimento procedimental é aquele que se constitui das habilidades cognitivas necessárias para realização de determinada ação (Anderson, 1995). Por exemplo, na elaboração de uma analogia o indivíduo é capaz de selecionar um análogo que estabelece relações de similaridade estruturais e/ou funcionais com o alvo e de explicitá-las.

1.4. Questões de Pesquisa

Levando-se em consideração: (i) a importância de se utilizar analogias no processo de ensino e aprendizagem de Ciências; (ii) a importância de professores terem clareza sobre seu significado e as implicações do uso das analogias no ensino de Ciências; e (iii) a escassez de trabalhos que investiguem a compreensão de analogia por professores de Ciências em formação inicial, mais estudos que investiguem essa problemática parecem ser relevantes para agregar conhecimento ao campo de Educação em Ciências.

Neste TCC, nos propusemos a investigar as seguintes questões de pesquisa:

- (1) Que ideias os estudantes de um curso de Licenciatura em Química declaram sobre as analogias?;
- (2) Quais as relações entre esse conhecimento declarativo e as analogias que os licenciandos elaboram (conhecimento procedimental)?

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização da amostra e do contexto da pesquisa e Escolha do tema

A amostra foi constituída por estudantes de um curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) em períodos diferentes de formação. Uma parte dos licenciandos (três alunas) cursava a disciplina Prática de Ensino I do quinto período do curso, na qual são realizadas as primeiras discussões sobre analogias. Apesar do pequeno número, as três alunas consistiam na totalidade da turma.

A outra parte (onze estudantes) cursava as disciplinas de Prática de Ensino III e Estágio Supervisionado III do sétimo período e, portanto, já haviam vivenciado discussões sobre analogias durante seu processo de formação principalmente nas disciplinas de Prática de Ensino I e Estágio II do quinto e sexto períodos respectivamente. Essas discussões foram realizadas com base em textos e pesquisas na área.

A escolha do tema Reações Químicas originou-se pela relevância que ele apresenta no ensino de Química. De acordo com o PCN+ (2002) é objetivo central e norteador do ensino de Química trabalhar as propriedades e as transformações da matéria.

Rosa e Schnetzler (1998) argumentam que o entendimento sobre transformações químicas é central para que os indivíduos possam conhecer a Química, além de contribuir para a construção da cidadania uma vez que auxilia na compreensão e reflexão de aspectos como o impacto da indústria no meio ambiente e de processos que ocorrem diariamente em nossas vidas, como o metabolismo, o cozimento de alimentos, entre outros exemplos.

De maneira geral e simplificada, espera-se que os alunos compreendam as reações químicas como processos nos quais substâncias iniciais (reagentes) são convertidas em outras (produtos) por meio do rearranjo de átomos e que tal rearranjo ocorre, devido às interações eletrostáticas estabelecidas entre as espécies. Neste sentido, átomos não são criados nem destruídos. É importante ressaltar que, para que ocorra o rearranjo de átomos, as moléculas devem se chocar com uma energia cinética igual ou superior a um valor mínimo (energia de ativação). (ATKINS; LORETTA, 2006).

Outro aspecto importante é o de nas reações químicas os átomos dos produtos podem se rearranjar formando novamente os reagentes (reações reversíveis). Nesse caso, a combinação dos reagentes formando produtos é denominada reação direta e a reação dos produtos formando novamente os reagentes é denominada reação inversa. As reações direta e inversa ocorrem simultaneamente e, dependendo da velocidade com que elas se

processam³, pode prevalecer a formação de produto (caso a reação direta ocorra com maior velocidade) ou a formação de reagentes (caso a reação inversa ocorra com maior velocidade). No caso em que as reações direta e inversa ocorrem com a mesma velocidade, o sistema alcança o estado de Equilíbrio Químico, no qual a concentração de reagentes e produtos permanece constante e não prevalece a formação de nenhum dos dois.

2.2. Coleta de dados

Antes da coleta de dados, iniciou-se a revisão de literatura, que permeou todo o processo de elaboração deste TCC com discussões periódicas realizadas com a orientadora.

Para atingir o objetivo de investigar a compreensão sobre analogias por estudantes de um curso de Licenciatura em Química e a relação entre essa compreensão e suas próprias analogias, foi aplicado um questionário (ver anexo 1) destinado aos estudantes de um curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) que cursavam disciplinas específicas do quinto e do sétimo períodos.

Os licenciandos que compuseram a nossa amostra se dispuseram a participar voluntariamente da pesquisa. Em respeito aos preceitos da ética na pesquisa, esses licenciandos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que encontra-se no Anexo 3. Para preservar a identidade dos licenciandos, foram usados códigos do tipo Ln, onde a letra L é indicativa de “licenciando” e n, um algarismo natural inteiro de 1 e 14.

Para os licenciandos do quinto período (L1, L2 e L3), o questionário foi aplicado na aula introdutória sobre analogias, antes de se iniciarem as discussões sobre essa temática que compunham a ementa da disciplina Prática de Ensino I. Desta forma, os licenciandos responderam às perguntas com base nos seus conhecimentos prévios sobre o assunto.

Em momentos posteriores da aula, os licenciandos passaram por discussões com a professora da disciplina embasadas nas suas ideias constantes no questionário e nas analogias elaboradas por eles. As discussões que se seguiram foram acompanhadas pela autora deste trabalho, de forma que todos os aspectos considerados relevantes para a pesquisa (por exemplo, os esclarecimentos sobre as analogias elaboradas e relatos de dificuldades durante a elaboração da analogia) foram anotados e considerados durante a análise.

³ Essa velocidade é dependente da concentração dos reagentes e da energia necessária para que as colisões efetivas ocorram (choques que levam à formação dos produtos).

É válido ressaltar que, no dia em que o questionário foi aplicado, apenas duas das três licenciandas compareceram à aula. Por este motivo, o questionário foi enviado por email para a licencianda L3 que estava ausente. Esta foi solicitada a respondê-lo somente com base em seus conhecimentos sobre o tema (ou seja, sem consulta a qualquer material instrucional) e, posteriormente, enviar o questionário respondido para os e-mails da professora da disciplina e autora do TCC.

Para os demais licenciandos do sétimo período (L4 a L14), o questionário foi aplicado na aula de Estágio Supervisionado III, na mesma época da aplicação para as alunas do quinto período. Neste caso, não houve discussões posteriores com a professora.

As questões do questionário (ver Anexo 1) foram propostas de modo a contemplar o entendimento dos licenciandos em relação à(ao): i) conceito de analogias; ii) elaboração e uso de analogias por cientistas; iii) objetivos de professores ao elaborar e usar analogias no ensino; iv) diferenças entre analogias e outras comparações; v) características fundamentais de uma boa analogia destinada ao ensino de Ciências; vi) elaboração de uma analogia para facilitar o entendimento de estudantes sobre reações químicas.

2.3. Análise dos dados

Para a análise dos dados foram criadas categorias com base na solicitação principal de cada questão do questionário e subcategorias com base nas ideias constantes nas respostas dos estudantes.

Realizou-se também uma análise detalhada de cada analogia, de modo a: (1) identificar o tipo de comparação ou recurso didático elaborado pelos licenciandos; (2) inferir as possíveis concepções expressas em suas comparações; (3) e, finalmente, estabelecer conexões entre as diferentes ideias expressas por eles e suas próprias comparações.

Para cumprir tarefa (1), procuramos avaliar se o licenciando estabeleceu relações entre os domínios (o que caracteriza uma analogia), se somente comparou atributos de objeto⁴ (o que caracteriza uma comparação de mera aparência) ou se realizou ambos os processos anteriores (o que caracteriza uma similaridade literal). Isso foi realizado, ainda que as correspondências entre os domínios não tenham sido explicitamente expressas pelo licenciando.

⁴ Propriedades descritivas como cor, tamanho, forma, etc.

O mapeamento foi representado em um quadro, no qual constam as características do domínio alvo e do análogo e as correspondências estabelecidas propriamente ditas. Durante a análise, as comparações de cunho relacional foram mapeadas com uma seta preenchida e as comparações de atributos de objeto foram mapeadas com uma seta descontínua. Este tipo de representação do mapeamento está presente no trabalho de Mozzer e Justi (2014) e foi adotada neste TCC por julgarmos que facilitam a compreensão dos tipos de comparações estabelecidas.

Como alguns licenciandos não explicitaram as correspondências entre os domínios, estas tiveram de ser inferidas pelas pesquisadoras. Nestes casos, neste TCC, foram usadas setas e fonte de cor mais clara (cinza) para indicar que aquele mapeamento e os aspectos referentes a um dos domínios foram inferidos pelas pesquisadoras.

No cumprimento da tarefa (2), as pesquisadoras buscaram evidências nas comparações expressas pelos licenciandos no questionário que sustentassem as inferências realizadas sobre algumas das possíveis ideias dos licenciando com relação às analogias, além das ideias que já haviam sido categorizadas.

Com o objetivo de validar as inferências realizadas pelas pesquisadoras a partir das analogias elaboradas, foi realizada uma entrevista semiestruturada (ver Anexo 2), na qual os licenciandos foram solicitados a: (i) fazer uma análise crítica da analogia elaborada; (ii) realizar de forma explícita o mapeamento da analogia; (iii) fazer uma análise das inferências e considerações realizadas pela pesquisadora sobre a analogia em questão.

Embora a entrevista tenha sido realizada de modo a contemplar as solicitações anteriores, ocorreram variações no modo como cada uma foi conduzida, uma vez que, a entrevista foi norteadas pelas respostas dos licenciandos no decorrer do diálogo. Por exemplo, no caso em que as inferências das pesquisadoras não eram validadas, questões de esclarecimentos eram propostas para que se pudesse compreender melhor o ponto de vista do licenciando.

Nos casos em que os licenciandos não explicitaram espontaneamente o mapeamento das correspondências em resposta ao questionário, foram solicitados a realizá-lo no momento da entrevista. Ainda assim, alguns licenciandos citaram somente características do domínio alvo ou análogo sem, no entanto, estabelecer correspondências entre estes domínios. Nestes casos, o mapeamento foi realizado pela pesquisadora e validado pelo licenciando.

Depois de realizar o mapeamento, os licenciandos foram questionados sobre a natureza das correspondências estabelecidas entre os domínios, isto é, se foram colocados em correspondência atributos de objeto, relações ou ambos. Neste momento, alguns licenciandos reconheceram o tipo de comparação (ou outro recurso didático) que tinham estabelecido e, nos casos em que não mencionaram espontaneamente o tipo de comparação ou recurso, foram solicitados a fazer tal categorização.

Ao realizar a análise sobre as ideias e mapeamentos inferidos pela pesquisadora a partir da analogia elaborada, os licenciandos validavam ou não estas inferências. No caso em que os licenciandos não concordavam com as inferências estabelecidas, foram questionados sobre qual seria a melhor forma de explicitar a ideia ou mapeamento em questão. Nestes casos, foram feitas novas análises levando-se em conta essas ideias dos licenciandos. Quando o mapeamento e as considerações inferidas a partir da analogia elaborada eram validados pelo licenciando, a análise realizada com base nos dados do questionário era mantida.

Para cumprir a tarefa (3) procurou-se identificar as principais ideias expressas pelos licenciandos em resposta às questões do questionário e estabelecer um paralelo com a comparação elaborada. Por exemplo, investigou-se se os licenciandos que declararam a importância de: (i) estabelecer correspondências relacionais entre os domínios; (ii) explicitar o mapeamento das correspondências entre os domínios; (iii) explicitar as limitações da analogia - o fizeram na comparação elaborada por eles. No cumprimento desta tarefa também procurou-se investigar se licenciandos que apresentaram ideias superficiais sobre analogias elaboraram comparações condizentes com estas concepções, ou se incluíram novos aspectos nas comparações elaboradas.

Em um processo de triangulação entre pesquisadores, a categorização das respostas dos licenciandos, as inferências estabelecidas, bem como toda a análise dos dados foram discutidas pelas pesquisadoras até a produção da versão final consensual apresentada neste trabalho.

3. RESULTADOS

Os resultados a seguir foram obtidos a partir da análise do questionário aplicado aos licenciandos. Na seção 3.1, são apresentadas as ideias dos licenciandos sobre analogias que foram enquadradas nas categorias e subcategorias apresentadas no quadro 1. É válido ressaltar que, um mesmo licenciando pode ter sido classificado em mais de uma subcategoria de uma mesma categoria, na medida em que suas ideias se enquadravam em diferentes concepções. Tais categorias foram descritas e exemplificadas na seção 3.2.

Em seguida, na seção 3.3, são apresentados e discutidos, de forma mais detalhada que no quadro 1, as analogias e outros tipos de comparações e recursos didáticos elaborados pelos licenciandos. No caso das comparações, os respectivos mapeamentos estabelecidos pelos licenciandos e/ou deduzidos pelas pesquisadoras também são explicitados naquela seção.

3.1. Principais concepções dos licenciandos sobre analogias

Categoria	Subcategoria	Licenciandos
Definição de analogia	Comparação entre domínios distintos	L1
	Ferramenta explicativa pela comparação de domínios distintos	L2, L3, L5, L6, L7
	Ferramenta explicativa pelo estabelecimento de relações entre alvo e análogo	L5, L8, L9, L12, L13
	Ferramenta explicativa pelo estabelecimento de relações <i>explícitas</i> entre alvo e análogo	L4, L11, L10, L14
Propósitos do uso de analogias por cientistas	Construir conhecimento científico	L3, L7
	Facilitar o entendimento de outras pessoas	L2, L4, L6, L7, L8, L9, L10, L11, L12, L13, L14
	Facilitar a visualização	L5
Propósitos do uso de analogias por professores	Facilitar entendimento de algo desconhecido a partir de algo conhecido	L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, L9, L10, L11, L12, L13, L14
	Facilitar a visualização	L5, L9
	Ter acesso às concepções alternativas dos estudantes	L9

Quadro 1. Categorias e subcategorias representativas das principais ideias dos licenciandos em Química sobre analogias.

Categoria	Subcategoria	Licenciandos
Diferença entre analogias e outras comparações	Comparações entre um conhecimento científico e algo conhecido <i>versus</i> comparações cotidianas	L1, L2, L5, L7
	Caráter explicativo <i>versus</i> ausência de um propósito definido	L3, L6, L8, L12
	Relações profundas <i>versus</i> correspondências de aparência	L4, L10, L13, L14
	Comparações explícitas <i>versus</i> implícitas	L10, L11
Tipos de comparações e outros recursos didáticos elaborados pelos estudantes	“Analogia em potencial” ⁵	L2, L5, L14
	Comparação de Mera Aparência	L1, L4, L7, L12, L13
	Similaridade Literal	L3, L10
	Exemplo	L8, L9, L11
	Não elaborou	L6
Ideias expressas pelos licenciandos a partir das comparações ou recursos elaborados	Analogias apresentam limitações	L2, L14
	As correspondências entre os domínios devem ser inferidas pelo destinatário da comparação	L1, L2, L3, L5, L7, L10, L14
	As correspondências entre os domínios devem ser explicitamente mapeadas	L4, L12, L13
	Analogias são exemplos	L8, L9, L11
Características de uma boa analogia no ensino de Ciências	Apresentar o máximo de informações possível sobre o alvo	L1
	Ter objetivo bem definido	L2, L12
	Permitir o estabelecimento de relações com o domínio alvo	L2, L4, L6,
	Proximidade à realidade do estudante ou inteligibilidade	L3, L4, L7, L9, L10, L12, L13
	Contar com um mapeamento explícito de relações	L5, L11, L13, L14
	Incluir a explicitação das limitações na analogia	L6, L11, L14

Quadro 1. Categorias e subcategorias representativas das principais ideias dos licenciandos em Química sobre analogias (continuação).

⁵ Denominamos “analogia em potencial” as comparações nas quais os licenciando não explicitaram o mapeamento de todas as *relações possíveis* de serem estabelecidas entre os domínios alvo e análogo.

3.2. Descrição e exemplificação das categorias e subcategorias

As categorias e subcategorias apresentadas no quadro 1 são descritas e exemplificadas a seguir.

3.2.1. Definição de analogia

As respostas dos licenciandos à primeira questão do questionário (ver Anexo 1), que diz respeito à definição de analogias, foram classificadas nas seguintes subcategorias:

Comparação entre domínios distintos

Na resposta enquadrada nesta subcategoria, a licencianda expressou a ideia de que as analogias são comparações entre dois domínios. No entanto, ela não explicitou quais os critérios para esta comparação; isto é, se as correspondências são entre atributos de objetos ou de relações entre processos e funções de objetos e se essas correspondências precisam ou não ser explicitadas.

Para exemplificar as respostas enquadradas nesta subcategoria é apresentada a seguir a definição de analogia fornecida por L1:

“É uma comparação que tem de alguma coisa com outra, comparar duas situações.” (L1)

Ferramenta explicativa pela comparação de domínios distintos

Neste caso, os licenciandos afirmam que a analogia é uma ferramenta utilizada para explicação *de algo abstrato e/ou de difícil compreensão* a partir da comparação entre situações ou objetos distintos, mas que se assemelham de algum modo. Assim como na subcategoria anterior, os licenciandos não explicitam quais os critérios para esta comparação. Tais aspectos podem ser ilustrados a partir da definição de analogia de L5:

“Analogia é uma forma de representar algo que queremos explicar e, muitas vezes, não temos materiais adequados ou ainda é algo não palpável ou já visto antes. Uma analogia é uma forma de trazer para o real uma explicação que às vezes não conseguimos expressar apenas com palavras. É tentar explicar a partir de coisas que são semelhantes mas não são iguais.” (L5)

Para os licenciandos enquadrados nesta subcategoria, qualquer comparação entre situações distintas, que tenha como objetivo explicar algo, poderia ser considerada uma analogia.

Ferramenta explicativa pelo estabelecimento de relações entre alvo e análogo

Os licenciandos definem analogia como um instrumento que pode auxiliar na explicação ou representação de algo desconhecido (domínio alvo) e, em geral abstrato, a partir do estabelecimento de relações com algo conhecido (domínio análogo). Apesar de ter consciência do estabelecimento de relações entre os domínios alvo e análogo, os licenciandos não mencionam que tais relações devem ser mapeadas de forma explícita, como fica evidente na definição de L13:

“Analogia é um modo de representar uma ideia, um processo, um fenômeno, de modo a relacionar aquilo que já se sabe (domínio análogo) àquilo que ainda não se sabe (domínio alvo).” (L13)

Ferramenta explicativa pelo estabelecimento de relações explícitas entre alvo e análogo

Neste caso, os licenciandos definem analogias como um instrumento que pode auxiliar na explicação de algo desconhecido (domínio alvo) a partir do estabelecimento de relações explícitas (*mapeamento explícito*) com algo conhecido (domínio análogo). Tais características podem ser ilustradas a partir da definição de L14:

“É uma ferramenta de ensino capaz de usar um domínio análogo (conhecimento que o estudante já possui) para que, a partir das relações estabelecidas pelo professor (mapeamento dos aspectos que podem ou não ser comparados), o estudante consiga entender o domínio alvo (conhecimento que o professor deseja que os estudantes construam).” (L14)

3.2.2. Propósitos do uso de analogias por cientistas

Nesta categoria são apresentadas as concepções dos licenciandos sobre os objetivos pelos quais os cientistas elaboram e usam analogias na ciência. A partir da análise da segunda questão do questionário (ver Anexo 1), estas ideias foram classificadas nas subcategorias abaixo:

Construir conhecimento científico

Os licenciandos, cujas ideias foram classificadas nesta subcategoria, acreditam que as analogias são utilizadas por cientistas para explicar e interpretar algum ponto do objeto de estudo dos mesmos, tornando-o mais compreensível e fazendo avançar a ciência. Portanto, os licenciandos demonstram acreditar que elas fazem parte do processo de construção do conhecimento científico, como ilustra a resposta de L7:

“[Cientistas usam analogias] para poder explicar e interpretar os fenômenos que ocorrem na ciência. Esses fenômenos podem ser Químicos ou Físicos.” (L7)

Facilitar o entendimento de outras pessoas

Nesta subcategoria estão enquadrados os licenciandos que acreditam que cientistas usam analogias com objetivo de facilitar o entendimento de outras pessoas de uma ideia ou fenômeno. L12, por exemplo, afirma que cientistas utilizam analogias:

“Com objetivo de facilitar a transmissão do seu conhecimento para outros cientistas e também para facilitar a compreensão de um determinado assunto por outras pessoas que não sejam da comunidade científica.” (L12)

Facilitar a visualização

Foram classificadas nesta subcategoria as respostas dos licenciandos que acreditam que os cientistas elaboram e usam analogias para representar e tornar mais visível e perceptível algo muito abstrato. L5, por exemplo, afirma que cientistas usam analogias:

“Com o objetivo de representar alguma coisa que não podemos palpar, ver com olho nu, etc. Eles usam analogias com sentido e objetivo de comparação de algo que está ao alcance no momento, para descrever uma ideia, um pensamento, ou mesmo, uma explicação. Tornando assim mais visível ou perceptível algo que queira explicar.” (L5)

3.2.3. Propósitos do uso de analogias por professores

Esta categoria apresenta as ideias dos licenciandos sobre os principais objetivos da elaboração e uso de analogias por professores. As diferentes concepções a este respeito, identificadas a partir das respostas dos licenciandos à terceira questão do questionário, foram classificadas nas subcategorias a seguir:

Facilitar entendimento de algo desconhecido a partir de algo conhecido

Nesta subcategoria foram classificadas as respostas nas quais os licenciandos expressaram a ideia de que professores de Ciências utilizam analogias com objetivo de facilitar o entendimento de conceitos científicos desconhecidos pelos estudantes, fazendo isso a partir de algo que seja conhecido por eles. L13, por exemplo, afirmou:

“Acredito que alguns professores, cientes do significado e do modo de utilização de analogias, as utilizam com o objetivo de esclarecer ideias, conceitos ou fenômenos que muitas vezes são abstratos ou que os estudantes estejam pouco familiarizados. Neste sentido, o professor irá explicar a nova ideia relacionando-a àquilo que o estudante já sabe.” (L13)

Facilitar a visualização

Foram classificados nesta subcategoria as respostas dos licenciandos que veem a elaboração e uso de analogias como uma forma de representação de algo que, por sua natureza abstrata, não é bem compreendido pelos estudantes. Isso pode ser evidenciado a partir da resposta de L5:

“Na minha opinião também seria para representar algo que esteja sendo explicado e não está sendo compreendido. Os professores adotam palavras ou objetos que serviria como uma comparação àquilo que não podemos ver ou sentir, ou não está claro para o entendimento.” (L5)

Ter acesso às concepções alternativas dos estudantes

Neste caso, o licenciando afirma que as analogias são úteis para que professores tomem conhecimento acerca de possíveis concepções alternativas dos estudantes. L9 afirmou que professores de Ciências utilizam analogias:

“Com o objetivo de aproximar do estudante o domínio alvo (conteúdo químico). Esse “aproximar” no sentido de que talvez o estudante não esteja entendendo o que o professor está falando para disponibilizar ao estudante um acontecimento macroscópico (já que em Química, por exemplo, vários conteúdos são abordados a nível submicroscópico) ou até mesmo ter acesso a possíveis concepções alternativas que o estudante pode ter.” (L9)

3.2.4. Diferença entre analogias e outras comparações

A partir das respostas dos licenciandos à quarta questão do questionário (ver Anexo 1), foi possível identificar as concepções dos mesmos em relação às distinções entre analogias e outros tipos de comparação. As ideias dos licenciandos foram classificadas nas subcategorias descritas abaixo:

Comparações entre um conhecimento científico e algo conhecido versus comparações cotidianas

As respostas dos licenciandos enquadradas nesta subcategoria evidenciam a concepção de que as analogias se distinguem dos demais tipos de similaridades por serem comparações entre o conhecimento científico e algo familiar. Neste caso, os licenciandos acreditam que o domínio alvo deve ser sempre um conteúdo científico. Por outro lado, as demais comparações ocorrem somente entre coisas do dia a dia. Para exemplificar esta ideia, é apresentada a resposta de L1 a seguir:

“(…) analogia é uma forma de comparar, porém uma vai comparar o científico, que é algo que você desconhece, com algo já conhecido. E nas outras são comparações do dia-a-dia.” (L1)

Caráter explicativo versus ausência de um propósito definido

Foram classificadas nesta subcategoria as respostas dos licenciandos que afirmaram que a distinção entre analogias e outros tipos de comparações é o caráter explicativo das primeiras em relação à ausência de uma finalidade definida para os demais tipos de similaridades. L3, por exemplo, afirmou que:

“Analogias devem proporcionar a compreensão de algo. Assim, possuem caráter explicativo, sendo que, comparações podem ser usadas somente para fins qualitativos e/ou quantitativos sem a necessidade de explicá-los.” (L3)

Relações profundas versus correspondências de aparência

Neste caso, os licenciandos expressaram a concepção de que analogias se distinguem de outros tipos de comparações pelo fato de que as relações estabelecidas entre os domínios alvo e análogo são mais profundas que nas demais. L13, afirmou que:

“Para fazer uma analogia é necessário fazer comparações. Contudo, deve-se estabelecer relações mais profundas entre o domínio do alvo e o domínio análogo. Existem comparações nas quais estas relações são superficiais, não podendo, portanto, serem denominadas analogias.” (L13)

Comparações explícitas versus implícitas

Foram classificadas nesta subcategoria as respostas dos licenciandos que consideram que as analogias se distinguem de outras comparações pelo mapeamento das relações e identificação das limitações de maneira explícita. L11 afirmou que:

“A analogia é um tipo de comparação em que ocorre um mapeamento explícito do domínio alvo de estudo e o domínio análogo, definindo o que é comparável e as limitações desta comparação.” (L11)

3.2.5. Tipos de comparações e outros recursos didáticos elaborados pelos licenciandos

Em resposta à quinta questão do questionário (ver Anexo 1), que solicitava que aos licenciandos a elaboração de uma analogia para facilitar a compreensão de estudantes da educação básica sobre o tema reações químicas, eles elaboraram não só analogias, mas também outros tipos de comparações e até mesmo outros recursos didáticos descritos e exemplificados a seguir.

Analogia em potencial

Nesta subcategoria foram classificadas as comparações estabelecidas pelos licenciados nas quais as correspondências entre os domínios alvo e análogo são de cunho relacional e foram parcialmente ou totalmente inferidas pelas pesquisadoras. O fato de que, inicialmente, os mapeamentos não foram explicitados pelos licenciandos (ou o foram apenas parcialmente), levou-nos a denominá-las “Analogias em potencial” pelo fato de que as relações analógicas implícitas nas comparações teriam o potencial de desenvolver o conhecimento sobre o alvo, se explicitadas. Por exemplo, L2 a seguinte analogia:

“O brinquedo ‘bate-volta’ poderia ser uma analogia com relação ao vice-versa da reação em equilíbrio⁶ ora favorece a formação de produtos, ora favorece a formação do reagente.” (L2)

“[uma reação reversível] ora favorece a formação de reagentes ora a formação de produtos, mas isso acontece de forma dinâmica. O brinquedo é o tempo todo assim. Você não manda ele pra lá e fica esperando. Ele vai e volta. Mas quando as pessoas de lados diferentes fazem a mesma força, a bolinha fica no centro sem favorecer nenhum dos lados, como quando as reações acontecem com a mesma velocidade”. (L2 na entrevista de validação).



Figura 1. Brinquedo vai-vem representado por L2



Figura 2. Brinquedo vai-vem (Disponível em: <velhariadigital.wordpress.com/2012/09/23/vai-vem-trabalhando-biceps-desde-os-anos-70>. Acesso: 05/01/2015)

Devido à falta de familiaridade da pesquisadora com o funcionamento do brinquedo vai-vem, esta interpretou erroneamente a analogia elaborada por L2, acreditando que o objeto móvel central presente no brinquedo (ver objeto azul na figura 2) chegasse até cada

⁶Embora L2 tenha dito inicialmente que o alvo seria as reações em equilíbrio químico, a licencianda explicitou durante as discussões com a professora da disciplina, que ocorreram após o preenchimento do questionário que o alvo seria, na realidade, as reações reversíveis.

uma das extremidades da corda, onde se situariam as mãos das pessoas (ver objetos pretos na figura 2). Ao colocar este comportamento em correspondência com o alvo - reações reversíveis - seria como se ora todo produto formasse reagentes, ora todo reagente se combinasse formando produtos (concepção pendular do equilíbrio químico, discutida por Machado e Aragão (1996).

Este comportamento não está de acordo com o conceito científico de reações reversíveis, visto que nelas reagentes e produtos coexistem e a velocidade das reações (direta e inversa) é que determina se haverá maior formação de produtos ou de reagentes. Neste caso, ao considerar o funcionamento inadequado do brinquedo, a pesquisadora inicialmente interpretou que a licencianda transpôs características do domínio análogo para o domínio alvo e o mapeamento foi realizado com seta descontínua. Durante a entrevista, no entanto, a licencianda não validou este mapeamento. L2 explicitou que o objetivo da brincadeira é exatamente não deixar que o objeto chegue à extremidade. Esclareceu também que isso remete à ideia de dinamicidade, demonstrando ter estabelecido uma correspondência relacional coerente.

No quadro 2, encontra-se o mapeamento das relações analógicas explicitadas por L2 durante a discussão que se seguiu ao preenchimento do questionário e aquelas inferidas pela pesquisadora e validadas em situação de entrevista (estas representadas na cor cinza).

Alvo (Reações reversíveis)	Mapeamento	Análogo (Brinquedo vai e vem)
Uma reação química pode se processar tanto no sentido de formação de produtos quanto de reagentes.		“A bolinha pode se mover tanto no sentido dos reagentes quanto no sentido dos produtos”
Durante o estado de equilíbrio, a velocidade das reações direta e inversa é igual e não prevalece a formação de nenhuma das espécies.		Se os dois jogadores fizerem uma força igual, a bolinha ficará no centro e nenhum dos sentidos de deslocamento prevalecerá.

Quadro 2. Mapeamento da comparação estabelecida por L2 entre o brinquedo vai-vem e as reações reversíveis

Comparação de mera aparência

Foram classificadas como mera aparência as comparações nas quais as correspondências estabelecidas entre os domínios foram apenas de atributos de objeto, sendo explicitadas pelo licenciando ou inferidas pelas pesquisadoras. Como exemplo, segue a comparação elaborada por L4, cujo mapeamento encontra-se no quadro 3 a seguir:

“Quando temos um homem e uma mulher e eles “formam” uma criança, podemos pensar também nas reações químicas, não temos no fim o mesmo que tínhamos no início. No caso da analogia temos no início um homem e uma mulher formando uma criança e nas reações temos os reagentes formando os produtos. Nas relações não há relações de sentimento e os reagentes e produtos não têm vida.” (L4)

Alvo (Reações químicas)	Mapeamento	Análogo (Geração de um filho)
Nas reações químicas, reagentes se combinam formando um produto.		A relação entre um homem e uma mulher resulta em um filho.
O produto formado é diferente dos reagentes.		O filho é diferente do homem e da mulher.

Quadro 3. Mapeamento da comparação estabelecida por L4 entre a geração de um filho e as reações químicas.

Similaridade literal

As comparações classificadas como similaridade literal são aquelas nas quais tanto correspondências relacionais quanto de atributos de objetos foram estabelecidas pelo licenciando, sendo estas explicitadas por ele ou inferidas pelas pesquisadoras. A comparação estabelecida por L3, cujo mapeamento encontra-se no quadro 4, é um exemplo deste tipo:

“A analogia consiste na construção de uma casinha a partir de peças de lego. Peças diferentes se forem compatíveis, encaixam entre si de maneira que formam um novo objeto. O novo objeto apesar de possuir características novas é constituído pelas peças iniciais, que ainda se fazem presentes, ou seja, não desapareceram. A casinha, também pode ser desmontada separando as peças que após retornará ao estado inicial.” (L3)

Alvo (Rearranjo de átomos)	Mapeamento	Análogo (Combinação entre peças)
Partículas diferentes se tiverem afinidade podem reagir formando outras substâncias.		Peças de lego diferentes, se forem compatíveis, podem ser combinadas formando um novo objeto.
Embora o produto formado tenha propriedades diferentes, ele é constituído pelos mesmos átomos presentes inicialmente que foram rearranjados.		O novo objeto apesar de possuir características novas é constituído pelas peças iniciais, que foram rearranjadas.
Existem reações nas quais os produtos podem se recombinar formando novamente os reagentes.		O objeto formado pode ser desmontado, retornando assim ao estado inicial.

Quadro 4. Mapeamento da comparação estabelecida por L3 entre a construção de uma casinha a partir da combinação entre peças de lego e a formação de produtos em reações químicas

Exemplo

Foram classificadas nesta subcategoria as respostas nas quais os licenciandos somente exemplificaram as reações químicas, como L8 o fez:

“Uma reação de oxidação em que possa usar alimentos. A maçã pode ser usada como analogia sobre reações químicas, demonstrando quando se realiza um corte na mesma levando a facilitar o entendimento do estudante quando a fruta começa a escurecer o estudante percebe a presença de oxidação da fruta. Assim, o professor pode discutir a oxidação do ferro que contém na fruta em contato com o oxigênio. O processo de oxidação também pode auxiliar os estudantes em relação a cinética e termodinâmica que envolva o processo de oxidação da maçã.” (L8)

Não elaborou

Neste caso, o licenciando não elaborou nenhum tipo de comparação ou qualquer outro recurso didático, como ilustra a citação a seguir:

“É preciso definir o que é reação química, os fatores que interferem ou que estejam ligados direta e indiretamente com sua realização. Como por exemplo: velocidade da reação, presença ou não de catalisador, quantidade de matéria; temperatura, sendo reação exotérmica ou endotérmica; se está ocorrendo em sistema aberto ou fechado, para observar as leis que a regem; o deslocamento da reação, qual caminho é mais favorável.” (L6)

3.2.6. Ideias expressas pelos licenciandos a partir das comparações ou recursos elaborados

A partir das ideias expressas nas comparações ou outros recursos didáticos elaborados pelos licenciandos em resposta à quinta questão do questionário foi possível identificar algumas de suas concepções sobre o tema. Tais concepções foram classificadas nas seguintes subcategorias:

Analogias apresentam limitações

Nesta subcategoria foram enquadradas as evidências de que os licenciandos compreendiam que as comparações elaboradas eram dotadas de limitações. Neste caso, mesmo que o licenciando não tenha elaborado uma analogia, o mesmo se preocupava em apontar as limitações da comparação elaborada. Isto é, em mostrar quais aspectos do alvo e do análogo não deveriam ser colocados em correspondência. Como exemplo, L4, ao tentar elaborar uma analogia entre a relação entre um homem e uma mulher formando um filho e o rearranjo de átomos em uma reação química, apontou que:

“Nas reações não há relações de sentimento, já os reagentes e produtos não têm vida.” (L4)

As correspondências entre os domínios devem ser inferidas

Neste caso, os licenciandos citaram apenas características e comportamentos do domínio análogo, sem estabelecer qualquer relacionamento explícito com o domínio alvo.

Por exemplo, L3, ao tentar estabelecer uma analogia para explicar as reações químicas, citou apenas características referentes ao processo de construção de uma casinha de peças de lego (domínio análogo), como é possível perceber a partir da citação a seguir:

“A analogia consiste na construção de uma casinha a partir de peças de lego. Peças diferentes se forem compatíveis, encaixam entre si de maneira que formam um novo objeto. O novo objeto apesar de possuir características novas é constituído pelas peças iniciais, que ainda se fazem presentes, ou seja, não desapareceram. A casinha, também pode ser desmontada separando as peças que após retornará ao estado inicial.” (L3)

As correspondências entre os domínios devem ser explicitamente mapeadas

Foram enquadradas nesta subcategoria evidências de que os licenciandos tentaram explicitar as correspondências estabelecidas, ainda que estas nem sempre fossem correspondências relacionais.

Como exemplo, L13, ao tentar estabelecer uma comparação entre a mistura de duas cores de tinta e a formação de produtos em uma reação química, explicitou as seguintes correspondências:

“Pode-se pensar em duas tintas de cores diferentes: azul e vermelho, por exemplo. Se misturarmos essas duas cores, elas irão interagir entre si, dando origem a uma nova cor: o roxo. Se pensarmos nas reações químicas, as substâncias que temos inicialmente (reagentes) seriam como as tintas azul e vermelha. Ao ocorrer a interação entre as substâncias, ocorrerá uma reação química, dando origem a uma nova substância (produto) que seria a cor roxa, se formos pensar no exemplo das tintas.” (L13, grifo nosso)

Analogias são exemplos

Licenciandos que, ao tentar estabelecer uma analogia, apenas ilustraram o domínio alvo forneceram evidências de confundirem analogias com exemplos. A resposta de L8 citada anteriormente na subcategoria “Exemplos” ilustra bem essa concepção.

3.2.7. Características de uma boa analogia no ensino de Ciências

A partir das respostas à sexta questão do questionário (ver Anexo 1), foi possível observar as principais características de uma boa analogia no ensino de Ciências, apontadas pelos licenciandos. As diferentes ideias foram classificadas nas subcategorias a seguir:

Apresentar o máximo de informações possível sobre o alvo

Para o licenciando que teve a sua resposta enquadrada nesta categoria, uma boa analogia deve dar conta da maior quantidade possível de aspectos do domínio pouco conhecido, como ilustra a citação:

“Ela deve ter o máximo de informação possível sobre o alvo.” (L1)

Ter objetivo bem definido

Nesta subcategoria foram classificadas as repostas dos licenciandos que consideram que uma boa analogia deve possuir um objetivo, ou seja, que ela seja criada com a finalidade específica de se ensinar um conceito científico. A resposta de L2 ilustra bem essa subcategoria:

“Que ela realmente tenha ligação com tema, tenha objetivo, finalidade e que sustente a explicação do conceito.” (L2)

Permitir o estabelecimento de relações com o domínio alvo

Foram classificadas nesta subcategoria as respostas dos licenciandos que afirmaram ser importante que as analogias utilizadas no ensino de Ciências permitam o estabelecimento de relações com o alvo. Como exemplo, segue a resposta fornecida por L4:

“Deve ter relações estabelecidas com o que se quer explicar.” (L4)

Proximidade à realidade do estudante ou inteligibilidade

Os licenciandos classificados nesta subcategoria acreditam que, para uma analogia ser considerada boa no ensino de Ciências, o domínio análogo – às vezes mencionado como sendo a própria analogia - deve ser próximo à realidade do estudante ou de fácil compreensão para este. A resposta de L9 ilustra essa ideia:

“É importante que o estudante tenha conhecimento do análogo (analogia), pois o uso desse é para facilitar o entendimento do estudante do domínio alvo, mas se ele

não souber o que é aquilo que foi usado na analogia, de nada influenciou em sua aprendizagem.” (L9)

Contar com um mapeamento explícito de relações

As respostas dos licenciandos enquadradas nesta subcategoria enfatizam a importância de se fazer um mapeamento explícito das relações entre os domínios. Para ilustrar essa categoria, segue a resposta de L13:

“Além disso, o professor deve explicitar, de forma clara, as relações que existem entre o domínio alvo e o domínio análogo.” (L13)

Incluir a explicitação das limitações da analogia

Os licenciandos que tiveram suas respostas classificadas nesta subcategoria salientaram a importância de se discutir as limitações das analogias com os estudantes, ou seja, as características e propriedades não comparáveis entre o análogo e o alvo. L6, por exemplo, afirmou que é importante:

“(...) que fique claro ao estudante que a analogia é muitas vezes restrita e que contém falhas, mas que atinge bem o alvo.” (L6)

3.3. Analogias e outros recursos didáticos elaborados pelos licenciandos

As analogias e outros recursos didáticos elaborados pelos licenciandos e categorizados no item 3.2.5 são apresentados a seguir e seus respectivos mapeamentos explicitados em quadros.

É válido ressaltar que, como descrito na metodologia de pesquisa, nos casos em que os licenciandos não estabeleceram, explicitamente, as correspondências entre os domínios, as mesmas foram inferidas e posteriormente validadas a partir de entrevistas com os licenciandos. Tais inferências foram destacadas nos quadros que contém os mapeamentos na cor cinza, enquanto que as correspondências espontaneamente explicitadas encontram-se na cor preta.

Licencianda L1

L1 não estabeleceu analogia e nem outro tipo de comparação quando respondeu ao questionário. No entanto, no momento da entrevista, a mesma foi questionada sobre o motivo pelo qual não o fez naquele momento. L1 respondeu que a principal dificuldade foi

a de encontrar algo que fosse comparável ao domínio alvo, como é possível perceber na fala da licencianda:

“(...) Na hora eu não consegui pensar em nada que formasse uma comparação assim... com o que eu queria eh... com meu objetivo. Vamos supor que eu quisesse fazer uma analogia com o equilíbrio químico. Ai eu não consegui pensar em nada que pudesse fazer uma comparação pra explicar o equilíbrio químico.” (L1)

Posteriormente, a licencianda foi questionada se conseguiria elaborar uma analogia, naquele momento, para facilitar a compreensão dos estudantes sobre reações químicas. A mesma não conseguiu pensar em uma analogia para este tema, mas o fez para explicar a estrutura dos estados sólido e gasoso da matéria. A comparação foi a seguinte:

“Eu coloquei o sólido como um pente de ovo fechado. Então teriam vários ovos. Eles estariam próximos e não teria tanto movimento.” (L1)

Como a licencianda não explicitou todas as correspondências entre os domínios, estas foram inferidas pelas pesquisadoras e validadas pela licencianda. No decorrer da entrevista, a licencianda também explicitou alguns mapeamentos (ver quadro 5).

Alvo (Estrutura dos sólidos)	Mapeamento	Análogo (Pente de ovos)
Partículas têm forma redonda.		Os ovos são arredondados.
No estado sólido as partículas estão próximas umas das outras. ⁷		Os ovos ficam próximos no pente de ovos.
No estado sólido as partículas se movimentam pouco. ⁸		Os ovos não se movimentam.

Quadro 5. Mapeamento da comparação entre um pente de ovos e a estrutura dos sólidos estabelecida por L1

“Ai a do líquido que eu coloquei seria no campo de futebol. É porque a do líquido elas estão mais afastadas e ocorre um movimento e no gás elas estão bem mais afastadas e ocorre um maior movimento. Ai eu não lembro se eu coloquei do gás ou do líquido. No campo de futebol acho que foi do gás.”

O mapeamento realizado pela licencianda bem como as inferências realizadas pela pesquisadora e validadas pela licencianda estão apresentados no quadro 6 a seguir.

⁷Em lugar de estabelecer uma correspondência entre a organização das partículas no estado sólido e a organização dos ovos no pente, L1 foca na relação errônea entre a distância das partículas do sólido (em relação à distância das partículas nos demais estados da matéria) e a distância entre os ovos no pente. Isso não é algo válido de acordo com o modelo científico consensual, uma vez que Anderson (1990) explica que o espaço relativo entre as partículas do sólido, líquido e gasoso é de 1:1:10.

⁸Essa também é uma correspondência inválida, visto que, a partir do modelo cinético molecular, assume-se que existe movimento nas partículas de um sólido.

Alvo (Estrutura dos gases)	Mapeamento	Análogo (Jogo de futebol)
Partículas se movimentam muito no estado gasoso.		Os jogadores se movimentam muito no campo de futebol.
As partículas encontram-se bem afastadas umas das outras.		Jogadores correndo no campo podem se afastar bastante uns dos outros.

Quadro 6. Mapeamento da comparação entre um jogo de futebol e a estrutura dos gases estabelecida por L1

Licencianda L2

A comparação elaborada por L2 foi apresentada anteriormente na subcategoria “Analogias” da seção 3.2.5.

Licencianda L3

A comparação elaborada por L3 foi apresentada anteriormente na subcategoria “Similaridade Literal” da seção 3.2.5.

Licencianda L4

A comparação elaborada por L4 foi apresentada anteriormente na subcategoria “Comparação de mera aparência” da seção 3.2.5.

Licencianda L5

Encontram-se a seguir, a transcrição da comparação elaborada por L5 e o mapeamento das correspondências (quadro 7), o qual foi validado pela licencianda.

“Um professor, por exemplo, pode falar de velocidades de reações, sobre as diferentes temperaturas que fazem com que exista diferentes velocidades de reações para melhor compreensão por parte dos ouvintes ou estudantes; o professor pode citar uma panela de pressão cozinhando algo. Enquanto a panela de pressão não começa a “pegar” pressão podemos imaginar, microscopicamente, que as moléculas de água estão se chocando com alguma velocidade; aumentando a temperatura, essas moléculas aumentam a velocidade com as quais se chocam, até chegar um momento em que as velocidades de choques sejam iguais e a temperatura ali fica constante e não mais interfere dentro da panela de pressão.”
 (L5)

Alvo (Comportamento das partículas de reagentes e produtos)	Mapeamento	Análogo (Comportamento das partículas de água em uma panela de pressão)
O aumento da temperatura faz com que aumentem o número de choques entre as moléculas em uma reação química.		O aumento da temperatura faz com que aumente o número de choques entre as moléculas de água em uma panela de pressão.
No equilíbrio químico, a concentração de reagentes e produtos se mantém constante, pois a velocidade de formação de reagentes e produtos é a mesma.		Durante a ebulição, a temperatura da água na panela se mantém constante, pois as partículas se chocam com uma mesma velocidade média.

Quadro 7. Mapeamento da comparação estabelecida por L5 entre o comportamento das moléculas de água em uma panela de pressão e das partículas de reagentes e produtos nas reações químicas

Licencianda L6

A resposta de L6 à questão que solicitava a elaboração de uma analogia para facilitar o entendimento de estudantes sobre reações químicas foi a seguinte:

“É preciso definir o que é reação química, os fatores que interferem ou que estejam ligados direta e indiretamente com sua realização. Como por exemplo: velocidade da reação, presença ou não de catalisador, quantidade de matéria; temperatura, sendo reação exotérmica ou endotérmica; se está ocorrendo em sistema aberto ou fechado, para observar as leis que a regem; o deslocamento da reação, qual caminho é mais favorável.” (L6)

Neste caso, não há correspondências a serem mapeadas, pois não foi estabelecida qualquer comparação.

Licenciando L7

Segue a resposta de L7 à quinta questão do questionário:

“Reações químicas seriam as transformações que ocorrem entre dois ou mais elementos diferentes resultando em um ou mais produtos de características distintas. Ex: $A + B \rightarrow C + D$. O filho é o resultado da união entre um homem e uma mulher.” (L7)

Da forma com que foi apresentada no questionário, não foi possível estabelecer nenhuma correspondência entre os domínios. No entanto, no momento da entrevista, foi solicitado ao licenciando que explicitasse quais aspectos estavam em correspondência em sua comparação. O mapeamento das correspondências realizado pelo licenciando, encontra-se no quadro 8 a seguir.

Alvo (reações químicas)	Mapeamento	Análogo (geração de um filho)
Em reações químicas os reagentes se combinam formando um produto.		A relação entre um homem e uma mulher resulta em um filho.
O produto formado possui características diferentes dos reagentes.		O filho é diferente do homem e da mulher.

Quadro 8. Mapeamento da comparação de mera aparência estabelecida por L7 entre a relação de um homem e uma mulher formando um filho e reações químicas.

Licenciando L8

A comparação elaborada por L8 foi apresentada anteriormente na subcategoria “Exemplos” da seção 3.2.5.

Licencianda L9

L9 responde da seguinte forma à questão que solicitava a elaboração de uma analogia para reações químicas:

“A analogia seria como se ascende um fogão a lenha e quando apaga. No fogão a lenha tem a madeira e álcool quando é fornecido o fogo, a madeira queima e o álcool auxilia na queima, quando o fogo se acaba (reação acaba) o que obtém é algo diferente do que havia inicialmente. Então houve uma mistura de substâncias, fornecimento de calor, e aconteceu a reação química, onde é possível identificar os reagentes e produtos. É importante lembrar que nem toda reação química necessita de calor para ocorrer, e a função do oxigênio na reação.” (L9)

Não há correspondências a serem mapeadas neste caso, uma vez que trata-se de um exemplo de reação química e não de uma comparação.

Licenciando L10

L10 elaborou a seguinte comparação para as reações químicas:

“Irá acontecer um baile na cidade em que a pessoa deverá ir para encontrar outras pessoas, formando grupos de amizade e que os grupos são formados por pessoas que tem afinidades entre si. A velocidade com que esses grupos são formados irá depender da velocidade da música. Se for uma música mais rápida, os grupos irão se formar mais rápido, se for uma música mais lenta, os grupos serão formados mais lentamente. Essa analogia servirá para explicar como a velocidade das reações são influenciadas pela temperatura (velocidade da música). (L10)

É importante ressaltar que, o licenciando não estabeleceu explicitamente as correspondências entre os domínios alvo e análogo; as correspondências foram todas

inferidas pela pesquisadora. Além disso, não foi possível entrevistar L10, pois no período em que as entrevistas ocorreram, o licenciando havia solicitado o trancamento total do curso. Desta forma, as inferências não foram validadas por ele.

O mapeamento das correspondências inferidas pela pesquisadora encontra-se no quadro 9 a seguir.

Alvo (Influência da temperatura na velocidade das reações)	Mapeamento	Análogo (Influência da batida da música na formação de grupos de amizade)
As reações químicas são formadas a partir de reagentes que tem afinidade.		Grupos de amizade se formam a partir de pessoas que têm afinidade.
Quanto maior a temperatura mais rapidamente os produtos serão formados.		Quanto mais rápida a música, mais rapidamente as pessoas se encontrarão e os grupos de amizade serão formados.
Quanto menor a temperatura, mais lentamente os produtos serão formados.		Quanto mais lenta a música, mais lentamente as pessoas se encontrarão e os grupos de amizade serão formados.

Quadro 9. Mapeamento da comparação estabelecida por L10 entre a influência da batida da música na formação de grupos de amizade e a influência da temperatura sobre a velocidade das reações.

Licenciando L11

Ao ser solicitado a elaborar a analogia, o licenciando respondeu da seguinte forma à questão:

“Reação química é um processo que ocorre de forma natural ou com interferência antrópica, onde ocorre a formação de novas substâncias. Quando deixamos um mamão fora da geladeira durante alguns dias as características visuais da fruta muda devido a ação de microorganismos que se instalam e alimentam da mesma alterando suas propriedades (consistência, cor, sabor e cheiro). Nas reações químicas podemos ter alterações visíveis como mudança de cor, formação de precipitado, liberação de gases, mas alguns casos de reações não são visíveis, mas devido a formação de nova substância algumas propriedades são alteradas. Durante a ação da microbiota na fruta ocorrem várias reações químicas que permitem a transformação das substâncias presentes na fruta em ATP o que é a principal forma de energia para os seres vivos. Neste caso, os micro-organismos participam das reações e são focos de estudo da bioquímica e microbiologia.”
 (L11)

Não há correspondências a serem mapeadas, pois como nos casos de L8 e L9, L11 citou um exemplo de reação química.

Licencianda L12

Em resposta à quinta questão do questionário, L12 elaborou a comparação a seguir. Na sequência, o mapeamento das correspondências é apresentado no quadro 10.

“Podemos dizer que um processo é químico quando o que se tinha nos reagentes é diferente do que se obteve nos produtos. Pensando nisso, podemos usar como analogia a relação do pai e da mãe para se obter o filho, ou seja, comparamos o pai e a mãe como se fossem os reagentes e o filho o produto. Foi formado a partir de pessoas diferentes uma outra pessoa que também é diferente porém que possui traços semelhantes com os primeiros.” (L12)

Alvo (Reações químicas)	Mapeamento	Análogo (Geração de um filho)
Em reações químicas os reagentes se combinam formando um produto.		A relação entre um homem e uma mulher resulta em um filho.
O produto formado possui características diferentes dos reagentes.		O filho é diferente do homem e da mulher.

Quadro 10. Mapeamento da comparação estabelecida por L12 entre a relação de um homem e uma mulher formando um filho e as reações químicas

Licenciando L13

A comparação elaborada por L13 foi apresentada anteriormente na subcategoria “As correspondências entre os domínios devem ser explicitamente mapeadas” da seção 3.2.6. No quadro 11 a seguir, encontra-se o mapeamento das correspondências entre os domínios, explicitado pelo licenciando.

Alvo (Reações químicas)	Mapeamento	Análogo (Mistura de tintas)
Em reações químicas os reagentes interagem entre si formando produtos diferentes das substâncias iniciais.		Ao misturarmos uma tinta vermelha com outra de cor azul, elas vão interagir resultando em uma tinta de cor roxa, diferente das iniciais.

Quadro 11. Mapeamento da comparação estabelecida por L13 entre a mistura de tintas de cores diferentes e as reações químicas

Licenciando L14

L14 elaborou a comparação a seguir, cujo mapeamento das correspondências encontra-se no quadro 12.

“REAÇÕES QUÍMICAS: é o rearranjo de átomos, formando um produto diferente dos reagentes. ANALOGIA: Se pegarmos dois ímãs e aproximarmos o polo sul do polo norte acontece uma atração e, se aproximarmos o polo sul de outro polo sul, não acontecerá atração. Uma reação química pode ser pensada no rearranjo de átomos, pensando na atração de átomos de substâncias diferentes, formando outras. Mas desse modo, não estamos discutindo a questão energética e nem as colisões efetivas. ATRAÇÃO DOS ÁTOMOS: pensando em propriedades periódicas (afinidade eletrônica, eletronegatividade e energia de ionização).”
 (L14)

Alvo (Atração entre átomos)	Mapeamento	Análogo (Atração entre ímãs)
Os átomos de reagentes podem se atrair e rearranjar resultando em uma reação química.		Quando aproxima-se o polo norte de um ímã do polo sul de outro ímã, eles se atraem.

Quadro 12. Mapeamento da analogia estabelecida por L14 entre a atração entre dois ímãs e a atração entre átomos.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados apresentados anteriormente sustentam as discussões a seguir sobre: o conhecimento declarativo dos licenciandos, expresso em resposta às questões do questionário; o conhecimento procedimental, salientado a partir das comparações elaboradas por eles; e as relações entre estes dois conhecimentos.

No que diz respeito ao conhecimento declarativo, foi possível perceber que há certa diversidade de concepções acerca das analogias, evidenciada pelas subcategorias que compuseram a categoria “Definição de analogia”. As ideias mais comuns entre os licenciandos foram as de que analogias são: (i) comparações entre domínios distintos (1 licenciando); (ii) ferramentas explicativas pela comparação de domínios distintos (4 licenciandos); e (iii) ferramentas explicativas pelo estabelecimento de relações (explícitas ou não) entre alvo e análogo (9 licenciandos).

No primeiro caso, é possível perceber que, para o licenciando, qualquer tipo de comparação poderia ser classificada como uma analogia, desde que dois domínios distintos fossem comparados. No segundo caso, certa generalidade na definição do termo se mantém, mas os licenciandos atribuem às analogias o papel de representar, explicar ou facilitar a compreensão do domínio alvo. Já no terceiro caso, no qual incluímos as duas últimas subcategorias da categoria analisada – “ferramenta explicativa pelo estabelecimento de relações entre alvo e análogo” e “ferramenta explicativa pelo estabelecimento de relações *explícitas* entre alvo e análogo” -, além da função explicativa, os licenciandos foram capazes de destacar um importante aspecto que diferencia as analogias das demais comparações: as correspondências entre os domínios devem ser relacionais. Apesar disso, apenas 4 deles destacaram a importância de um mapeamento explícito destas relações.

Outro ponto importante a ser discutido é o de que, os licenciandos cujas respostas foram incluídas no item (iii), embora tenham manifestado uma noção um pouco mais elaborada sobre as analogias acreditam que elas têm função unicamente explicativa, demonstrando desconhecer o caráter construtivo/criativo das analogias, isto é, a importância destas ferramentas na produção de novo conhecimento.

Como discutido na metodologia, três dos licenciandos (L1, L2 e L3) cursavam a disciplina Prática de Ensino de Química I, do quinto período do curso de Licenciatura em Química. Estas alunas ainda não haviam passado por discussões formais sobre analogias e, como evidenciado em nossos resultados, demonstraram visões bem superficiais sobre as

mesmas. Duas destas licenciandas definiram analogias como sendo comparações entre duas situações. Por outro lado, os licenciandos que já haviam passado por discussões formais sobre analogias nas disciplinas de Prática de Ensino de Química I e Estágio Supervisionado II e III, do quinto, sexto e sétimo períodos, em geral, apresentaram concepções mais elaboradas (com exceção de L5, L6 e L7 que apresentaram a mesma definição de L2 e L3), embora tenham deixado de lado alguns aspectos essenciais das analogias.

O fato de a maior parte dos licenciandos compreender analogia somente como uma ferramenta explicativa parece refletir nas concepções destes acerca dos objetivos pelos quais os cientistas elaboram e usam analogias na ciência. A grande maioria dos licenciandos (11 deles) atribuiu o uso de analogias por cientistas à facilidade de comunicar um conhecimento científico, isto é, com o objetivo de facilitar o entendimento de suas ideias por outras pessoas, sejam estas membros da comunidade científica ou indivíduos da sociedade em geral. Apenas L3 e L7 reconheceram que cientistas utilizam analogias para auxiliar no seu raciocínio e na interpretação de fenômenos ou ideias; e L5 destacou a importância específica de as mesmas facilitarem a visualização do alvo.

Em relação aos objetivos pelos quais os professores elaboram e usam analogias no ensino de Ciências, com exceção de L5 e L9, todos os demais licenciandos acreditam que os professores almejam facilitar o entendimento dos estudantes de algo desconhecido a partir de algo que estes conhecem. L9 foi o único licenciando que reconheceu a importância das analogias na identificação de possíveis concepções alternativas dos estudantes. L9 e L5 atribuíram o uso das analogias ao objetivo de facilitar a visualização dos estudantes de um alvo abstrato pelos professores de Ciências.

No caso de L5, devido à sua forte concepção de que as analogias são ferramentas que permitem explicar e representar um alvo abstrato, ele atribuiu o objetivo do uso e elaboração destas por cientistas e professores de Ciências à facilidade de visualização do alvo que essas ferramentas podem proporcionar.

A compreensão dos licenciandos sobre o que são analogias parece impactar também nas suas visões a respeito do uso das mesmas no ensino de Ciências. Tal influência fica evidente se observarmos, por exemplo, que L11 e L14 - os quais haviam definido analogias como ferramentas explicativas pelo estabelecimento de *relações explícitas* entre alvo e análogo - apontam como principais características de uma boa analogia no ensino de Ciências o mapeamento das relações estabelecidas entre os domínios

e a identificação das limitações de uma analogia. Neste sentido, evidencia-se a importância de que professores e futuros professores de Ciências tenham clareza sobre o que de fato são as analogias, visto que tal concepção pode influenciar significativamente na maneira de conceber seu uso por cientistas e no ensino de Ciências.

Um dos problemas apontados pela literatura em relação ao uso de analogias por professores é a confusão com outros tipos de comparações e recursos didáticos (MOZZER; JUSTI, 2013; TREAGUST; DUIT; JOSLIN, 1992). Para que este problema seja minimizado torna-se necessário que professores reconheçam as principais diferenças entre analogias e outros tipos de comparação. Neste sentido, julga-se essencial que professores tenham clareza que aquilo que distingue as analogias das demais comparações é o estabelecimento, de forma explícita de correspondências essencialmente relacionais entre o domínio alvo e o domínio análogo.

Em nosso estudo, apenas quatro licenciandos reconheceram que a distinção entre analogias e outros tipos de comparações ocorre pelo fato de, nas analogias, serem estabelecidas relações profundas em detrimento de correspondências entre características superficiais estabelecidas nas demais comparações. Apenas dois licenciandos (L10 e L11) evidenciaram a importância do mapeamento explícito das correspondências entre os domínios e outros quatro (L4, L10, L13 e L14) destacaram a importância das relações sob os atributos de objetos (propriedades físicas). Os demais destacaram aspectos menos relevantes como: o caráter explicativo das analogias (quatro licenciandos) - algo que não é um propósito válido para todas elas -, ou o fato de estarem atreladas a um domínio alvo da ciência.

Isso nos leva a supor que, embora a maior parte dos licenciandos tenha passado por um processo formal de discussões sobre analogias ao longo do curso, os mesmos ainda não tinham clareza sobre as principais diferenças destas em relação às outras comparações. Além de não compreender bem o significado das analogias, ficou evidente que os licenciandos investigados também não compreendiam seu papel na ciência e no ensino de Ciências. A maior parte deles não reconheceu o papel fundamental das analogias na cognição humana, atribuindo desta forma, seu uso por cientistas e professores somente ao intuito de explicar algo abstrato ou de difícil compreensão.

Os licenciandos fizeram diferentes apontamentos sobre as principais características de uma boa analogia no ensino de Ciências. A partir de suas respostas à sexta questão do questionário (Anexo 1) foi possível perceber concepções coerentes (por exemplo: ter um

objetivo de ensino bem definido; permitir o estabelecimento de relações com o domínio alvo; contar com um mapeamento explícito de relações; e incluir a explicitação das limitações da analogia), mas também algumas concepções equivocadas dos licenciandos sobre analogia. Neste caso, por exemplo, três dos sete licenciandos (L4, L7 e L9), cujas respostas foram enquadradas na subcategoria “Proximidade à realidade do estudante ou inteligibilidade”, expressaram suas ideias em termos da analogia quando, na verdade, deveriam se referir ao domínio análogo. Embora a familiaridade do estudante com o análogo seja uma característica essencial de uma boa analogia destinada ao ensino, a forma como esses três licenciandos expressaram suas ideias evidenciou que eles confundiam o domínio análogo com a própria analogia (algo já apontado por Duit em 1991).

Outra concepção inadequada que vale a pena ser discutida é a que foi apresentada pela licencianda L1, a qual destacou que a característica de uma boa analogia seria possibilitar o máximo de informações sobre o alvo. Sob esse ponto de vista, podemos inferir que, para essa licenciada em particular, uma boa analogia seria aquela que não possuísse qualquer limitação, ou seja, que não possuísse aspectos não mapeáveis entre o análogo e o alvo. Isso é algo impossível dada a própria natureza limitada de qualquer modelo científico e, portanto, das relações analógicas que eles estabelecem com as entidades que representam.

Em relação ao conhecimento procedimental sobre analogias, os licenciandos também apresentaram várias lacunas. Isso fica evidente ao observarmos, por exemplo, que apenas três licenciandos elaboraram uma “Analogia em Potencial”. Como discutido, tais licenciandos não explicitaram o mapeamento de todas as relações possíveis entre os domínios, motivo pelo qual a analogia foi denominada “em Potencial”.

Por exemplo, L2, ao colocar em correspondência o comportamento de reações reversíveis e o brinquedo “vai-vem” estabeleceu explicitamente uma relação entre o sentido em que o objeto central (ver objeto azul na figura 2) se move e o sentido em que as reações reversíveis se processam. Entretanto, na segunda correspondência apresentada no quadro 2, a licencianda limitou-se a destacar apenas características do domínio análogo, sem realizar o mapeamento, o qual tinha o potencial de ser relacional.

Dos três licenciandos cujas analogias foram classificadas na categoria “Analogia em Potencial”, apenas L2 ainda não havia passado por discussões sobre analogias. Isto nos leva a supor que esta licencianda já possuía algumas das habilidades importantes para elaborá-las como: imaginação, criatividade e capacidade de abstração. Tais habilidades

também podem ter contribuído para que L3, que também não havia passado por discussões sobre analogias, tenha elaborado uma similaridade literal e não uma comparação de mera aparência.

Em contrapartida, a maior parte dos licenciandos, que já havia passado por um processo de discussão formal sobre analogias, elaborou comparações de mera aparência (correspondências apenas entre atributos de objeto) ou, de forma ainda menos coerente, citou exemplos como sendo analogia. Levando em conta que tais licenciandos participaram apenas de discussões teóricas sobre analogias, isto é, não vivenciaram nenhum processo de elaboração e crítica de suas próprias analogias, supomos que um processo de formação com essas características pode não ser suficiente para que os futuros professores elaborem boas analogias.

L4, por exemplo, já havia passado por discussões sobre analogias e, no entanto, elaborou uma comparação de mera aparência. Embora tenha explicitado os mapeamentos (algo que nos permite caracterizar as analogias e as diferenciar das demais comparações), as correspondências estabelecidas pela licencianda foram apenas entre características superficiais dos domínios. L11, que também estava no estágio mais avançado do curso, citou exemplo da oxidação do ferro na maçã, acreditando ter elaborado uma analogia. L6, também demonstrou não entender o significado de analogias ao apontar aspectos do tema reações químicas em lugar de estabelecer uma comparação.

Esses resultados nos levam a supor que os licenciandos parecem não ter clareza sobre as distinções entre analogias e as demais comparações. Isso pode ser evidenciado pelo fato de que apenas cinco licenciandos (L2, L3, L5, L10, L14) colocaram em correspondência *relações* entre os domínios e apenas três (L4, L12, L13) explicitaram o mapeamento das correspondências em suas comparações.

Não explicitar o mapeamento, no contexto de ensino, significaria deixá-lo a cargo dos estudantes. Neste processo, eles podem colocar em correspondência ideias completamente diferentes das que os professores almejam e gerar concepções alternativas sobre o tema em estudo (DAGHER, 1994; DUIT, 1991).

A maioria dos licenciandos parece também desconhecer a importância de se identificar as limitações da analogia, pois apenas três deles (L2, L4 e L14) destacaram esse aspecto em suas comparações. No ensino de Ciências, tal atitude dos professores pode reforçar nos estudantes a concepção de que o conhecimento científico é constituído de

verdades absolutas ou de representações exatas da realidade investigada (HARRISON, 2008).

As discussões realizadas evidenciam que a maioria dos licenciandos investigados parece não apresentar uma compreensão satisfatória sobre analogias e sobre seu uso na ciência e no ensino de Ciências. Mesmo os poucos licenciandos que apresentaram um bom conhecimento declarativo sobre analogias, quando solicitados a elaborar uma analogia destinada ao ensino de Ciências, não foram capazes de fazê-lo e não contemplaram aspectos centrais que as definem e as diferenciam das demais comparações.

Embora nove licenciandos tenham declarado inicialmente que as correspondências relacionais entre os domínios alvo e análogo definem as analogias, apenas três destes o fizeram quando solicitados a elaborar uma analogia. Além disso, os quatro licenciandos que mencionaram a importância de se explicitar tais relações não as explicitaram nas comparações elaboradas. Isto nos fornece evidências de que, mesmo os poucos licenciandos que mencionaram ideias mais condizentes com a definição de analogias encontrada na literatura, parecem apresentar um conhecimento apenas declarativo a este respeito.

Além disso, dominar apenas aspectos teóricos sobre analogias, pode não ser suficiente para garantir que futuros professores as utilizem de forma adequada no ensino de Ciências. Isso pode ser evidenciado ao observarmos, por exemplo, que L11 e L14 não explicitaram todas as relações possíveis entre os domínios comparados e apenas L14 apontou limitações na comparação elaborada, embora ambos tenham apontado estas como características que definem e que caracterizam uma boa analogia para o ensino de Ciências.

Entre os quatro licenciandos que apontaram as relações entre o alvo e análogo como uma característica que diferencia analogias das demais comparações, apenas dois (L10 e L14) estabeleceram correspondências relacionais entre os domínios ao elaborarem suas comparações. Além disso, os dois licenciandos (L10 e L11) que mencionaram a importância do mapeamento explícito de relações nas analogias para diferenciá-las das demais comparações, não o fizeram quando solicitados a elaborar uma analogia.

Foi possível observar que os licenciandos que estavam em períodos mais avançados do curso apresentaram concepções mais elaboradas sobre o que são analogias em comparação as dos licenciandos que ainda não haviam passado por este processo. Isso é indicativo de que possuem um conhecimento declarativo mais acurado se comparado ao

dos demais licenciandos que cursavam o quinto período do curso. Apesar disso, somente seis dos licenciandos de períodos mais avançados destacaram ideias centrais que caracterizam e diferenciam as analogias - como comparações relacionais e explícitas - das demais comparações.

Os licenciandos dos períodos mais avançados também não se saíram melhor na elaboração de analogias do que aqueles que estavam em períodos iniciais. Assim, embora tenham apresentado um conhecimento declarativo mais acurado quando comparados seus colegas dos períodos iniciais, tais licenciandos não apresentaram um conhecimento procedimental satisfatório.

Outro ponto importante a ser considerado diz respeito às limitações das analogias. A maioria dos licenciandos parece desconhecer a importância de se identificar as limitações da analogia. Isto ficou evidente tanto nas ideias declaradas pelos licenciandos quanto no conhecimento procedimental expresso a partir de suas próprias comparações: apenas quatro deles citou esta como uma característica de uma boa analogia e apenas três destacou alguma limitação em suas analogias. Destes, somente um (L14) destacou essa característica e identificou uma limitação em sua comparação.

Embora alguns licenciandos tenham apontado características coerentes para uma boa analogia destinada ao ensino de Ciências, eles parecem apresentar um conhecimento apenas declarativo. Isso fica evidente se observarmos, por exemplo, que quatro licenciandos (L5, L11, L13 e L14) afirmaram que uma boa analogia no ensino de Ciências deve contar com um mapeamento explícito de relações. No entanto, ao elaborar uma analogia com o objetivo de facilitar o entendimento de estudantes sobre o tema reações químicas, apenas um destes licenciandos (L13) o fez. O mesmo ocorre ao observarmos que três licenciandos (L6, L11 e L14) reconhecem a importância de incluir as limitações da analogia no contexto de ensino, mas, ao expressar seu conhecimento procedimental através da analogia elaborada, apenas um destes licenciandos (L14) apresentou as limitações da analogia.

Durante as entrevistas, alguns licenciandos verbalizaram suas dificuldades no processo, as quais vale a pena expor aqui. L1, por exemplo, destacou a sua dificuldade em selecionar um domínio análogo adequado para estabelecer as correspondências com o domínio alvo proposto. L2 também destacou este aspecto e acrescentou outro fator que dificultou a elaboração da sua analogia: estabelecer o mapeamento de correspondências

relacionais entre os domínios, de forma a elaborar o que, de fato, seria uma analogia e não um outro tipo de comparação.

Um outro aspecto importante a ser discutido diz respeito ao conhecimento de conteúdo dos licenciandos. É de fundamental importância que os licenciandos tenham clareza sobre os principais aspectos discutidos na Metodologia deste trabalho referentes às reações químicas (domínio alvo) para colocá-los em correspondência com o domínio análogo de forma adequada.

Entretanto, a partir das comparações elaboradas pelos licenciandos, tivemos indícios de que alguns deles podem não apresentar um conhecimento de conteúdo bem consolidado sobre a temática. L1, por exemplo, não elaborou uma comparação que envolvesse reações químicas ao comparar o estado sólido da matéria com um pente de ovos e o estado líquido com um jogo de futebol. Nesse caso, supomos que a licencianda pode não apresentar um conhecimento adequado sobre o tema que lhe permita realizar a adequada seleção dos aspectos do alvo a serem discutidos, porque limitou-se a comparar apenas atributos de objeto entre os domínios e algumas vezes transpôs características do domínio análogo para o alvo quando em lugar de comparar a organização das partículas no estado sólido e a organização dos ovos no pente, L1 foca na relação errônea entre a distância das partículas do sólido e a distância entre os ovos no pente.

Além disso, licenciandos que elaboraram comparações de mera aparência podem apresentar um conhecimento de conteúdo superficial sobre reações químicas, visto que, nesse tipo de comparação as correspondências são superficiais se comparadas às relações analógicas. Por exemplo, L4, L7, L12 e L13 que restringiram a focar em suas comparações apenas a formação de produtos diferentes dos reagentes.

Por outro lado, visto que as relações estabelecidas entre os domínios são mais profundas do que as correspondências de atributos de objeto, elas representam o alvo de maneira mais adequada. Isso pode indicar que os poucos licenciandos cujas comparações foram classificadas nas categorias Analogia em Potencial e Similaridade Literal apresentam um conhecimento de conteúdo mais elaborado que os demais. L2, L5, L10 e L14 foram capazes de representar, a partir de suas comparações, aspectos importantes das reações químicas como: o rearranjo de átomos através das interações eletrostáticas; a influência da temperatura na velocidade da reação e nas colisões entre as partículas; a reversibilidade de reações químicas; a igualdade de reações direta e inversa no equilíbrio químico.

Os demais resultados obtidos neste trabalho demonstram que a maioria dos licenciandos pesquisados compartilha grandes dificuldades na elaboração de suas analogias com propósitos voltados para o ensino. Se por um lado poderíamos atribuir essa dificuldade principalmente à temática – algo que consideramos menos provável, dado que pesquisas com outras temáticas envolvendo professores experientes na área têm apresentado resultados similares (MOZZER, 2013) – por outro, não podemos negar a deficiência na formação desses futuros professores no sentido de desenvolver um conhecimento mais funcional sobre as analogias.

5. CONCLUSÕES

As analogias vêm sendo apontadas como potenciais ferramentas para: auxiliar o entendimento de estudantes sobre conceitos abstratos e de difícil entendimento; modificar concepções alternativas dos estudantes (DUIT, 1991); desenvolver a criatividade e imaginação (DAGHER, 1994); desenvolver uma concepção mais fidedigna sobre o trabalho científico (COLL, 2005); desenvolver uma consciência metacognitiva nos estudantes (COLL, 2005); entre outras. Apesar disso, o que tem sido evidenciado é que professores parecem desconhecer todas essas potencialidades das analogias para o ensino de Ciências.

O presente trabalho evidenciou que futuros professores de Química atribuem o uso de analogias por professores de Ciências - e mesmo pelos cientistas - somente a fins explicativos, ignorando dessa forma, a importância das mesmas no processo de construção do conhecimento. Tal concepção pode implicar no uso restrito das mesmas no ensino a partir do paradigma da recepção, no qual são fornecidos aos estudantes os domínios alvo e análogo, e se espera que ele estabeleçam as relações almejadas pelo professor, de modo independente (BLANCHETTE; DUMBAR, 2000).

Essa abordagem restritiva no uso das analogias priva os estudantes de vivenciarem um processo semelhante àquele vivenciado ~~des~~ pelos cientistas quando constroem ~~de~~ conhecimento científico com o auxílio das analogias. Neste sentido, pesquisas recentes como as de Clement (2008) e Mozzer e Justi (2012) têm evidenciado que, ao se fornecer oportunidades para que os próprios estudantes elaborem, critiquem e reformulem suas próprias analogias, pode-se favorecer: a construção de um conhecimento de Ciências mais coerente com o curricular; o desenvolvimento de habilidades investigativas; e uma maior consciência sobre aspectos importantes do trabalho científico.

A visão limitada que os futuros professores investigados demonstraram sobre o uso de analogias no ensino de Ciências está relacionada a sua própria concepção sobre o que são analogias. Os licenciandos em questão, em geral, demonstraram compreender as analogias como um tipo de comparação, mas não apontaram aspectos importantes que as caracterizam e diferenciam das demais comparações: as *correspondências relacionais* entre os domínios e o *mapeamento explícito* dessas correspondências. Mesmo aqueles que já haviam passado por um processo de formação formal sobre analogias, apresentaram um conhecimento declarativo pouco satisfatório.

Considerando a influência que as concepções sobre analogias exercem na maneira com que professores e futuros professores de Ciências concebem seu uso na ciência e no ensino de Ciências, como evidenciado neste trabalho, julga-se essencial que estes tenham clareza sobre o que de fato são analogias.

As limitações do conhecimento dos licenciandos sobre analogias também ficaram evidentes na elaboração de suas próprias comparações. Como discutido na análise dos dados, mesmo os poucos licenciandos que apresentaram concepções satisfatórias, quando foram solicitados a elaborar uma analogia para facilitar a compreensão de estudantes da educação básica sobre o tema reações químicas, não foram capazes de fazê-lo. Estes, na maioria das vezes, apenas citaram características e comportamentos do análogo e não realizaram o mapeamento de forma explícita.

Essa ênfase excessiva no domínio análogo pode indicar que os licenciandos pesquisados acreditam que analogia é o próprio domínio análogo. A confusão entre os termos analogia e análogo já foi apontada por Duit (1991) como uma concepção frequente entre professores de Ciências e discutida por Mozzer e Justi (no prelo) como uma das causas de os estudantes construírem modelos mentais diferentes do modelo curricular almejado pelo professor.

É importante destacar também que a maioria dos licenciandos parece desconhecer a importância de explicitar as limitações das analogias, pois foram poucos os que mencionaram este aspecto e que destacaram as limitações da analogia elaborada. No contexto de ensino, não explicitar as limitações das analogias pode gerar ou reforçar nos estudantes a concepção errônea de que as representações científicas são isentas de limitações ou, em outras palavras, que representam fielmente a entidade representada (HARRISON, 2008).

Ao relacionarmos os conhecimentos declarativo e procedimental dos licenciandos, foi possível observar que as ideias equivocadas sobre analogias declaradas em resposta às questões do questionário foram, na maioria dos casos, refletidas no conhecimento procedimental sobre analogias, expresso a partir das comparações elaboradas. Ou, ao contrário, as ideias relevantes que eles mencionaram em resposta às questões do questionário, não foram contempladas nas comparações elaboradas. Adicionalmente, os licenciandos que haviam passado por discussões sobre analogias ao longo do curso não se saíram melhor na elaboração das mesmas do que os licenciandos que ainda não haviam vivenciando tais discussões.

Assim, tivemos evidências suficientes de que, embora seja indispensável que professores e futuros professores de Ciências tenham clareza sobre o significado de analogias, experimentar apenas discussões teóricas durante o processo de formação parece não ser suficiente para garantir que os mesmos as utilizem de forma apropriada no ensino de Ciências. Acredita-se que a elaboração de analogias requer habilidades que vão além do conhecimento sobre aspectos teóricos, as quais devem ser desenvolvidas durante o processo de formação, com a prática.

Neste sentido, julga-se fundamental que o professor tenha um bom conhecimento de conteúdo, isto é, que ele saiba selecionar e tenha clareza sobre os aspectos alvo do conteúdo científico a ser construído com os estudantes. Como observado em nosso trabalho, em alguns casos os licenciandos transpuseram características do domínio análogo para o alvo. Num contexto de ensino isso poderia implicar no desenvolvimento, pelos estudantes, de possíveis concepções alternativas sobre o alvo.

Por outro lado, dominar o conteúdo não é o bastante para determinar o uso satisfatório de analogias no ensino de Ciências. É fundamental que professores também dominem o conhecimento pedagógico de conteúdo, para utilizar as analogias da melhor forma possível; como um recurso para auxiliar a construção de conhecimentos curriculares pelos estudantes. Neste sentido, julga-se fundamental que, durante a formação inicial, professores passem pelo processo de elaboração e crítica de suas próprias analogias. Assim, eles poderiam desenvolver conhecimentos mais funcionais sobre analogias e sobre o uso de analogias no ensino de forma mais coerente com a prática científica.

6. IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO E PARA A PESQUISA

A reflexão sobre os aspectos levantados e discutidos neste trabalho relacionados às principais limitações dos conhecimentos de futuros professores sobre analogias aponta para a necessidade de se pensar em sequências de ensino que tenham como objetivo sanar as lacunas presentes nos cursos de formação de professores em relação ao desenvolvimento daqueles conhecimentos. Para isso, seria indispensável propiciar aos futuros professores diferentes ocasiões para que eles elaborassem e discutissem suas próprias analogias, algo que poderia contribuir, não só para que eles elaborassem analogias mais coerentes e consistentes com o conhecimento científico, mas também para que eles reconhecessem a importância de propiciar tais ocasiões no ensino de Ciências.

Sob essa perspectiva, evidencia-se a relevância deste estudo no sentido de guiar a pesquisa para elaboração e aplicação de sequências, as quais poderiam favorecer a formação de professores com concepções mais autênticas sobre analogias e mais aptos a utilizá-las com toda sua potencialidade no ensino.

7. REFERÊNCIAS

- ANDERSON, R. J. Cognitive psychology and their acquisition. **Psychological Review**, v. 94, n. 1, p.192-210, 1995.
- ATKINS, P. W.; JONES, Loretta. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 965 p.
- BLANCHETTE, I.; DUNBAR, K. How analogies are generated: the roles of structural and superficial similarity. **Memory & Cognition**, v.28, n. 1, p. 108-124, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Semtec, 2002.
- CLEMENT, J. Major process involved in spontaneous analogical reasoning. In: CLEMENT, J. (Org.). **Creative model construction in scientists and students: the role of imagery, analogy and mental simulations**. Dordrecht: Springer. 2008. p. 21-32.
- COLL, R. K. The role of models/and analogies in science education: Implications from research. **International Journal of Science Education**, v.27, n. 2, p. 183-198, 2005.
- DAGHER, Z. R. Does the use of analogies contribute to conceptual change? **Science Education**, v.78, n. 6, p. 601-614, 1994.
- DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, v.75, n. 6, p. 649-672, 1991.
- DUNBAR, K.; BLANCHETTE, I. The in vivo / in vitro approach to cognition: the case of analogy. **Trends in Cognitive Sciences**, v.5, n. 8, p. 334-339, 2001.
- FIGUEIRÊDI, K. L. **Formação continuada de professores de química buscando inovação, autonomia e colaboração: análise do desenvolvimento de seus conhecimentos sobre modelagem a partir do envolvimento em pesquisa-ação em um grupo colaborativo**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- GENTNER, D. The mechanisms of analogical learning. In: VOSNIADOU, S.; ORTONY, A. **Similarity and Analogical Reasoning**. Cambridge: Cambridge University Press. 1989. p. 199-241.
- JAMES, M. C.; SCHARMANN, L. C. Using Analogies to Improve the Teaching Performance of Pre-service Teachers. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 44, n. 4, p. 565–585, 2007.

JUSTI, R.; GILBERT, J. The role of analog models in the understanding of nature of models in chemistry. In: AUBUSSON, P. J.; HARRISON, A. G.; RITCHIE, S. M. **Metaphor and Analogy in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2006. p. 119-130.

MACHADO, A. H.; ARAGÃO, R. M. R. Como os Estudantes Concebem o Estado de Equilíbrio Químico. **Química nova na escola**. n. 4, nov. 1996. Disponível em: <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc04/aluno.pdf>> Acesso em: 08 de set. 2014.

MOZZER, N. B. **O ato criativo de comparar: um estudo das analogias elaboradas por alunos e professores de Ciências**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MOZZER, N. B. **O entendimento conceitual do processo de dissolução a partir da elaboração de modelos e sob a perspectiva da Teoria de Campos Conceituais**. Tese de Doutorado – Programa de Pós-graduação da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. “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**. No prelo.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. Science teachers’ analogical reasoning. **Research in Science Education**, v. 3, n. 4, p. 1689-1713, 2013.

MOZZER, N. B.; JUSTI, R. Students' pre- and post-teaching analogical reasoning when they draw their analogies. **International Journal of Science Education**, v.34, n. 3, p. 429-458, 2012.

NOTTIS, K. E. K.; MCFARLAND, J.; A Comparative Analysis of Pre-Service Teacher Analogies Generated For Process and Structure Concepts. **Electronic Journal of Science Education**, v.5, n. 4, 2001. Disponível em <http://ejse.southwestern.edu/article/view/7667/5434>. Acesso em: 15/12/2014.

OLIVA, J. M.; ARAGÓN, M. M. Contribución del aprendizaje com analogias al pensamiento modelizador de lós alumnos em ciencias: Marco teórico. **Enseñanza de lãs Ciencias**, v. 27, n. 2, p. 195-208, 2009.

OLIVA, J. M.; ARAGÓN, M. M.; MATEO, J.; BONAT, M. Cambiando lãs concepciones y creencias Del profesorado de ciencias em torno al uso de analogías. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 4, n. 1, p. 1-10, 2001.

ORGILL, M.; BODNER, G. What research tells us about using analogies to teach Chemistry. **Chemistry Education Research and Practice**, v.5, n. 1, p. 15-32, 2004.

PARIS, N. A.; GLYNN, S. Elaborate analogies in science text: Tools for enhancing preservice teachers_ knowledge and attitudes. **Contemporary Educational Psychology**, v. 29, p. 230–247, 2004.

ROSA, M. I. F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. **Química Nova na Escola**, n. 8, p. 31-35, 1998.

SPIER-DANCE, L.; MAYER-SMITH, J.; DANCEA, N.; KHAN, S. The role of student-generated analogies in promoting conceptual understanding for undergraduate chemistry students. **Research in Science and Technological Education**, v. 23, n. 2, p.163–178, 2005.

TREAGUST, D. F.; DUIT, R.; JOSLIN, P. (1992). Science teachers' use of analogies: observations from classroom practice. **International Journal of Science Education**, v.14, n. 4, p. 413-422, 1992.

8. ANEXOS

8.1. Anexo 1 – Questionários para Licenciandos de um curso de Licenciatura em Química

1. Para você, o que é analogia?
2. Com qual(is) objetivo(s) você acha que os cientistas elaboram e usam analogias na ciência?
3. Com qual(is) objetivo(s) você acha que os professores usam analogias no ensino de Ciências?
4. Em sua opinião, existe alguma distinção entre analogias e outros tipos de comparações? Explique.
5. Elabore uma analogia com o objetivo de facilitar a compreensão de um estudante sobre o tema: reações químicas.
6. Que características você considera fundamentais para que uma analogia facilite a compreensão de um estudante sobre um conceito?

8.2. Anexo 2 - Protocolo da entrevista de validação dos dados

1. Faça uma análise crítica da analogia elaborada considerando os aspectos que julgar relevantes.
2. Quais aspectos estão em correspondência entre os domínios alvo e análogo na analogia que você elaborou?
3. (Leitura da análise pelo licenciando). O que você considera coerente e o que você considera incoerente com suas ideias nessa análise que fizemos?

8.3. Anexo 3 - Termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) direcionado ao licenciando

Prezado(a) licenciando(a),

Por meio deste termo, viemos convidá-lo(a) a participar como voluntário da pesquisa: Raciocínio Analógico e Modelagem no Ensino de Química que será realizada com estudantes da Licenciatura em Química da UFOP e que ocorrerá no período de 10/10/2014 a 13/10/2014.

Essa pesquisa tem como principal objetivo investigar os possíveis benefícios ao ensino-aprendizagem de Química de uma estrutura guia elaborada a partir da conjugação entre o processo de elaboração e refino de analogias pelos próprios estudantes e o ensino de Ciências fundamentado em modelagem.

O motivo que nos leva a realizar tal estudo é a identificação - a partir de nossas experiências como professoras de Química e de estudos da literatura da área de Educação - de que, na maioria das vezes, são as analogias são elaboradas pelos professores ou autores de livros de Química e fornecidas aos estudantes. Espera-se com esse procedimento que os estudantes as compreendam, bem como o conteúdo químico por trás delas. No entanto, pesquisas têm mostrado que isso nem sempre ocorre. Neste sentido, nos propusemos a investigar os estudantes elaborando e reformulando suas próprias analogias na tentativa de compreender os conteúdos de Química e, por isso, sua participação será muito importante.

Para a realização desta pesquisa, a aluna do curso de Licenciatura em Química da UFOP e bolsista PIBIC, Thais Mara A. Oliveira, realizará entrevistas fora do horário regular das aulas e questionário no horário destas.

Para a realização da pesquisa, as entrevistas serão filmadas e gravadas em áudio e o material escrito produzido pelos estudantes será fotocopiado. As filmagens e os registros em áudio serão realizadas pela bolsista.

Existem riscos, mesmo que mínimos, de exposição da sua imagem na divulgação dos resultados da pesquisa e de um certo desconforto para você com a participação do estudo, especialmente devido à filmagem das intervenções. Porém, tais riscos se justificam pelos maiores benefícios que essa pesquisa pode trazer, tais como: sua participação mais ativa na aprendizagem de Química; o desenvolvimento da sua autonomia na elaboração do conhecimento; desenvolvimento de uma visão mais crítica das analogias e modelos na ciência e sobre seu papel no desenvolvimento do conhecimento científico; e a elaboração de analogias e modelos mais coerentes com os aspectos curriculares almejados no ensino de Química.

Você será esclarecido sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar e a qualquer momento. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou

interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios.

Os registros em vídeo e áudio terão a função exclusiva de auxiliar a pesquisa e, por isso, sua identidade será preservada. Os resultados da pesquisa estarão disponíveis para você e permanecerão confidenciais. Seu nome ou o material que indique a sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar desse estudo. Uma cópia deste termo de consentimento será arquivada e outra será fornecida a você.

A participação nessa pesquisa não acarretará custos para você e não será disponibilizada nenhuma compensação financeira adicional.

Caso ainda existam dúvidas a respeito desta pesquisa, por favor, entre em contato conosco pelo telefone (31)3559-1707; no endereço: Morro do Cruzeiro, Departamento de Química, ICEB, Sala 15 (ICEB I), Campus Universitário, CEP: 35.400-000, Ouro Preto-MG; ou através do e-mail: nilmara@iceb.ufop.br.

Para obter esclarecimentos relativos aos aspectos éticos dessa pesquisa, por favor entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto (CEP/UFOP) pelo telefone (31)3559-1370; no endereço: Morro do Cruzeiro – ICEB II, Sala 29 – PROPP/UFOP, Campus Universitário, CEP: 35.400-000, Ouro Preto-MG; ou através do e-mail: cep@propp.ufop.br.

Visando atender aos princípios de ética da pesquisa, solicito que você preencha e devolva assinada a via “Declaração” que consta na última página deste documento.

Desde já, agradecemos sua colaboração para a realização desta pesquisa.

Atenciosamente,

Professora Nilmara Braga Mozzer

Aluna Thais Mara A. Oliveira

DECLARAÇÃO

Eu, _____, declaro que estou suficientemente esclarecido(a) sobre os objetivos da pesquisa “Raciocínio Analógico e Modelagem no Ensino de Química”. Sei que em qualquer momento poderei solicitar novas informações e alterar minha decisão se assim o desejar. Fui certificado(a) de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais. Também sei que não terei custos nem compensações por participar desta pesquisa.

Em caso de dúvidas, estou ciente de que poderei entrar em contato com a professora coordenadora Nilmara Braga Mozzer ou com a licencianda Thais Mara A. Oliveira no telefone (31)3559-1707 (e-mail: nilmara@iceb.ufop.br) ou com o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto (CEP/UFOP) pelo telefone (31)3559-1370; no endereço: Morro do Cruzeiro – ICEB II, Sala 29 – PROPP/UFOP, Campus Universitário, CEP: 35.400-000, Ouro Preto-MG; ou através do e-mail: cep@propp.ufop.br.

Declaro que concordo em participar dessa pesquisa. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

Nome	Assinatura do Participante	/ /
------	----------------------------	-----

Nome	Assinatura do Pesquisador	/ /
------	---------------------------	-----