UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Química

Instituto de Física

Instituto de Biociências

Faculdade de Educação

ALESSANDRA FRANCHI KOURY

**O uso de redes e mapas conceituais para comparar o
conhecimento estabelecido, o processo de ensino e o
aprendizado dos aspectos macroscópicos e submicroscópicos
do equilíbrio químico**

São Paulo

2018

ALESSANDRA FRANCHI KOURY

O uso de redes e mapas conceituais para comparar o conhecimento estabelecido, o processo de ensino e o aprendizado dos aspectos macroscópicos e submicroscópicos do equilíbrio químico

Versão Corrigida

A versão original encontra-se disponível tanto na Biblioteca da Unidade que aloja o Programa quanto na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD).

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Química, ao Instituto de Física, ao Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de concentração: Ensino de Química

Orientador: Prof. Dr. Flavio Antonio Maximiano

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Koury, Alessandra Franchi

O uso de redes e mapas conceituais para comparar o conhecimento estabelecido, o processo de ensino e o aprendizado dos aspectos macroscópicos e submicroscópicos do equilíbrio químico. São Paulo, 2017.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador(a): Prof. Dr. Flavio Antonio Maximiano
Área de Concentração: Ensino de Química

Unitermos: 1. Química – Estudo e ensino; 2. Mapas conceituais; 3. Ensino e aprendizagem; 4. Ensino superior; 5. Avaliação da educação; 6. Equilíbrio químico.

USP/IF/SBI-073/2017

Dedico este trabalho à minha mãe Marylda que sempre me apoiou em todas as situações, em especial nos meus estudos, mesmo quando a situação financeira não era a mais favorável possível. Agradeço por ter me ensinado que a educação é a maior e melhor herança que se pode deixar para alguém.

RESUMO

KOURY, A.F. **O uso de redes e mapas conceituais para comparar o conhecimento estabelecido, o processo de ensino e o aprendizado dos aspectos macroscópicos e submicroscópicos do equilíbrio químico.** 2017. 108f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

Partindo do princípio de que a aprendizagem conceitual envolve o estabelecimento de relações significativas entre os diversos conceitos que compõem um tema de ensino e, considerando também que o professor, ao preparar suas aulas, faz uso de um livro didático, e este pode ser utilizado como fonte de pesquisa por seus alunos, desejou-se compreender a inter-relação entre aprendizado, conhecimento estabelecido, e processo de ensino, norteadas pelo modelo triádico de Gowin. Para este fim, foram elaboradas estruturas como redes e mapas conceituais referentes a todos os dados coletados. De maneira bastante simplificada, redes de conceitos são representações gráficas constituídas por nós (conceitos) que são ligados entre si formando uma rede que tem como intuito expressar de maneira objetiva uma determinada estrutura de conhecimento. Já mapas conceituais são diagramas de significados, ou seja, conceitos organizados de tal forma que aqueles que possuem relação entre si (dentro do entendimento de quem os constrói) são ligados por uma linha. Frases de ligação curtas e simples são escritas sobre essa linha, explicando qual o significado da relação conceitual. Os dados a partir dos quais foram elaboradas tais estruturas são, para os alunos (aprendizado), uma questão versando sobre os aspectos macroscópicos e submicroscópicos do equilíbrio químico; para o livro didático (conhecimento estabelecido), o texto introdutório do capítulo que faz referência ao tema citado e; para o professor (processo de ensino), um fragmento da primeira aula, onde os conceitos iniciais e primordiais relacionados ao equilíbrio foram apresentados e discutidos com os alunos. A análise das redes e mapas conceituais revelou que, no decorrer do curso, os alunos aprimoraram seu conhecimento referente aos principais conceitos acerca do tema. Além disso, foi possível perceber que de fato os elementos da tríade de Gowin encontram-se bastante interligados, ora se complementando, ora se

reforçando, mas nunca se contradizendo. Em relação aos aspectos macroscópicos e submicroscópicos do equilíbrio químico, percebeu-se que ambos são pouco aprofundados na discussão do livro didático e durante as aulas, o que consequentemente refletiu numa abordagem superficial feita pelos alunos.

Palavras-chave: Mapas conceituais. Rede de conceitos. Equilíbrio químico. Ensino e aprendizagem. Ensino Superior.

ABSTRACT

KOURY, A.F. **Using networks and concept maps to compare the established knowledge, the teaching process and the learning of macroscopic and submicroscopic aspects of chemical equilibrium.** 2017. 108f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

Assuming that conceptual learning involves the establishment of meaningful relationships between the various concepts that make up a teaching theme, and also considering that the teacher, when preparing his classes, makes use of a textbook, and this one can be used as a research source by his students, we wanted to understand the relationships between learning, established knowledge, and teaching process, guided by Gowin's triadic model. For this purpose, structures such as networks and concept maps were elaborated for all the collected data. In a very simplified way, concept networks are graphic representations constituted by nodes (concepts) that are linked to one another, forming a network with the clear intention of expressing a given knowledge structure. Concept maps are diagrams of meanings, that is, concepts organized in such a way that those who have relations with each other (within the understanding of who builds them) are linked by a line. Short and simple propositions are written on this line, explaining the meaning of the concept relation. The data from which these structures were elaborated are, for students (learning), an issue dealing with macroscopic and submicroscopic aspects of chemical equilibrium; for the textbook (established knowledge), the introductory text of the chapter that refers to the subject cited and; for the teacher (teaching process), a fragment of the first class, where the initial and primordial concepts related to the equilibrium were presented and discussed with the students. The analysis of the networks and concept maps revealed that, during the course, the students improved their knowledge regarding the main concepts about the theme. In addition, it was possible to see that in fact the elements of Gowin's triad are very intertwined, sometimes complemented, sometimes strengthened, but never contradicted. In relation to the macroscopic and submicroscopic aspects of the chemical equilibrium, it was noticed that both are not

deepened in the discussion of the textbook and during the classes, which consequently reflected in a superficial approach made by the students.

Keywords: Concept maps. Concept networks. Chemical equilibrium. Teaching and learning. Higher education.

SUMÁRIO

1- APRESENTAÇÃO	9
2- INTRODUÇÃO	13
2.1- Mapas Conceituais	13
2.2- Redes de Conceitos	16
2.3- Modelo de Gowin	17
2.4- Equilíbrio Químico	19
2.5- Aspectos Macroscópicos e Submicroscópicos do Conhecimento Químico	20
3- OBJETIVOS	23
4- DADOS COLETADOS	25
5- METODOLOGIA	27
5.1- <i>Hamlet® II 3.0</i>	27
5.2- Alunos – Texto bruto	33
5.3- Alunos – Texto modificado	36
5.4- Livro didático	42
5.5- Professor	42
5.6- Perguntas plausíveis	42
6- RESULTADOS	44
6.1- Alunos – Aprendizado	44
6.2- Livro didático – Conhecimento estabelecido	71
6.3- Professor – Processo de ensino	79
7- COMPARAÇÃO DAS REDES E MAPAS CONCEITUAIS	81
7.1- Alunos (Aprendizado): Avaliação inicial X Avaliação final	81
7.2- Alunos (Aprendizado) X Livro didático (Conhecimento estabelecido)	94
7.3- Alunos (Aprendizado) X Professor (Processo de ensino)	95
7.4- Livro didático (Conhecimento estabelecido) X Professor (Processo de ensino)	97
8- CONCLUSÕES FINAIS	100
REFERÊNCIAS	106

1- APRESENTAÇÃO

Nosso grupo de pesquisa preocupa-se há tempos com a real apropriação do conhecimento por parte dos alunos do curso de Graduação em Química, em particular a respeito do tema Equilíbrio Químico (GOMES, AGUIAR e MAXIMIANO, 2010; GOMES e MAXIMIANO, 2011). Como forma de avaliar o aprendizado temos utilizado especialmente a ferramenta de mapas conceituais (NOVAK, 2010) que permite visualizar graficamente as principais relações feitas entre os diferentes conceitos que compõem um determinado tema de ensino da Química como o Equilíbrio (CAVALCANTI e MAXIMIANO, 2010 e 2012).

Mapas e redes de conceitos serão apresentados mais adiante, mas de maneira bastante simplificada, redes de conceitos são representações gráficas constituídas por nós (conceitos) que são ligados entre si formando uma rede que tem como intuito expressar de maneira objetiva uma determinada estrutura de conhecimento (CLARIANA; WALLACE, 2007). Já mapas conceituais são diagramas de significados, ou seja, conceitos organizados de tal forma que aqueles que possuem relação entre si (dentro do entendimento de quem os constrói) são ligados por uma linha. Frases de ligação curtas e simples são escritas sobre essa linha, explicando qual o significado da relação conceitual (MOREIRA, 1998).

O uso de mapas conceituais como instrumento de avaliação do aprendizado requer que o aprendiz saiba e tenha um certo domínio em construir mapas conceituais, o que significa ser fluente nesta linguagem específica. Tendo em vista que isto exige tempo e demanda treinamento específico (AGUIAR e CORREIA, 2013) nosso grupo de pesquisa tem desenvolvido estratégias que busquem transformar textos escritos por alunos a partir de uma questão aberta contendo uma lista de conceitos indutores (aqueles que se deseja estudar as conexões conceituais mais significativas do ponto de vista dos alunos) em redes de conceitos e mapas conceituais (JUNQUEIRA, 2013 e SILVA, 2012).

O método consiste em transformar cada texto em uma matriz de associação entre os conceitos mais utilizados pelos alunos. As matrizes obtidas para cada texto são somadas e, em seguida, são selecionadas as relações conceituais com maior frequência o que leva a construção de uma rede de conceitos que apresenta estas relações e sua frequência. Por fim, a partir desta rede se elabora um mapa conceitual, representando o valor semântico de cada uma das relações (JUNQUEIRA, SILVA e

MAXIMIANO, 2014; MAXIMIANO e SILVA, 2013; MAXIMIANO e JUNQUEIRA, 2013). Assim, se chega a uma única representação gráfica contendo as principais relações conceituais feitas em um conjunto de textos escritos pelos aprendizes. Todo este processo é auxiliado por métodos computacionais, tais como os programas *ALA-Reader* (CLARIANA e WALLACE, 2007; JUNQUEIRA, 2012) e *Hamlet*® (BRIER e HOPP, 2011; SILVA, 2012).

O princípio que orienta esta abordagem é de que a aprendizagem conceitual requer o estabelecimento de determinadas relações entre os conceitos presentes em um tema a ser aprendido. Assim, uma aprendizagem conceitual se dá quando o sujeito estrutura seu conhecimento a respeito de um determinado assunto, interligando um conjunto de conceitos de forma a dar significado a essas relações. Nesta perspectiva é, portanto, central a relação existente entre um grupo de conceitos dentro de um tema. O conjunto de ligações e interligações entre estes conceitos pode ser aproximado com a figura de rede onde os nós são os conceitos e as ligações entre estes nós denotam a natureza das relações entre os mesmos. Assim, quanto maior é o número de relações significativas que se faz entre os conceitos, maior o domínio que se tem sobre determinado conteúdo, pois o conhecimento se torna estruturado.

De forma alegórica, apresenta-se na **Figura 1** um esquema de rede, onde as figuras geométricas representam os conceitos. Na rede da esquerda os conceitos aparecem pouco relacionados, e na da direita várias relações são feitas. A rede de conceitos da direita representa um conhecimento bem estruturado, simbolizando a aprendizagem significativa do indivíduo.

Figura 1 – Esquema representativo da aprendizagem como uma rede de conceitos interligados.

Fonte: Autor

O presente trabalho procura dar continuidade no desenvolvimento e ampliação do uso desta metodologia se valendo do auxílio do software *Hamlet*®, programa mais

eficiente e prático em relação ao *ALA-Reader*, como mostra o trabalho de SILVA (2012). A diferença na metodologia aqui utilizada se faz na elaboração dos mapas conceituais, que não são fruto de uma rede de conceitos gerada por um programa computacional, mas sim de uma leitura e análise do texto original.

Através da elaboração de redes e mapas conceituais busca-se então compreender as diferenças e semelhanças existentes na estrutura de conhecimento de alunos, professor e a presente em um livro didático de uma disciplina de ensino superior envolvendo o tema equilíbrio químico.

O presente texto encontra-se dividido da seguinte forma: Na Introdução, fala-se sobre mapas conceituais, sua origem, como elaborá-los, e sua relevância para promover a aprendizagem; sobre redes de conceitos, a facilidade e rapidez com que podem ser obtidas; sobre o modelo de Gowin e sua tríade (professor, aluno e material educativo) que vai de encontro com o objetivo desta pesquisa; um breve relato sobre equilíbrio, sua importância dentro do conhecimento químico e algumas dificuldades recorrentes entre estudantes; e finalmente sobre aspectos macroscópicos e microscópicos deste conhecimento, ressaltando o triplete químico de Johnstone (JOHNSTONE, 1982), buscando explicar seus três níveis.

Em Objetivos, procura-se deixar claro as perguntas a serem respondidas após a análise de todos os dados coletados, sendo a principal delas, como estão relacionados o aprendizado, o conhecimento estabelecido e o processo de ensino dentro do caso em estudo. A seguir são apresentados os Dados coletados, que compõem uma pergunta respondida por um grupo de alunos de uma disciplina de Química Geral sobre os aspectos macroscópicos e microscópicos do equilíbrio químico, antes do início das instruções e após o término do curso; o áudio e os slides utilizados pelo docente da disciplina, além do livro didático sugerido com fonte de estudo pelo mesmo.

Em Metodologia, apresenta-se as ferramentas utilizadas para elaborar os diferentes tipos de redes de conceitos e mapas conceituais, a forma como pretende-se analisá-los e algumas observações relevantes sobre como os dados foram tratados. A seguir, os Resultados encontram-se divididos em *Alunos* (representando o aprendizado), *Livro didático* (representando o conhecimento estabelecido) e *Professor* (representando o processo de ensino). Nesta seção é feita uma apresentação dos dados e estruturas obtidas, uma descrição das informações que podem ser extraídas das mesmas, além de prévia comparação entre algumas delas.

Por fim, é feita uma Comparação das redes e mapas conceituais, entre os dados obtidos pelos alunos antes e pós instrução; os dados do livro didático com os dos alunos pós instrução; os dados do professor e alunos pós instrução; e finalmente entre os dados do livro e do professor. A cada comparação, uma conclusão também é apresentada.

Como Conclusão final, retoma-se os objetivos da pesquisa e são respondidas todas as perguntas, permitindo ao leitor obter uma visão geral de como todas as análises realizadas contribuem para um bom entendimento da forma como a tríade de Gowin se interrelaciona considerando o caso em estudo.

2- INTRODUÇÃO

Neste capítulo, apresentam-se os conceitos utilizados para a elaboração de todas as estruturas elaboradas na pesquisa – redes e mapas conceituais – além da base de como os dados, juntos, são analisados – tríade de Gowin – e um breve relato sobre o equilíbrio químico.

2.1- Mapas Conceituais

Mapa conceitual é uma ferramenta de representação do conhecimento que foi desenvolvida por Joseph D. Novak durante uma pesquisa de doze anos que visava entender como se dava a evolução do conhecimento da ciência em crianças (NOVAK, 2010).

O desenvolvimento dessa ferramenta foi baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (AUSUBEL, 1968), onde o indivíduo só aprende realmente (significativamente) quando há relação do novo conhecimento com um outro existente previamente em sua estrutura cognitiva, e quando não há essa relação a aprendizagem se dá mecanicamente.

Em outras palavras, a aprendizagem significativa ocorre quando o indivíduo sabe fazer relações de conteúdos aprendidos previamente com novos conteúdos, mesmo que dentro de contextos diferentes, porém relacionados; ou ainda quando relaciona inúmeros aspectos do tema não de forma linear (como num texto, por exemplo), mas de forma mais complexa, onde um único conceito se relaciona a vários outros (MOREIRA, 2006).

Ausubel ainda defende que a aprendizagem significativa só ocorre quando três fatores estão presentes: i- existe um conhecimento prévio sobre determinado tema, ao qual o indivíduo pode relacionar o novo conhecimento que é exposto; ii- há um bom material para pesquisa disponível (literatura publicada ou ainda material fornecido por um docente, por exemplo), que o aprendiz pode recorrer para estudar e tirar dúvidas; e iii- é essencial que o aprendiz deseje aprender e se dedique a esse aprendizado.

MOREIRA (2006) explica essas condições para que ocorra aprendizagem significativa frisando que o indivíduo deve possuir um conhecimento prévio já significativo sobre determinado tema, de forma que a nova informação possa ser relacionada de maneira não aleatória; que o material para pesquisa deve ser

potencialmente significativo, ou seja, um material de linguagem acessível e organizado de maneira lógica, dentro do contexto em questão; e por último que a vontade do aprendiz é a condição mais importante, pois nada adianta um material de qualidade se o objetivo é apenas memorizar informações ou, em outras palavras, aprender mecanicamente.

Enquanto Ausubel apresenta uma teoria cognitivista, onde a principal preocupação é a maneira como os indivíduos aprendem, NOVAK (2010) expande a essa teoria incluindo elementos humanistas. Para este último autor, cinco elementos são imprescindíveis para que a experiência educacional ocorra: professor, aluno, conhecimento, contexto e avaliação. O autor acredita que a avaliação é importante no processo de aprendizagem pois todos somos avaliados constantemente em nossas vidas, quer seja para adquirir licença para dirigir um automóvel ou ingressar em uma universidade.

De maneira geral, a grande contribuição que a teoria de Novak acrescenta à de Ausubel, é que o professor deve criar uma experiência educacional para facilitar a aprendizagem significativa de seus alunos, ou seja, são levados em consideração os aspectos humanistas da aprendizagem.

Levando todas essas questões em consideração, Novak e sua equipe desenvolveram uma ferramenta – o mapa conceitual – capaz de representar graficamente a estrutura do conhecimento, facilitando ao aprendiz visualizar as relações existentes entre os principais conceitos dentro de um determinado tema, e ao especialista visualizar possíveis erros conceituais e trabalhar para revertê-los.

Um mapa conceitual apresenta conceitos ligados por linhas, quando o indivíduo que o elabora entende que há uma relação entre os mesmos, e sobre essas linhas há uma frase de ligação, ou seja, uma frase que dá sentido à relação estabelecida entre determinado par de conceitos (NOVAK; CAÑAS, 2010).

Mostra-se na **Figura 2** um mapa conceitual que representa a estrutura descrita e ilustra como os mapas podem ser utilizados para promover a aprendizagem.

A elaboração de um bom mapa conceitual pode parecer simples inicialmente, principalmente para aqueles que não possuem afinidade com a ferramenta. Porém, para que se atinja o objetivo de representar o mais fielmente possível a estrutura do conhecimento de um indivíduo, e entender o significado entre as principais ideias dentro de determinado tema, alguns cuidados devem ser tomados.

Segundo AGUIAR e CORREIA (2013) bons mapas conceituais apresentam proposições claras semanticamente, de forma que a frase de ligação que une dois conceitos expresse claramente a relação conceitual entre eles. Além disso, o mapa deve responder a uma pergunta focal, delimitando o tema, os conceitos e as proposições escolhidas por quem o elabora. Os conceitos devem também ser dispostos hierarquicamente em um mapa conceitual, onde os primeiros conceitos apresentados são os mais gerais, seguidos dos mais específicos, facilitando a compreensão do conteúdo. E por fim, deve-se fazer revisões contínuas com o objetivo de amadurecer ideias e, portanto, reelaborar proposições, buscando sempre a melhor forma de se representar determinado conhecimento.

Figura 2 – Mapa conceitual ilustrando como essa ferramenta pode ser utilizada para promover a aprendizagem significativa.

Fonte: Autor

2.2- Redes de Conceitos

As redes de conceitos utilizadas na presente pesquisa são baseadas no trabalho desenvolvido por CLARIANA e WALLACE (2007) para a conversão de textos escritos em redes e mapas conceituais. Segundo eles, a estrutura do conhecimento de cada indivíduo expressa como estão associadas as ideias referentes a tudo o que se conhece. Em outras palavras, todo o conhecimento de um indivíduo está conectado, organizado e possui uma estrutura.

As redes de conceitos permitem visualizar e analisar essa estrutura, focalizando na associação entre os conceitos, sem, porém, levar em consideração o significado destas relações, como fazem os mapas conceituais.

No artigo *A computer-based approach for deriving and measuring individual and team knowledge structure from essays questions*, CLARIANA e WALLACE (2007) descrevem uma metodologia para medir a estrutura do conhecimento de indivíduos e de grupos de indivíduos através da análise de textos escritos. Para isso, CLARIANA (2004) desenvolveu um *software* chamado *ALA-Reader*[®], que converte pequenos textos em redes *Pathfinder*, utilizando algoritmos capazes de medir a proximidade entre conceitos pré-selecionados.

O *software ALA-Reader*[®] e as redes *Pathfinder* já foram objeto de estudo do grupo de pesquisa do qual a autora deste trabalho faz parte, e sua utilização foi discutida nos trabalhos de JUNQUEIRA (2013) e SILVA (2012). Segundo esta última autora, o *software Hamlet*[®], também capaz de medir proximidade entre conceitos pré-estabelecidos, apresenta resultados de maneira mais acessível e, portanto, foi escolhido como ferramenta de análise na presente pesquisa.

De maneira geral, uma rede é constituída por conceitos (nós ou vértices) e, quando há relação entre eles, são ligados por uma linha (CLARIANA 2010). A rede não focaliza no significado entre essas relações – como faz o mapa conceitual –, mas sim na proximidade entre os conceitos que estão ligados.

Há diversas maneiras de se obter uma rede. Uma delas, por exemplo, é fornecer a um grupo de pessoas um conjunto de conceitos (A, B, C, D e E) e pedir para que elas liguem esses conceitos com uma linha, quando entenderem que existe uma relação entre estes e, além disso, que deem uma nota (no caso, de 0 a 6) dependendo de quão relacionados esses conceitos estão.

Essas informações podem ser dispostas em uma matriz de associação e, por fim, em uma rede de conceitos. É apresentado na **Figura 3** um exemplo desse processo.

Figura 3 – Exemplo do processo de obtenção de uma rede de conceitos.

Fonte: Autor

Redes são úteis para analisar a proximidade dos conceitos, sendo que quanto maior o número que aparece para a relação entre determinado par de conceitos, ou seja, quanto mais o indivíduo entende que determinado par de conceitos esteja relacionado, mais próximos eles estão. Além disso, é também interessante analisar quais são os conceitos centrais, ou seja, quais aparecem ligados com vários outros, entre outros aspectos.

2.3- Modelo de Gowin

D. B. Gowin, foi um professor da Universidade de Cornell (Estados Unidos), com a intenção de descrever o processo educacional, escreveu o livro *Educating*, publicado em 1981 (GOWIN, 1981). Neste livro, Gowin relata que a educação muda a forma como o indivíduo enxerga o mundo, e ela se dá não apenas entre professor e aluno, mas também entre pessoas que compartilham e negociam significados, dependendo da visão de mundo que cada uma possui (VALADARES; MOREIRA, 2009).

O autor também entende que existe uma forte interação entre três importantes elementos na educação: o **professor**, o **aluno**, e assim como Ausubel e Novak também citam, um material potencialmente significativo, chamado por ele de **material educativo**. O objetivo desta interação é a aprendizagem significativa do aluno, que se

dá quando este compreende significados que extrai do material educativo da maneira como o professor deseja que ele o faça.

MOREIRA (2006) descreve o modelo triádico de Gowin (**Figura 4**) citando a importância da troca de significados entre professor e aluno, o que caracteriza um episódio de ensino. Fala também da importância de o aluno se dispor para aprender significativamente a partir da apresentação dos significados por parte do professor (significados estes tidos como “corretos”, ou seja, aceitos hoje pela comunidade científica).

Figura 4 – O modelo triádico de Gowin, mostrando interação constante e simultânea entre os três elementos principais da educação.

Fonte: Autor

Conforme o aluno vai integrando significados e procurando introduzi-los à sua estrutura de conhecimento previamente estabelecida, ele externaliza os significados que captou. Cabe então ao professor compartilhar suas experiências para que o aluno absorva o conhecimento o mais livremente possível de erros conceituais, ou ainda, de concepções alternativas.

O material educativo é também parte essencial deste processo, pois sendo potencialmente significativo (escolhido cuidadosamente pelo professor) é fonte constante de consulta e pesquisa por parte do aluno que busca aprender significativamente o novo conteúdo.

De maneira mais direta, podemos interpretar a tríade da seguinte maneira (VALADERES, MOREIRA, 2009):

- Interação **professor e material educativo**: o professor procura traduzir a informação tirada do material, de forma a simplificar a apresentação do conteúdo ao aluno.
- Interação **professor e aluno**: professor apresenta o conteúdo ao aluno e ambos negociam significados, buscando sempre a aprendizagem significativa.
- Interação **aluno e material educativo**: o aluno consulta, pesquisa o material para tirar dúvidas ou ainda buscar uma base para aprofundar suas discussões com o professor.

Como será visto mais adiante, o modelo de Gowin servirá como base para entender como os três grandes vértices do ensino (aprendizado, conhecimento estabelecido e processo de ensino) estão relacionados, dentro do contexto do equilíbrio químico.

2.4- Equilíbrio Químico

Apesar do objetivo desta pesquisa **não ser** analisar **a forma como** as definições (corretas ou errôneas) a respeito do equilíbrio químico são apresentadas por alunos, professor e material didático, **mas sim compará-las** utilizando redes e mapas conceituais, acredita-se ser interessante fazer alguns apontamentos a respeito deste tema.

Vale lembrar que, a forma como o tema é abordado pelo livro didático analisado no presente trabalho (KOTZ, 2002), é apresentada em RESULTADOS: seção 6.2- Livro didático – Conhecimento estabelecido.

Entender Equilíbrio Químico, além de ser consideravelmente importante em processos industriais, biológicos e ambientais, é também essencial na formação do Químico, seja na área de pesquisa, indústria ou licenciatura, pois conceitos relacionados a este tema aparecem ao longo de toda a graduação, na maioria das disciplinas.

Dada a sua importância, o tema é bastante explorado, estudando sempre as dificuldades mais comuns apresentadas pelos alunos, buscando meios de saná-las. Segundo RAVIOLO e AZNAR (2003), aulas expositivas onde o aluno assume um papel passivo, resolve problemas mecanicamente e realiza experimentos no laboratório como se seguisse uma receita, não são eficazes para sanar dúvidas,

aumentam as dificuldades de compreensão dos conceitos e colaboram para a existência das chamadas concepções alternativas.

Concepções alternativas são aquelas que não condizem com o conhecimento científico, conceitos criados baseados geralmente no senso comum e em ideias intuitivas (BASTOS, 1998). Sobre os conceitos relacionados ao Equilíbrio Químico, vários estudos sobre esse tema já foram realizados (RAVIOLO e AZNAR, 2003) e mostram que não são apenas alunos de Ensino Médio ou Superior que criam essas ideias errôneas, mas também profissionais já formados.

Segundo RAVIOLO e AZNAR (2003), o não reconhecimento de reações reversíveis, a inadequada compreensão microscópica da reação química, a inadmissão da coexistência de todas as espécies no sistema (reagentes e produtos), a consideração do equilíbrio como estático e a incapacidade no manejo de proporcionalidades, são algumas das dificuldades enfrentadas na compreensão do tema que geralmente levam a criação dessas concepções.

Dada a importância e dificuldade deste tema, tanto de se ensinar quanto de se assimilar, muito se discute a respeito de como os conceitos são tratados por livros didáticos, em sala de aula, e várias são as propostas de abordagem, visando facilitar o trabalho do professor e auxiliar o aprendizado do aluno (MILAGRES e JUSTI, 2001; RAVIOLO e GARRITZ, 2008).

2.5- Aspectos Macroscópicos e Submicroscópicos do Conhecimento Químico

Tradicionalmente o entendimento dos fenômenos que ocorrem no mundo ao nosso redor é dividido em três níveis: *macroscópico*, *submicroscópico* e *simbólico*, formando o que se conhece hoje como **triângulo de Johnstone**. A interpretação e uso destes três níveis no ensino de química tem sido de grande auxílio, mas tem também gerado confusão sobre quais tópicos de fato se encaixam em cada nível.

Para JOHNSTONE (1982), referindo-se ao conhecimento químico, estes três níveis são classificados como:

- descritivo ou funcional (*macroscópico*): nível onde é possível observar um fenômeno ocorrendo, experimenta-lo;
- representativo (*simbólico*): nível onde são utilizados símbolos, uma linguagem própria da química, para representar conceitos e expressar ideias;

- exploratório (*submicroscópico*): nível que explica o fenômeno observado (o prefixo *sub* indica partículas muito pequenas, menores que microscópicas, ou seja, algo que não se pode observar utilizando um microscópio óptico).

Segundo TALANQUER (2011), há bastante controvérsia entre pesquisadores da área sobre quais conceitos e observações se encaixam em cada nível, ficando portanto a cargo do professor ressaltar aqueles que achar mais relevantes dentro do conteúdo que deseja ensinar.

A ideia da tríade do conhecimento químico foi tão importante, que desde que Johnstone a publicou (1982), ela tem sido amplamente estudada e discutida pela comunidade científica (TABER, 2013).

Johnstone (1982) afirma que o *expert* em química consegue transitar entre os três níveis com facilidade, ou seja, enquanto observa um fenômeno ocorrendo (nível macroscópico), compreende seus porquês (nível submicroscópico) e facilmente pode representá-lo através de modelos e equações químicas (nível simbólico).

Já para o aluno, compreender estes níveis tão profundamente é muito difícil, ainda mais porque o ensino de química tradicionalmente focaliza no nível submicroscópico e simbólico, deixando o macroscópico um tanto defasado (TABER, 2013). É de fato um desafio permear entre os três vértices do triângulo, procurando visualizar um fenômeno em sua totalidade segundo os conceitos aceitos atualmente (JOHNSTONE, 1991).

Por outro lado, apresentar simultaneamente ao estudante os três aspectos deste conhecimento pode gerar muitos erros de aprendizagem e/ou concepções alternativas. É importante deixar claro para o aprendiz qual aspecto está sendo enfatizado e utilizar, por exemplo, o nível simbólico para fazer uma ponte entre os níveis submicroscópico e macroscópico.

JOHNSTONE (1991) deixou bastante claro para professores o quão complexa é a química para aqueles que estão aprendendo. Visualizar um fenômeno e imaginar o que está por trás dele, ou ainda fazer previsões sobre o que pode ocorrer, não é uma tarefa fácil.

Por ser um conteúdo que exige muitas habilidades de quem aprende, pode ser considerado difícil e, portanto, não é raro encontrar estudantes que memorizem conteúdos quando não são capazes de compreendê-los significativamente.

Essas ideias remetem a AUSUBEL (2000), que explica que o estudante memoriza novas informações quando não consegue relacioná-las com nenhum outro conceito que faça parte de seu conhecimento prévio.

É preciso, portanto, fornecer tempo hábil para que o estudante processe os conteúdos que vão sendo apresentados. E para que isso ocorra corretamente, ele primeiro precisa compreender o fenômeno macroscópico e sua representação utilizando uma linguagem simbólica, para só posteriormente representá-lo microscopicamente utilizando modelos com moléculas, por exemplo (TABER, 2013).

É também necessário levar em consideração a quantidade de informação que pode ser absorvida de uma só vez, buscando sempre uma aprendizagem significativa por parte do aluno, ao invés de simples memorização.

TABER (2013) ainda sugere que o currículo seja reduzido, promovendo maior tempo para apresentação e discussão de conceitos, revisão dos mais importantes sempre que possível, e auxílio ao aluno para “transitar” pelo triângulo sempre que for necessário, fazendo com que este compreenda os três aspectos nos quais a química se apresenta.

3- OBJETIVOS

Tradicionalmente, as aulas no Ensino Superior são expositivas e baseadas no conhecimento acumulado. As disciplinas muitas vezes seguem a ordem dos conteúdos de um livro didático e o conhecimento vai sendo transmitido aos alunos.

Levando em consideração que o professor faz uso de um livro para preparar suas aulas e que o aluno tem disponível duas fontes de estudo – este último e as aulas do professor, há uma forte interação entre a tríade (**Figura 5**): o **aprendizado**, o **conhecimento estabelecido**, e o **processo de ensino**.

Figura 5 – Esquema do objetivo desta pesquisa baseado no modelo triádico de Gowin.

Fonte: Autor

Essa tríade é baseada no **modelo triádico de Gowin**, sendo que nesta pesquisa o **aluno** é representado pelo **aprendizado**, ou seja, aquilo que se retém sobre determinado tema; o **professor** é representado pelo **processo de ensino**, ou seja, a forma como o professor conduz e apresenta conceitos durante a aula; e o **livro didático** é representado pelo **conhecimento estabelecido**, ou seja, conceitos que se apresentam de acordo com aquilo que a comunidade científica tem como corretos.

Dentro deste contexto, pergunta-se:

Como obter redes e mapas conceituais que representem o conhecimento expresso por cada um dos elementos da tríade de Gowin? Essas estruturas são instrumentos que permitem comparar com o objetivo de identificar semelhanças e diferenças entre eles?

Na tentativa de responder tais questões, tem-se como objetivos:

- 1- Dar continuidade no desenvolvimento de uma metodologia desenvolvida por nosso grupo de pesquisa (SILVA, 2012 e JUNQUEIRA, 2013) que tem por objetivo transformar textos em redes e mapas conceituais;
- 2- Utilizar essa estratégia para avaliar o processo de ensino e aprendizado das principais características de um sistema em equilíbrio químico segundo os aspectos macroscópicos e submicroscópicos;
- 3- Comparar as estruturas das avaliações inicial e final obtidas para os alunos, de modo a obter um panorama das mudanças que ocorreram no decorrer do curso;
- 4- Comparar o mapa conceitual dos alunos (avaliação final) com o mapa conceitual do livro didático, procurando entender quais influências um pode ter exercido sobre o outro;
- 5- Comparar o mapa conceitual dos alunos (avaliação final) com o mapa conceitual do professor, procurando entender quais influências um pode ter exercido sobre o outro;
- 6- Comparar o mapa conceitual do livro didático com o mapa conceitual do professor, procurando entender de que forma se complementam;
- 7- Utilizar as conclusões obtidas de todas essas comparações para analisar como se deu a relação triádica entre aluno (aprendizado), professor (processo de ensino) e livro didático (conhecimento estabelecido).

4- DADOS COLETADOS

Alunos

Os dados utilizados nesta pesquisa foram coletados por GOMES (2013) durante o segundo semestre de 2010 na disciplina de Química Geral II oferecida pelo Instituto de Química da USP.

Os 43 alunos pertencentes a essa disciplina responderam um questionário com questões sobre o tema equilíbrio químico. Este questionário foi respondido no primeiro dia de aula da disciplina (**avaliação inicial**) e também ao término da mesma (**avaliação final**), ou seja, após toda a instrução ser transmitida pelo professor, e foi utilizado como prova final pelo mesmo. O fato do questionário ter feito parte de uma prova final sugere que os alunos tenham dado o melhor de si para difundirem seus conhecimentos para o texto que foi analisado nesta pesquisa.

O presente trabalho apresenta os resultados obtidos na análise da primeira questão (**Figura 6**), que versa sobre os aspectos macroscópicos e microscópicos do equilíbrio químico.

Figura 6 – Questão respondida pelos alunos sobre o conceito equilíbrio químico.

Questão 1 – Caracterize um sistema em equilíbrio químico do ponto de vista macroscópico e microscópico. Utilize essas palavras (todas, ou apenas algumas delas, ou palavras derivadas dessas, ou outras que julgue necessário) para escrever sua resposta.

• Reação direta	• Concentração	• Reversível
• Reação inversa	• Composição	• Microscópico
• Reação química	• Mistura	• Extensão de reação
• Reagentes	• Tempo de reação	(ou “quão longe” vai a
• Equilíbrio químico	• Dinâmico	reação)
• Produtos	• Macroscópico	• Direção da reação

Fonte: Autor

Vale ressaltar que, apesar de utilizarmos o termo *submicroscópico*, conforme sugerido por JOHNSTONE (1982), o termo que aparece na questão respondida pelos alunos é *microscópico*. Isso ocorreu com o propósito de evitar confusão por parte dos

alunos e evitar que não conseguissem responder adequadamente a questão por não conhecerem o significado desta expressão. Daqui para frente, ambos os termos serão utilizados com o mesmo sentido.

Como pode ser visto, a questão pede aos alunos para definirem o conceito equilíbrio químico sob os aspectos macroscópico e microscópico. Juntamente com a questão é fornecida uma lista de conceitos, ditos **conceitos indutores**, com o objetivo de auxiliar os alunos em suas respostas e também induzi-los a pensarem sobre as relações entre esses conceitos, que são muito importantes dentro do contexto. Os conceitos indutores são posteriormente utilizados na elaboração dos mapas e redes de conceitos.

Livro didático

O livro didático sugerido pelo docente da disciplina como fonte de pesquisa foi o livro do KOTZ (2002) e, por esta razão, foi o escolhido como representação do conhecimento estabelecido nesta pesquisa.

A seleção do trecho do livro a ser analisado levou em consideração os conceitos abordados na questão 1 do questionário respondido pelos alunos, ou seja, o trecho que se refere à ideia geral de equilíbrio químico, àquele que apresenta os primeiros conceitos, e que geralmente aparece no início do capítulo em questão. O trecho então selecionado encontra-se no capítulo 16, páginas 40 a 43, do segundo volume da quarta edição.

Professor

Os dados referentes à aula do professor são um conjunto do áudio gravado, onde o docente faz uma apresentação geral do conceito, incluindo aspectos macroscópicos e microscópicos do equilíbrio químico, além dos slides utilizados por ele durante a aula. Os dados compõem um trecho de 31 minutos de áudio referente a primeira aula do curso e 11 slides utilizados pelo docente para exposição do assunto.

5- METODOLOGIA

O texto a seguir descreve os métodos utilizados na elaboração das estruturas gráficas – redes e mapas conceituais – que servirão para o entendimento e comparação das relações existentes entre o conhecimento representado pelos alunos em seus textos, o explicitado pelo professor durante as aulas, e o estabelecido pelo livro didático.

Para a elaboração das redes e mapas, utilizou-se o programa *CmapTools* (CmapTools 2014), uma ferramenta desenvolvida pelo *Institute for Human & Machine Cognition* (IHMC), disponível gratuitamente na internet, e que possibilita uma fácil e rápida elaboração deste tipo de representação gráfica.

Com o objetivo de ilustrar o procedimento metodológico, apresentaremos parte dos resultados. Um maior detalhamento será apresentado posteriormente juntamente com todos os resultados e discussão do material obtido.

5.1- *Hamlet*® II 3.0

O *Hamlet*® II 3.0 foi desenvolvido por Alan Brier, membro associado do NCRM (*National Centre for Research Methods*), em Southampton no Reino Unido. O *software* faz análise de textos através da busca de palavras (ou categorias) e conta a frequência com que estas aparecem dentro de uma unidade de texto (frases ou parágrafos, por exemplo) (BRIER, 2011).

As palavras a serem buscadas são selecionadas através da ferramenta *Wordlist*, que lista todas as palavras utilizadas no texto e o número de vezes que são citadas, além da respectiva porcentagem. Utilizando essa ferramenta nos dados coletados para essa pesquisa, concluiu-se que seria interessante fazer a busca dos **conceitos indutores**, ou seja, dos conceitos que foram fornecidos aos alunos juntamente com a questão por eles respondida. O uso do *Wordlist* foi útil para detectar que além dos conceitos indutores, o conceito *velocidade de reação* deveria também ser analisado, devido à sua importância para o tema equilíbrio químico e à vasta citação nos textos dos alunos.

Os conceitos que foram considerados na análise do texto, assim como seus respectivos sinônimos – selecionados a partir dos termos utilizados pelos alunos em suas respostas, são dispostos em uma *Vocabulary list*, como mostrado na **Tabela 1**.

Vale ressaltar que, como o programa foi elaborado na língua inglesa, acentos e cedilhas não são identificados. Sendo assim, todos esses caracteres foram retirados, permitindo a respectiva análise. Além disso, os conceitos com duas ou mais palavras foram ligados por um hífen (equilíbrio-químico, reação-direta, direção-de-reação, etc), para que fossem considerados como uma única unidade apenas.

Tabela 1 – Conceitos indutores e seus respectivos sinônimos.

	Conceitos indutores	Sinônimos
1	composicao	-
2	concentracao	concentracoes
3	dinamico	dinamica, dinamicas, dinamismo
4	direcao-de-reacao	direcao-da-reacao, direcoes-da-reacao, direcoes-de-reacao
5	equilibrio-quimico	equilibrio
6	extensao-de-reacao	extensao-da-reacao, quao-longe-vai-a-reacao
7	nivel-macroscopico	macroscopica, macroscopicamente, macroscopicas, macroscopico, macroscopicos
8	nivel-microscopico	microscopica, microscopicamente, microscopicas, microscopicos
9	produtos	produto
10	reacao-direta	-
11	reacao-inversa	-
12	reacao-quimica	reacao, reacoes
13	reagentes	reagente
14	reversivel	reversibilidade, reversiveis
15	tempo-de-reacao	tempo-da-reacao
16	velocidade-de-reacao	velocidade, velocidades

Fonte: Autor

No caso desta pesquisa, a unidade de texto determinada para análise foi a frase, ou seja, todos os conceitos indutores que apareceram numa mesma frase foram considerados pelo programa como relacionados.

O programa apresenta os dados no formato de uma **matriz de associação**. Quando as palavras aparecem relacionadas dentro da mesma unidade de texto definida, o valor que aparece na matriz é 1; e quando não aparecem, o valor é zero. Os valores da matriz de associação podem então ser organizados em uma **rede de conceitos**. Para facilitar a compreensão, é apresentado na **Figura 7** um esquema que resume esta metodologia.

Figura 7 – Esquema representativo de como a rede de conceitos é obtida a partir de um texto e sua respectiva matriz de associação.

Fonte: Adaptado de MAXIMIANO e JUNQUEIRA (2013).

Segue um trecho de texto escrito por um aluno como resposta à questão 1 do questionário para exemplificar a maneira como o *software* faz o tratamento dos dados, a matriz de associação elaborada (**Figura 8**) a partir deles, e a respectiva rede de conceitos (**Figura 9**).

Exemplo de texto¹:

“Um sistema em equilíbrio químico é caracterizado pela coexistência de reagentes e produtos em proporção estequiométrica. Estes transformam-se continuamente um no outro, tornando o equilíbrio químico dinâmico, e não estático”.

Unidades de texto (frases):

1- Um sistema em equilíbrio químico é caracterizado pela coexistência de reagentes e produtos em proporção estequiométrica.

¹ O exemplo de texto citado é real e foi escrito por um dos alunos da disciplina em questão. Apresenta uma concepção alternativa comum de que as concentrações de reagentes e produtos apresentam-se, no equilíbrio químico, em quantidades estequiométricas, quando na verdade as concentrações de ambos apenas permanecem constantes.

2- Estes transformam-se continuamente um no outro, tornando o equilíbrio químico dinâmico, e não estático

Conceitos analisados pelo programa (conceitos indutores):

Equilíbrio químico, reagentes, produtos, dinâmico.

Matriz de associação correspondente:

Figura 8 – Matriz de associação elaborada pelo software *Hamlet® II 3.0*, referente ao exemplo de texto citado.

	1	1	2	3
dinamico	1			
equilibrio-quimico	2	1		
produtos	3	0	1	
reagentes	4	0	1	1

Fonte: Autor

Rede de conceitos correspondente

Figura 9 – Rede de conceitos elaborada a partir dos dados da matriz de associação da **Figura 8**.

Fonte: Autor

O exemplo de texto citado gera uma matriz contendo apenas os números zero e um, pois um único aluno faz uma única referência a um determinado par de conceitos. No entanto, a ideia desta pesquisa é refletir o conhecimento de um **grupo de 43 alunos** de uma disciplina. Portanto, como as 43 respostas são digitadas na íntegra em um único arquivo, sendo analisadas como um único texto, elas geram uma matriz de associação que representa o **grupo** de 43 alunos.

Dentro deste grupo, mais de um aluno faz relação para um mesmo par de conceitos, logo muitos dos valores da matriz de associação são superiores a um. Apresenta-se na **Figura 10** um exemplo de matriz de associação gerada pelo *software* a partir da análise de um texto composto pelas respostas do grupo de 43 alunos.

Figura 10 – Exemplo de matriz de associação gerada pelo *software*, elaborada a partir da análise do texto composto pelas respostas do grupo de 43 alunos.

	1	1	2	3	4	5	6	7	8
		9	10	11	12	13	14	15	
composicao	1								
concentracao	2	4							
dinamico	3	2	3						
diracao-de-reacao	4	1	1	1					
equilibrio-quimico	5	8	23	30	5				
extensao-de-reacao	6	0	0	0	1	2			
nivel-macroscopico	7	2	6	9	1	38	0		
nivel-microscopico	8	5	4	13	2	26	0	7	
produtos	9	6	22	14	3	43	2	14	21
reacao-direta	10	4	7	8	1	35	1	2	16
		20							
reacao-inversa	11	4	7	8	1	36	1	2	16
		20	43						
reacao-quimica	12	2	10	17	1	48	1	26	14
		24	13	14					
reagentes	13	7	24	15	3	47	2	13	21
		59	20	20	24				
reversivel	14	1	0	6	1	15	1	2	4
		8	8	9	16	8			
tempo-da-reacao	15	1	2	1	0	4	0	1	2
		2	2	2	3	4	0		
velocidade	16	2	6	7	1	30	0	5	18
		18	32	32	10	18	3	2	

Fonte: Autor

Para facilitar a leitura da matriz gerada pelo *Hamlet*[®], elaborou-se a matriz de associação utilizando o *Excel*, como representado na **Figura 11**.

A análise da matriz da **Figura 11** permite, por exemplo, dizer que os conceitos *reação inversa* e *equilíbrio químico* foram citados juntos, na mesma frase, 36 vezes dentro do conjunto de textos dos 43 alunos (destaque em cinza).

Figura 11 – Matriz de associação elaborada utilizando o *Excel* para facilitar a compreensão dos dados da matriz elaborada pelo *Hamlet*[®] (Figura 10).

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
composição	1																
concentração	2	4															
dinâmico	3	2	3														
direção de reação	4	1	1	1													
equilíbrio químico	5	8	23	30	5												
extensão de reação	6	0	0	0	1	2											
nível macroscópico	7	2	6	9	1	38	0										
nível microscópico	8	5	4	13	2	26	0	7									
produtos	9	6	22	14	3	43	2	14	21								
reação direta	10	4	7	8	1	35	1	2	16	20							
reação inversa	11	4	7	8	1	36	1	2	16	20	43						
reação química	12	2	10	17	1	48	1	26	14	24	13	14					
reagentes	13	7	24	15	3	47	2	13	21	59	20	20	24				
reversível	14	1	0	6	1	15	1	2	4	8	8	9	16	8			
tempo de reação	15	1	2	1	0	4	0	1	2	2	2	2	3	4	0		
velocidade de reação	16	2	6	7	1	30	0	5	18	18	32	32	10	18	3	2	

Fonte: Autor

Algumas limitações do programa

A análise feita por um programa de computador tem certas limitações. Nem sempre é possível expressar todas as relações existentes, principalmente quando conceitos fazem referência uns aos outros, porém encontram-se em frases (unidades de texto) diferentes.

Os exemplos a seguir retratam ocasiões em que a forma como o texto está escrito não permite ao programa fazer todas as relações possíveis:

Texto original: “A concentração das substâncias envolvidas na reação permanece constante quando o equilíbrio é alcançado”.

Limitações: O programa obviamente não identifica que as *substâncias envolvidas na reação* citadas pelo aluno são, na verdade, os reagentes e produtos.

Texto original: “Quando se observa um equilíbrio químico macroscopicamente, parece que não há alteração nenhuma, ou seja, que a reação química parou de acontecer. Entretanto, microscopicamente, essa afirmação não é verdadeira”.

Limitações: O programa também não é capaz de relacionar a *afirmação que não é verdadeira* com o fato da reação química parar de acontecer.

Apesar de existirem algumas limitações, elas não interferem significativamente no resultado final por dois motivos principais: primeiro porque o número de ocorrências é baixo em relação a amostra (43 alunos), e segundo porque o texto também foi analisado sem a utilização do programa, como será discutido posteriormente.

5.2- Alunos – Texto bruto

Entende-se por **texto bruto** a digitação das respostas dos alunos na **íntegra**, ou seja, **sem modificações**. Como dito anteriormente, os textos dos 43 alunos foram digitados em um único arquivo para serem analisados em conjunto, já que o objetivo é compreender como o grupo de alunos entende o conceito de equilíbrio químico e não cada aluno individualmente.

Através da análise feita com o uso do software *Hamlet*[®], os **textos** são transformados em uma **matriz de associação** e, esta última, em uma **rede de conceitos**.

A matriz de associação mostra todas as relações que aparecem no texto analisado. Elaborar uma rede de conceitos a partir de todos os dados da matriz resulta em uma rede onde praticamente todos os conceitos estão relacionados com todos. É útil então realizar um **corte percentual**, de forma que sejam ressaltados apenas as **relações mais significativas**.

Como mostra a dissertação de mestrado de JUNQUEIRA (2013), o corte percentual geralmente gira em torno de 25%, mas este valor pode **variar** de acordo com os dados que se tem, ou seja, pode ser útil aumentar ou diminuir o corte se a rede resultante fica muito abrangente ou se deixa de fora conceitos considerados relevantes. Como será mostrado mais adiante, o corte considera os 25% maiores valores das relações feitas entre os conceitos, ou seja, de um conjunto de números de relações entre conceitos, considera-se o quartil maior.

Para ilustrar o método, toma-se como exemplo a matriz de associação da **Figura 11**. Primeiramente anota-se quantas vezes cada valor aparece na matriz (**Figura 12**). Em seguida, soma-se as n vezes que todos os valores apareceram, neste caso, 121.

A partir deste número, calcula-se as porcentagens referentes aos cortes mais comuns e verifica-se se eles atendem às necessidades do caso em questão.

Um corte de 25% por exemplo, leva em consideração a soma das n vezes (partindo do maior para o menor valor na matriz) até que se atinja uma grandeza igual a 30, pois $0,25 \times 121 = 30,25$ (aproximadamente 30). Os valores em destaque na **Figura 12** representam todos os valores considerados na matriz da **Figura 11** no caso de um corte de 25%.

Figura 12 – Exemplificação do método de corte percentual. Os valores em destaque seriam os considerados na matriz de associação da **Figura 11** no caso de um corte de 25%.

valor na matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n vezes que aparece	28	18	5	7	3	4	5	6	2	2
valor na matriz	13	14	15	16	17	18	20	21	22	23
n vezes que aparece	3	4	2	3	1	3	4	2	1	1
valor na matriz	24	26	30	32	35	36	38	43	47	48
n vezes que aparece	3	2	2	2	1	1	1	2	1	1
valor na matriz	59									
n vezes que aparece	1									
soma das n vezes	121									
corte de 25%	30									

Fonte: Autor

É importante ressaltar que o valor do corte percentual varia, dependendo de quais conceitos são incluídos ou extraídos no corte. Deve-se analisar cada caso e decidir qual o corte mais recomendado pensando sempre em manter as relações mais significativas.

Apresenta-se na **Figura 13** uma rede de conceitos com um corte percentual de 25% referente aos dados da matriz da **Figura 11**.

Outras redes de conceitos podem ser elaboradas a partir dos dados de uma matriz de associação. Um exemplo disso é a **rede do vizinho mais próximo (rede V+P)** onde, ao contrário da rede de conceitos que mostra todas as relações que um determinado conceito faz, mostra quais são os conceitos mais relacionados entre si, ou seja, quais são os mais próximos.

Utilizando esse raciocínio, faz-se uma análise de quais são os vizinhos mais próximos para todos os conceitos, e o resultado é uma rede V+P como representada na **Figura 14**.

Figura 14 – Rede do vizinho mais próximo (V+P) elaborada a partir dos dados da matriz de associação da **Figura 11**.

Fonte: Autor

5.3- Alunos – Texto modificado

Entende-se por texto modificado a **extração de proposições** do texto bruto na forma: conceito indutor + frase de ligação + conceito indutor. A lista de todas essas proposições de todos os 43 textos gera um texto (**texto modificado**) representativo do grupo de alunos. Esse texto é analisado pelo programa *Hamlet® II 3.0*, gerando uma matriz de associação, permitindo a elaboração de redes de conceitos e, como agora as relações entre os conceitos são conhecidas, é possível elaborar um mapa conceitual representativo da estrutura de conhecimento dos alunos.

Utilizando novamente o exemplo de texto já citado, seguem as proposições que poderiam ser extraídas do trecho:

Exemplo de texto:

“Um sistema em equilíbrio químico é caracterizado pela coexistência de reagentes e produtos em proporção estequiométrica. Estes transformam-se continuamente um no outro, tornando o equilíbrio químico dinâmico, e não estático”.

Proposições:

conceito(s) indutor(es)	+	frase de ligação	+	conceito(s) indutor(es)
Equilíbrio químico		é caracterizado pela coexistência de		reagentes produtos
Reagentes		transformam-se um no outro		equilíbrio químico
Produtos		continuamente no		
Equilíbrio químico		é		dinâmico

O conjunto de proposições extraídas do texto, ou seja, o **texto modificado**, é então analisado pelo *software Hamlet®* e gera uma **matriz de associação** representada na **Figura 15**.

Figura 15 – Matriz de associação elaborada a partir do texto modificado (proposições extraídas do texto original).

		1	2	3	4
dinâmico	1				
equilíbrio químico	2	1			
produtos	3	0	2		
reagentes	4	0	2	2	

Fonte: Autor

A **Figura 15** (matriz obtida do texto modificado) apresenta o valor dois para os pares de conceitos *reagentes* e *produtos*, *equilíbrio químico* e *reagentes*, *equilíbrio químico* e *produtos*. Essa diferença se dá, em comparação com a matriz da **Figura 8** porque o texto bruto traz a informação “**Estes** transformam-se continuamente [...]” e no texto modificado entende-se que “**Estes**” refere-se à *reagentes* e *produtos*.

Por fim, a matriz de associação da **Figura 15** gera a **rede de conceitos** representada na **Figura 16**.

Figura 16 – Rede de conceitos obtida a partir da matriz da **Figura 15**.

Fonte: Autor

Mapa conceitual

O mapa conceitual é elaborado a partir dos conceitos indutores considerados relevantes após o corte percentual adequado (quando necessário) e as proposições extraídas do texto original. Levando em consideração o **exemplo de texto** já citado e as respectivas proposições (texto modificado), o mapa conceitual elaborado aparece representado na **Figura 17**.

Figura 17 – Exemplo de mapa conceitual elaborado a partir do exemplo de texto citado.

Fonte: Autor

Utilização dos mapas conceituais na presente pesquisa

O exemplo citado anteriormente dá a falsa impressão da simplicidade de se transformar um texto em algumas proposições claras e fiéis a ideia original. Todo o desenvolvimento do mapa conceitual idealizou a utilização da ferramenta por um indivíduo buscando representar sua própria estrutura do conhecimento. Porém, neste

presente trabalho, os mapas foram elaborados a partir de textos escritos por alunos, da leitura e análise dos mesmos, da seleção dos principais conceitos relacionados ao tema e, por fim, da elaboração de proposições que expressassem o sentido sobre essas relações.

Realizou-se uma busca incansável pela elaboração do melhor mapa conceitual possível, pela melhor representação do conhecimento desses alunos sobre o tema. Porém, como a prioridade na escolha das proposições foi sempre manter o sentido original dado pelo aluno, nem sempre essas proposições puderam ser curtas e simples, como é sugerido para um bom mapa.

Em outras palavras, quando um indivíduo elabora seu próprio mapa conceitual, há um esforço pessoal em escolher os termos corretos e elaborar frases de ligação claras semanticamente, que realmente descrevam o significado da relação entre determinado par de conceitos, como sugerem AGUIAR e CORREIA (2013). Contudo, quando a elaboração dessa estrutura é feita por outra pessoa a partir de um texto escrito, como no caso desta pesquisa, esse esforço pode gerar uma proposição que não condiga realmente com o sentido original dado pelo autor do texto.

E novamente, como a prioridade foi sempre manter o sentido original dado pelo aluno, nem sempre as proposições são curtas e simples, mas certamente refletem as ideias presentes nos textos dos quais foram extraídas.

Seguem abaixo exemplos reais de dificuldades encontradas nos textos dos alunos, o que foi feito para superá-las e como então foi elaborada a proposição. Os conceitos indutores foram sublinhados para facilitar a compreensão.

ALUNO 9

Texto original: “Um sistema atinge o equilíbrio quando as concentrações de reagentes e produtos se tornam constantes, não havendo mais mudança em suas proporções”.

Proposição: Reagentes e produtos possuem constante sua concentração.

Observações: Não foi possível elaborar uma proposição que relacionasse equilíbrio com concentração (embora essa relação apareça de forma clara em textos de outros alunos).

Texto original (continuação): “Microscopicamente, isso ocorre porque as reações inversa e direta ocorrem com a mesma velocidade, ou seja, ao mesmo tempo em que são formados produtos (reação direta), são também formados reagentes (reação inversa). Por isso fala-se que o equilíbrio químico é dinâmico”.

Proposições: Nível microscópico permite verificar a ocorrência de reação química; Reação direta e reação inversa ocorrem com a mesma velocidade; Reagentes e produtos formam-se simultaneamente em um equilíbrio químico; Equilíbrio químico é dinâmico.

Observações: Foi possível relacionar a formação simultânea de reagentes e produtos com o equilíbrio químico, conceito citado na frase anterior. Essa relação só foi possível devido à interpretação humana, ou seja, a análise feita pelo *software Hamlet®* não seria capaz de fazer tal relação.

Texto original (continuação): “No entanto, por causa das velocidades das reações serem iguais, macroscopicamente não é possível observar as reações de formação de produtos e reagentes ao se atingir o equilíbrio”.

Proposição: Nível macroscópico não permite verificar a ocorrência de reação química (a igualdade das velocidades e a formação de reagentes e produtos já foram citadas nas proposições anteriores).

ALUNO 35

Texto original: “Seja a reação direta de um sistema a formação de produtos a partir de reagentes e a reação inversa a transformação desses produtos novamente em reagentes. Sejam suas velocidades v_1 e v_2 , respectivamente”.

Proposições: Reação direta forma produtos; Reação inversa forma reagentes.

Texto original (continuação): “O equilíbrio químico de um sistema é caracterizado quando as velocidades das reações direta e inversa, v_1 e v_2 , se igualam, isto é, a mesma proporção que os reagentes se transformam em produtos, os mesmos se transformam em reagentes”.

Proposições: Reação direta e reação inversa ocorrem com a mesma velocidade; Reagentes e produtos transformam-se um no outro na mesma proporção em um equilíbrio químico.

Texto original (continuação): “Tal dinamismo faz com que as reações envolvidas no equilíbrio sejam praticamente imperceptíveis macroscopicamente.

Proposições: Equilíbrio químico é dinâmico; Nível macroscópico não permite observar ocorrência de reação química”.

Observações: Da maneira como este trecho de texto foi escrito, a extração dessas proposições não seria possível utilizando o referido *software*, mas apenas através da análise humana.

ALUNO 36

Texto original: “Um sistema em equilíbrio químico possui a velocidade da reação direta igual a velocidade da reação inversa, e a concentração dos reagentes e produtos passa a ser constante. Todas essas características são em nível microscópico”.

Proposições: Reação direta e reação inversa ocorrem com a mesma velocidade; Reagentes e produtos mantêm constante sua concentração; Nível Microscópico permite caracterizar um sistema em equilíbrio químico.

Observações: A relação entre o nível microscópico e “todas essas características” citadas pelo aluno 35 envolvem a verificação de que o equilíbrio químico ocorre, é perceptível, neste nível microscópico.

Texto original (continuação): “ Do ponto de vista macroscópico não há nenhuma alteração quanto a mudança de cor, de odor ou na hetero ou homogeneidade do sistema”.

Proposição: Nível macroscópico não permite verificar mudanças no equilíbrio químico.

Observações: Como o aluno não relaciona nenhum conceito indutor ao conceito de nível macroscópico, optou-se por transformar a ideia transmitida no texto para a de não possibilidade de verificação da ocorrência de equilíbrio químico neste nível macroscópico.

É importante salientar que apenas os **três casos** citados geraram dificuldades para transformar o texto original no formato de proposições, ou seja, apenas 3 textos

num total de 43. Isso mostra que a ferramenta tem sim limitações, mas funciona satisfatoriamente para capturar as estruturas conceituais mais frequentes e significativas representadas por um grupo de alunos., objetivo principal desta pesquisa.

5.4- Livro didático

O texto do livro didático digitado na íntegra, ou seja, o texto bruto, é analisado pelo *Hamlet*[®] e, como descrito anteriormente, dá origem a uma rede de conceitos. Uma lista de proposições é extraída deste texto – texto modificado – e, submetida à mesma análise, dá origem à rede e ao mapa conceitual.

5.5- Professor

Infelizmente, apenas o áudio das aulas foi gravado na época da coleta de dados, e não se tem registro de alguns momentos que o professor da disciplina faz anotações na lousa. Outra questão relevante é que alguns trechos do áudio estão realmente difíceis de serem compreendidos.

Buscando aproveitar os dados da melhor maneira possível, foi feita uma interpretação em conjunto do áudio da aula com os slides apresentados naquele momento. Essa interpretação – que contou com alguns trechos transcritos na íntegra, quando possível – gerou um texto. Proposições foram extraídas deste texto, gerando o que aqui se denomina texto modificado. E, por fim, o texto modificado deu origem a um mapa conceitual.

5.6- Perguntas plausíveis

Duas perguntas podem surgir a esta altura do trabalho:

- I- Por que não elaborar o mapa conceitual diretamente da rede de conceitos do texto bruto, ou seja, por que investir tanto tempo extraíndo proposições de todo o texto?
- II- Por que elaborar redes de conceitos além dos mapas conceituais?

Em relação à primeira pergunta, obter um mapa conceitual a partir da rede de conceitos do texto bruto, e a partir das relações que se mostrarem presentes, buscar o sentido no texto e só então elaborar o mapa conceitual, faz parte da metodologia de duas dissertações de mestrado deste grupo de pesquisa (JUNQUEIRA, 2013 e SILVA, 2012). Nestes trabalhos a metodologia funcionou de forma bastante satisfatória e de fato representou os dados do grupo analisado. Porém, infelizmente mostrou não funcionar em 100% dos casos. Quando da análise dos dados dessa pesquisa, a rede obtida mostrava todos os conceitos ligados com todos os conceitos. O empenho em buscar no texto o sentido das relações presentes na rede de conceitos mostrou-se o mesmo de primeiro obter do texto o sentido de todas as relações (texto modificado) e só depois elaborar um mapa conceitual. Utilizando esse segundo método, pensou-se ser mais garantido a minimização da perda de dados e a melhor representação da estrutura do conhecimento do grupo.

Em relação à segunda pergunta, redes de conceitos do texto bruto são rápidas e fáceis de serem obtidas. Elas trazem informações primeiras que dão uma ideia do conteúdo a ser analisado, ou como neste caso, de como está estruturado o conhecimento. As informações fornecidas pelas redes complementam a análise do mapa conceitual. Essa afirmação será melhor compreendida quando os resultados obtidos forem apresentados.

6- RESULTADOS

Este capítulo se propõe, além de apresentar as redes e mapas conceituais obtidos, discutir aspectos relevantes sobre essas mesmas estruturas e compará-las previamente. O capítulo seguinte apresenta uma comparação mais completa e direta das redes e mapas, refletindo precisa e claramente o objetivo desta pesquisa.

6.1- Alunos – Aprendizado

Como dito anteriormente na descrição dos dados obtidos, 43 alunos responderam a uma questão logo no início da disciplina (**avaliação inicial**), antes do docente discutir qualquer tema relacionado ao equilíbrio químico.

O conjunto das 43 respostas foi digitado na íntegra, gerando o **texto bruto**. Esse texto foi processado com o auxílio do *software Hamlet®* gerando uma matriz de associação apresentada na **Figura 18**.

Figura 18 – Matriz de associação – Alunos – Avaliação inicial – Texto bruto.

Matriz elaborada a partir da análise do texto bruto da avaliação inicial feita pelos alunos.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
composição	1																
concentração	2	6															
dinâmico	3	3	3														
direção da reação	4	0	4	0													
equilíbrio químico	5	4	23	13	7												
extensão de reação	6	1	1	0	0	1											
nível macroscópico	7	0	3	2	2	16	1										
nível microscópico	8	3	4	4	2	16	0	4									
produtos	9	6	24	9	15	46	1	6	9								
reação direta	10	2	9	7	8	29	1	3	6	21							
reação inversa	11	2	9	7	8	30	1	3	6	21	41						
reação química	12	2	8	3	1	30	1	9	6	23	9	10					
reagentes	13	7	24	9	5	45	1	6	9	63	17	18	24				
reversível	14	2	2	3	3	18	0	4	3	10	6	7	13	11			
tempo de reação	15	2	7	3	2	6	1	2	2	5	3	3	3	5	3		
velocidade de reação	16	1	7	5	3	14	0	0	5	10	18	18	6	9	3	2	

Fonte: Autor

Um corte percentual de 25% na matriz da **Figura 18** ressalta as relações que apareceram no mínimo 10 vezes nos textos dos alunos. Essas relações, as mais relevantes, aparecem representadas na **Figura 19**.

Figura 19 – Rede de conceitos – Alunos – Avaliação inicial – Texto bruto.

Rede de conceitos elaborada a partir de um corte percentual de 25% na matriz de associação da **Figura 18**. Os conceitos com linhas tracejadas fazem parte da lista de conceitos indutores, porém, não foram incluídos na rede.

Fonte: Autor

Os números que aparecem na rede representam quantas vezes determinado par de conceitos foi citado junto, numa mesma frase. Conceitos que foram citados juntos mais vezes aparecem ligados por linhas mais grossas e, os citados juntos menos vezes, por linhas mais finas.

Uma análise da **Figura 19** permite dizer que o conceito *equilíbrio químico* é o que mais se relaciona aos outros conceitos, pois aparece ligado a 11 dos 13 conceitos presentes na rede. Outros conceitos também bastante relacionados são *produtos*,

reagentes, *reação química*, *reação direta* e *reação inversa*. Num primeiro momento esse resultado parece bastante plausível, pois uma definição simplificada de equilíbrio químico envolve esse grupo de conceitos.

Os conceitos que mais aparecem juntos na mesma frase são *produtos* e *reagentes*. Isso ocorre porque os alunos quase sempre os citam em conjunto, fazendo uma relação conceitual utilizando *reagentes* e *produtos* como se fossem uma única unidade.

O conceito *equilíbrio químico* aparece bastante relacionado com os conceitos *reação química*, *reação direta* e *reação inversa*, mostrando que muitos alunos entendem que há uma relação entre o que ocorre com os sentidos da reação e o sistema estar ou não em equilíbrio químico.

Um ponto bastante crítico nesta rede e que merece atenção é o fato dos conceitos *nível macroscópico* e *nível microscópico* aparecerem ligados apenas ao conceito *equilíbrio químico*. Inicialmente os alunos não mostram conhecimento em relação a como esses níveis se relacionam a outros fatores que envolvem o fenômeno do equilíbrio.

Em contrapartida, algumas relações importantes já se mostram presentes neste início do curso, mesmo que não na maioria dos textos: *equilíbrio químico* aparece como um fenômeno *reversível* e *dinâmico*, e as *reações direta* e *inversa* aparecem relacionadas ao conceito *velocidade*.

Como a questão envolve a caracterização do equilíbrio químico sob os pontos de vista macroscópico e microscópico, foi elaborada uma rede envolvendo estes conceitos e todos os outros que apareceram relacionados a eles nos textos. Essa rede de conceitos aparece representada na **Figura 20**.

Os conceitos que mais aparecem relacionados ao *nível microscópico* são *equilíbrio químico*, *produtos* e *reagentes*. Quanto ao *nível macroscópico*, são *equilíbrio químico* e *reação química*. Mesmo sendo estes os maiores números de relações encontrados, ainda é um resultado bastante baixo frente ao número da amostra (43 textos).

Isso reforça a ideia de que o grupo de alunos, num primeiro momento, não compreende a relação entre os níveis macroscópico e microscópico com outros conceitos relacionados ao equilíbrio químico. Lembrando que esta mesma análise será feita para os textos da avaliação final, ou seja, ao término da disciplina, onde será

possível comparar os resultados e verificar se houve evolução na compreensão destes conceitos.

Figura 20 – Rede macro-micro – Alunos – Avaliação inicial – Texto bruto.

Rede de conceitos envolvendo os conceitos *nível macroscópico* e *nível microscópico* e as relações com todos os outros conceitos indutores citados pelos alunos. As linhas mais espessas indicam as relações mais significativas.

Fonte: Autor

Uma outra análise possível de ser realizada com esses dados é a elaboração da rede do vizinho mais próximo (V+P), mostrada na **Figura 21**.

Figura 21 – Rede V+P – Alunos – Avaliação inicial – Texto bruto.

Rede de conceitos envolvendo todos os conceitos indutores e seus vizinhos mais próximos.

Fonte: Autor

A análise da **Figura 21** permite verificar que o conceito *extensão de reação*, apesar de relacionado a vários outros conceitos, apresenta o valor 1 para todos eles, ou seja, apareceu apenas uma vez junto com outro conceito numa mesma frase, dentro de um universo de 43 textos. Isso indica que o significado do conceito de extensão não é bem compreendido pelos alunos no início da disciplina.

Os pares de conceitos *produtos - reagentes* e *reação direta - reação inversa*, aparecem como os mais relacionados entre si, reforçando a ideia de que foram, na grande maioria das vezes, citados em conjunto na frase, sendo considerados como uma unidade apenas.

O conceito *equilíbrio químico* aparece como vizinho mais próximo da maioria dos conceitos. Como a questão pedia “*Caracterize um sistema em equilíbrio químico...*”, é natural que os alunos, ao responderem à questão, incluíssem *equilíbrio químico* na mesma sentença de outros conceitos para defini-los.

Uma relação bastante importante já aparece claramente nesta rede: a tríade *reação direta, reação inversa* e *velocidade de reação*, mostrando que logo de início os alunos já compreendem que a velocidade dessas reações afeta, de alguma forma, o equilíbrio químico.

Por fim, os conceitos *nível macroscópico* e *nível microscópico* apresentam como vizinho mais próximo o conceito *equilíbrio químico*, o que é esperado, já que foi pedido que se definisse o conceito segundo esses níveis.

Tendo finalizadas as análises com o **texto bruto** da **avaliação inicial**, extraiu-se proposições a partir do mesmo e, o conjunto destas proposições formou o que aqui se denomina **texto modificado**. A análise feita utilizando o *Hamlet*[®] gerou a matriz de associação representada na **Figura 22**.

Um corte percentual de 35% mostra as relações que apareceram neste texto no mínimo 7 vezes. Esse valor percentual foi escolhido pois não exclui conceitos importantes dentro do contexto desta pesquisa (*velocidade de reação, reagentes, produtos, reversível*), como faria o corte de 25%. A rede de conceitos representada na **Figura 23** mostra essas relações.

Figura 22 – Matriz de associação – Alunos – Avaliação inicial – Texto modificado.

Matriz elaborada a partir da análise do texto modificado da avaliação inicial feita pelos alunos.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
composição	1																
concentração	2	0															
dinâmico	3	0	0														
direção de reação	4	0	0	0													
equilíbrio químico	5	2	10	22	0												
extensão de reação	6	0	0	0	0	4											
nível macroscópico	7	0	5	0	0	25	1										
nível microscópico	8	1	2	3	1	23	0	1									
produtos	9	1	16	0	1	8	0	3	6								
reação direta	10	0	0	0	0	3	0	0	1	0							
reação inversa	11	0	0	0	0	3	0	0	1	0	29						
reação química	12	0	0	0	0	1	0	5	2	0	0	0					
reagentes	13	1	16	0	1	8	0	3	6	39	0	0	0				
reversível	14	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	11	0			
tempo de reação	15	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
velocidade de reação	16	0	0	0	0	3	0	0	2	7	29	29	0	7	0	0	

Fonte: Autor

Um dos aspectos que chama a atenção nesta rede é que o conceito *equilíbrio químico* está relacionado a outros 7 conceitos, enquanto que na rede de conceitos do texto bruto (**Figura 19**) este aparecia relacionado a outros 11. Os conceitos relacionados anteriormente que não aparecem na rede da **Figura 23** são *velocidade de reação*, *reação direta*, *reação inversa* e *reação química*.

Isso ocorre porque, apesar dos conceitos terem sido citados na mesma frase – relação esta levada em consideração pelo *software* na análise do texto bruto – eles não possuem relação direta entre si, mas sim com outros conceitos. Essa verificação só pode ser feita neste momento porque é o texto modificado que está sendo estudado, ou seja, as reais relações que existem entre os conceitos.

Há um aumento do número de relações entre os conceitos *velocidade de reação* – *reação direta* – *reação inversa* e *nível microscópico* – *nível microscópico* – *equilíbrio químico*, quando se compara a rede da **Figura 19** com a da **Figura 23**. Isso ocorre porque, apesar dos conceitos não terem sido citados explicitamente na mesma frase, quando o texto é lido é possível claramente perceber uma relação entre eles.

Figura 23 – Rede de conceitos – Alunos – Avaliação inicial – Texto modificado.

Rede elaborada a partir de um corte percentual de 35% na matriz de associação da **Figura 22**. Os conceitos com linhas tracejadas fazem parte da lista de conceitos indutores, porém, não foram incluídos na rede.

Fonte: Autor

Aspectos em comum a respeito das duas figuras (**19 e 23**) analisadas são as ideias mais importantes, ou seja, o conceito *equilíbrio químico* continua sendo um conceito central, aquele que faz ligação com a maioria dos outros conceitos, aparece a ideia do fenômeno *reversível* e *dinâmico*, a tríade envolvendo as *reações direta* e *inversa* com *velocidade de reação*, e os conceitos *nível microscópico* e *nível macroscópico* fazendo relação apenas com *equilíbrio químico*.

Foi também elaborada uma rede envolvendo os conceitos *nível macroscópico*, *nível microscópico* e todos os outros conceitos que se relacionaram a eles no texto modificado, da mesma forma que para o texto bruto, como citado anteriormente. Essa rede apresenta-se na **Figura 24**.

Figura 24 – Rede macro-micro – Alunos – Avaliação inicial – Texto modificado.

Rede de conceitos envolvendo os conceitos *nível macroscópico* e *nível microscópico* e as relações com todos os outros conceitos indutores citados pelos alunos. Os conceitos com linhas tracejadas fazem parte da lista de conceitos indutores, porém, não foram incluídos na rede.

Fonte: Autor

A comparação das redes das **Figuras 20 e 24** traz a mesma ideia principal, ou seja, o *nível microscópico* está relacionado de maneira mais significativa a *equilíbrio químico*, *reagentes* e *produtos*, da mesma forma que *nível macroscópico* está relacionado a *equilíbrio químico* e *reação química*.

Outro aspecto em comum é que, apesar de estas serem as principais relações, o número de vezes que cada par de conceitos aparece relacionado é bastante baixo em relação a amostra (43 alunos). Em outras palavras, poucos são os alunos que enxergam relação entre os *níveis microscópico* e *macroscópico* com os principais conceitos que envolvem o tema equilíbrio químico.

Como desta vez são conhecidas as relações entre cada par de conceitos relacionado, foi elaborado um mapa conceitual (**Figura 25**) que expressa a natureza de cada relação.

Figura 25 – Mapa macro-micro – Alunos – Avaliação inicial.

Mapa conceitual envolvendo os conceitos *nível macroscópico* e *nível microscópico* e as relações com todos os outros conceitos indutores citados pelos alunos. Os conceitos com linhas tracejadas fazem parte da lista de conceitos indutores, porém, não foram incluídos no mapa.

Fonte: Autor

O que chama bastante a atenção neste mapa é a natureza das relações entre o conceito *equilíbrio químico* e os *níveis macroscópico* e *microscópico*, destacados em verde e laranja, respectivamente. Em relação ao *nível microscópico*, os alunos apenas apresentam a ideia de que o *equilíbrio* pode ser analisado, mas diretamente não apresentam como essa análise pode ser feita. Já em relação ao *nível macroscópico*, o quadro é semelhante, com exceção de alguns poucos alunos que se arriscaram a dizer que o *equilíbrio* parece estático ou ainda que não sofre alterações neste nível.

Os conceitos *reagentes* e *produtos* aparecem relacionados ao *nível microscópico* de várias maneiras diferentes, mas entre elas, a que foi comum ao maior número de alunos que fez esta relação (apenas 3), foi a ideia de que essas espécies são formadas continuamente, ou seja, transformam-se uma na outra simultaneamente e indefinidamente. Uma relação similar aparece entre esses conceitos e *nível macroscópico*: *reagentes* e *produtos* coexistem neste nível (2 alunos).

Uma última observação sobre este mapa é que as relações feitas com outros conceitos, além de muito pouco citadas (1 ou 2 alunos), são ideias bastante vazias, como por exemplo: *nível microscópico* permite observar *direção de reação*, *nível macroscópico* permite observar *tempo de reação*, etc.

O mapa conceitual da **Figura 25** confirma que de fato os alunos, inicialmente, não conseguem relacionar os *níveis macroscópico* e *microscópico* de maneira significativa com conceitos importantes envolvidos no tema equilíbrio químico. A análise das respostas da avaliação final será exibida mais adiante, permitindo observar se este quadro mudou.

Prosseguindo com a análise dos dados da avaliação inicial, assim como para o texto bruto, foi elaborada uma rede do vizinho mais próximo para o texto modificado, como aparece representado na **Figura 26**.

Comparando-se as **Figuras 21** e **26**, redes de vizinho mais próximo do texto bruto e modificado, perceberemos algumas diferenças. No caso do texto bruto (**Figura 21**), o conceito *extensão de reação* aparece ligado a vários conceitos diferentes, mas relacionado apenas uma vez a cada um deles. Já no texto modificado (**Figura 26**), observa-se que de fato a maior proximidade desse conceito é com *equilíbrio químico*, relação esta que aparece quatro vezes. Mesmo o número de relações tendo aumentado do texto bruto para o modificado, este é ainda bastante baixo em relação a amostra (43 alunos).

Figura 26 – Rede V+P – Alunos – Avaliação inicial – Texto modificado.

Rede de conceitos envolvendo todos os conceitos indutores e seus vizinhos mais próximos.

Fonte: Autor

Os conceitos *reação química* e *reversível*, antes relacionados com *equilíbrio químico*, aparecem no texto modificado como os vizinhos mais próximos entre si, mostrando que a relação existente entre eles é, de fato, maior do que a com outro conceito.

Outra diferença relevante é a tríade *reação inversa* – *reação direta* – *velocidade de reação* aparecer na rede do texto modificado como um *cluster*, reforçando a relação existente entre os três conceitos.

Apesar das diferenças apontadas, muitas semelhanças também podem ser observadas, como o fato do conceito *equilíbrio químico* ser o conceito vizinho mais próximo da maioria dos outros, assim como os conceitos *nível macroscópico* e *nível microscópico*.

Como último passo da análise dos dados para a **avaliação inicial**, tendo que são conhecidas todas as relações entre os conceitos, apresenta-se o mapa conceitual representativo do grupo de alunos (**representação do aprendizado**) – **Figura 27**.

Um dos conceitos principais, ou seja, que mais se relaciona com outros, é *equilíbrio químico*. Esse conceito aparece relacionado a *nível macroscópico* como: “o *equilíbrio químico* pode ser analisado em *nível macroscópico*, ideia apresentada por 15 alunos entre os 43, ou seja, 35%; “o *equilíbrio químico* parece estático em *nível macroscópico*”, ideia apresentada por 9 alunos ou 21%. A primeira relação parece bastante vazia, pois não revela como essa análise pode ser realizada. Já a segunda é mais interessante, pois os alunos já demonstram conhecer que nem sempre, visualmente, é possível reconhecer um sistema em equilíbrio.

Outra relação importante é “*equilíbrio químico é dinâmico*”, apresentada por 22 alunos ou 51%, revela um conceito fundamental dentro do tema em questão. A relação “*produtos e reagentes são formados continuamente no equilíbrio químico*” (7 alunos ou 16%) sustenta essa ideia de dinamismo.

Igualmente fundamental, são as ideias similares apresentadas em “*equilíbrio químico é reversível*” (7 alunos ou 16%) e “*reação química é reversível*” (11 alunos ou 25%). Se as relações são tidas como de fato similares, tem-se 18 (ou 42%) alunos que compreendem um dos aspectos mais importantes deste tema.

A relação entre *equilíbrio químico* e *nível microscópico*, assim como no *nível macroscópico*, é bastante vaga (“*equilíbrio químico* pode ser analisado em *nível microscópico*” – 23 alunos ou 53%) pois não cita como a análise pode ser realizada.

Por fim, outra relação bastante forte que aparece já no início para os alunos é a tríade *reação direta*, *reação inversa* e *velocidade de reação*: “*reação direta e reação inversa possuem a mesma velocidade de reação*”, citada por 29 alunos ou 67%.

Os conceitos *composição*, *extensão de reação*, *tempo de reação* e *direção de reação* não aparecem no mapa pois foram pouco citados relacionados a outros conceitos.

Como conclusão prévia para a avaliação inicial, percebe-se que os alunos detêm ideias principais dentro do tema, como igualdade nas velocidades das reações direta e inversa, e o equilíbrio como sendo um processo dinâmico e reversível. Porém, as relações com os conceitos *nível macroscópico* e *nível microscópico* são ainda bastante insipientes e citadas por poucos alunos, girando em torno da ideia do equilíbrio poder ser analisado ou não em cada nível.

Completada a análise da avaliação inicial, inicia-se a apresentação dos dados e discussão a respeito dos mesmos sobre a **avaliação final**. Os mesmos passos foram seguidos, ou seja, primeiramente, através do *software Hamlet® II 3.0*, foi feita uma análise dos 43 textos (**texto bruto**), resultando em uma matriz de associação já apresentada na **Figura 11**.

Um corte percentual de 29% mostrou-se bastante significativo para este caso, levando em consideração os conceitos indutores mais importantes e, de fato, aqueles que mais foram citados nos textos dos alunos.

A partir deste corte percentual na matriz da **Figura 11**, foi elaborada uma rede de conceitos (**Figura 28**) para representar de forma mais clara quais conceitos relacionam-se entre si e quantas vezes isso ocorre.

Uma análise preliminar da **Figura 28** permite verificar que o conceito *equilíbrio químico* está ligado com todos os outros conceitos. Como foi pedido aos alunos que descrevessem o equilíbrio químico sob os aspectos macroscópico e microscópico, é natural que citem esse conceito várias vezes. Outro fator importante é que os conceitos *produtos* e *reagentes* são os mais ligados entre si, pois na grande maioria das vezes, foram citados em conjunto. E analisando o foco da pergunta, que envolve os níveis macroscópico e microscópico, tem-se que eles aparecem ligados com 2 e 5 outros conceitos respectivamente, mostrando que os alunos definem o equilíbrio químico muito mais pelo aspecto microscópico do que pelo aspecto macroscópico.

O conceito *nível macroscópico* aparece relacionado a *equilíbrio químico* e *reação química*, sugerindo que é possível visualizar macroscopicamente a ocorrência de uma reação química e definir quando esta entra em estado de equilíbrio.

O conceito *nível microscópico* aparece relacionado a *reação direta*, *reação inversa*, *velocidade de reação*, *produtos* e *reagentes*. Essas relações podem sugerir que produtos e reagentes são formados dependendo de qual reação ocorre (direta ou inversa) e com uma certa velocidade.

Além disso, os conceitos *velocidade da reação*, *reação direta* e *reação inversa*, também aparecem relacionados de forma significativa mostrando que os alunos a consideraram bastante relevante.

O conceito *reação química* aparece relacionado à formação de *produtos* e *reagentes*, e como um processo *reversível* e *dinâmico*.

Figura 28 – Rede de conceitos – Alunos – Avaliação final – Texto bruto.

Rede de conceitos elaborada a partir de um corte percentual de 29% na matriz de associação da **Figura 11**. Os conceitos com linhas tracejadas fazem parte da lista de conceitos indutores, porém, não foram incluídos na rede.

Fonte: Autor

Por fim, apesar de se pressupor que o conceito *concentração* esteja relacionado aos conceitos *reagentes* e *produtos*, ou seja, que essa relação é entendida mesmo que não seja dita explicitamente, os três conceitos aparecem relacionados na rede de forma significativa.

Essas e outras relações serão passíveis de uma interpretação mais aprofundada na comparação desta com a rede de conceitos obtida através da análise do texto modificado.

Como a questão respondida pelos alunos dizia “Caracterize um sistema em equilíbrio químico do ponto de vista macroscópico e microscópico”, considerou-se igualmente importante a elaboração da rede (**Figura 29**) que envolvesse todas as relações encontradas com estes dois conceitos.

Analisando os dados na **Figura 29** é possível observar que os conceitos que mais aparecem ligados ao *nível microscópico* são: *reagentes*, *equilíbrio químico*, *reação direta*, *reação química*, *reação inversa*, *velocidade de reação*, *produtos* e *dinâmico*. Apesar de estar ligado a vários conceitos importantes, vemos que o número de relações é bastante pequeno em relação a amostra (43 alunos).

Figura 29 – Rede macro-micro – Alunos – Avaliação final – Texto bruto.

Rede de conceitos envolvendo os conceitos *nível macroscópico* e *nível microscópico* e as reações com todos os outros conceitos indutores citados pelos alunos. Os conceitos com linhas tracejadas fazem parte da lista de conceitos indutores, porém, não foram incluídos na rede.

Fonte: Autor

Já o *nível macroscópico* aparece ligado significativamente com *reagentes*, *produtos*, *equilíbrio químico* e *reação química*. Apesar de serem menos conceitos em relação ao nível microscópico, mais alunos citam essas relações (30 para *equilíbrio químico* e 26 para *reação química*).

Essas observações indicam que muitos alunos, mesmo após o término do curso, ainda apresentam dificuldade de relacionar a definição do equilíbrio químico com aspectos macroscópicos e microscópicos.

Vale também ressaltar que o conceito *extensão de reação* não aparece nesta rede porque em nenhum momento foi citado relacionado aos conceitos macroscópico e microscópico.

A elaboração de uma rede do vizinho mais próximo (**Figura 30**) mostra-se também interessante para complementar a análise da matriz de associação de **Figura 11**.

Como já era esperado após as análises anteriores, o vizinho mais próximo da maioria dos conceitos é *equilíbrio químico*, e o conceito mais próximo de *equilíbrio químico* é *reação química*.

O vizinho mais próximo de *nível macroscópico* e *nível microscópico* é *equilíbrio químico*.

Figura 30 – Rede V+P – Alunos – Avaliação final – Texto bruto.

Rede de conceitos envolvendo todos os conceitos indutores e seus vizinhos mais próximos.

Fonte: Autor

Os conceitos *velocidade de reação*, *reação direta* e *reação inversa* aparecem como vizinhos mais próximos uns dos outros, mostrando que essas relações foram bastante fortes nos textos dos alunos.

Os conceitos *direção de reação*, *extensão de reação*, *tempo de reação* e *composição* aparecem nesta rede, porém encontram-se ausentes em várias redes e mapas. A análise da **Figura 30** permite verificar que os conceitos são pouco relevantes, ou seja, os valores das relações são, de fato, muito baixos quando comparados aos outros.

Um arquivo de texto contendo todas as proposições extraídas de todos os textos dos alunos (**texto modificado**) foi analisado pelo *Hamlet®*. Ao final de cada proposição foi colocado um ponto final, então o programa contou como relacionados apenas os conceitos dentro de cada proposição. Como cada aluno relacionou um mesmo par de conceitos apenas uma vez, é possível afirmar que o número de vezes que determinado par de conceitos aparece relacionado é equivalente ao número de alunos que fez determinada relação.

A matriz de associação resultante da análise dessas proposições aparece representada na **Figura 31**.

Figura 31 – Matriz de associação – Alunos – Avaliação final – Texto modificado.

Matriz elaborada a partir da análise do texto modificado da avaliação final feita pelos alunos.

Os números em destaque referem-se a um corte de 40%.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
composição	1																
concentração	2	0															
dinâmico	3	0	0														
direção de reação	4	0	0	0													
equilíbrio químico	5	0	14	35	2												
extensão de reação	6	0	0	0	0	1											
nível macroscópico	7	0	2	0	0	26	0										
nível microscópico	8	0	0	2	0	19	0	1									
produtos	9	0	11	0	0	29	0	1	0								
reação direta	10	0	0	0	0	5	0	0	2	4							
reação inversa	11	0	0	0	0	5	0	0	2	4	45						
reação química	12	0	0	0	0	5	0	10	7	2	0	0					
reagentes	13	0	11	0	0	29	0	1	0	51	4	4	2				
reversível	14	0	0	0	0	15	0	1	0	0	0	0	2	0			
tempo de reação	15	0	2	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	1	0		
velocidade de reação	16	0	0	0	0	0	0	0	3	5	34	34	0	5	0	0	

Fonte: Autor

Primeiramente foram feitos cortes percentuais de 15%, 20% e 25% por serem cortes próximos a porcentagem que teoricamente engloba os conceitos mais significativos (JUNQUEIRA, 2013). No caso do corte de 25%, *reação química* ficava de fora da seleção dos conceitos mais relacionados. Por ser um conceito bastante importante, calculou-se qual seria o corte necessário para que fosse incluído na seleção, o que resultou em 30%.

Já no corte de 30%, os conceitos *velocidade de reação*, *reação direta* e *reação inversa* apareceram ligados apenas entre si e mais nenhum outro conceito. Calculou-se por fim qual deveria ser o corte percentual para que esse trio de conceitos aparecessem fazendo relações com outros que não eles mesmos. O corte percentual final foi calculado em 40%. Os valores em destaque na matriz da **Figura 31** revelam os valores considerados neste corte.

A partir da matriz de associação da **Figura 31** foi elaborada uma rede de conceitos para representar de forma mais clara quais conceitos relacionam-se entre si e quantas vezes isso ocorre (**Figura 32**).

Uma análise preliminar da **Figura 32** confirma o que também foi visualizado na rede de conceitos obtida através da análise do texto bruto (**Figura 28**): o conceito *equilíbrio químico* é o que mais aparece relacionado aos outros.

Outro aspecto que também chama bastante a atenção é que os conceitos *composição*, *direção de reação*, *extensão de reação* e *tempo de reação* ficaram de fora tanto na análise das proposições quanto na do texto original dos alunos. Isso confirma que os conceitos foram de fato pouquíssimo utilizados.

A rede de conceitos da **Figura 32**, com exceção dos números de relações, é semelhante à rede de conceitos da **Figura 28**. Na **Figura 32** aparecem menos ligações, porém, as mais significativas também são *equilíbrio químico* com *reversível* e *dinâmico*; *reação direta* e *reação inversa* com *velocidade de reação*; e *equilíbrio químico* com *nível macroscópico* e *nível microscópico*.

Todos os apontamentos referentes a **Figura 28** feitos anteriormente, como conceito *equilíbrio químico* ser o que mais se relaciona com todos os outros, *reagentes* e *produtos* estarem bastante relacionados porque são sempre citados em conjunto, *concentração* estar diretamente ligado a *reagentes* e *produtos*, e o trio "*velocidade de reação*, *reação direta* e *reação inversa*" serem muito citados pelos alunos, aparecem todos novamente na **Figura 32**. O diferencial é que todas essas relações possuem agora um valor semântico, pois foram extraídas a partir do texto modificado.

Figura 32 – Rede de conceitos – Alunos – Avaliação final – Texto modificado.

Rede de conceitos elaborada a partir de um corte percentual de 40% na matriz de associação da **Figura 31**. Os conceitos com linhas tracejadas fazem parte da lista de conceitos indutores, porém, não foram incluídos na rede.

Fonte: Autor

Comparando-se as redes das **Figuras 32 e 28**, é natural que o número de relações diminua no texto modificado em relação ao texto bruto, pois o *Hamlet*[®] conta quais conceitos aparecem juntos na mesma frase, independente de estes estarem ou não relacionados. Como a rede da **Figura 32** vem da análise de um texto que leva em consideração apenas as relações semânticas entre os conceitos, o número de relações é, de fato, menor.

Para exemplificar esta ideia, toma-se o conceito *nível microscópico*. Na **Figura 33** mostra-se um recorte das redes dos textos bruto e modificado relacionado a esse conceito.

Na rede do texto bruto, *nível microscópico* aparece relacionado a *reação direta*, *reação inversa*, *reagentes*, *produtos*, *equilíbrio químico* e *velocidade de reação*. Já no texto modificado, esse conceito aparece relacionado apenas a *reação química* e *equilíbrio químico*.

Figura 33 – Recorte das redes de conceitos dos textos bruto e modificado destacando as ligações com o conceito *nível microscópico*.

Fonte: Autor

Isso ocorreu porque, quando as proposições estavam sendo extraídas do texto bruto, verificou-se a necessidade de se tomar uma decisão: as proposições deveriam ser escritas de acordo com o que estava **literalmente** escrito pelo aluno ou de acordo com o que se percebeu que este quis dizer?

A opção foi elaborar proposições de acordo com o que **literalmente** o aluno escreveu.

O resultado obtido foi o conceito *nível microscópico* pouco ligado com os outros conceitos, porém, a partir da leitura do texto, percebe-se que o aluno entende que *nível microscópico* está relacionado com *velocidade de reação*, *reação direta* e *reação inversa*, etc. Ocorreu que não foi possível elaborar frases de ligação unindo esses conceitos, pois seria necessário incluir outros conceitos dentro da frase de ligação.

Da mesma forma como foi feito para o texto bruto, elaborou-se uma rede de conceitos envolvendo todos os conceitos relacionados a *nível microscópico* e *nível macroscópico* (**Figura 34**).

Os conceitos que aparecem ligados por linhas laranja são os que aparecem como os maiores números na rede do texto bruto (**Figura 29**). O número de relações é menor quando comparado ao texto bruto porque nem todas as relações que o *software Hamlet®* conta tem sentido real. Apesar de, na avaliação final, os alunos compreenderem melhor a relação do conceito *nível microscópico* com os outros conceitos indutores, estes não o fazem explicitamente. Conforme explicado anteriormente, optou-se por extrair proposições a partir do texto literal escrito pelo aluno e não da ideia ali presente, fazendo com que essas relações não apareçam representadas na rede.

Figura 34 – Rede macro-micro – Alunos – Avaliação final – Texto modificado.

Rede de conceitos envolvendo os conceitos *nível macroscópico* e *nível microscópico* e as relações com todos os outros conceitos indutores citados pelos alunos. Os conceitos com linhas tracejadas fazem parte da lista de conceitos indutores, porém, não foram incluídos na rede.

Fonte: Autor

Como desta vez são conhecidas as relações entre cada par de conceitos relacionado, foi elaborado um mapa conceitual (**Figura 35**) que expressa a natureza de cada relação.

Figura 35 – Mapa macro-micro – Alunos – Avaliação final.

Mapa conceitual envolvendo os conceitos *nível macroscópico* e *nível microscópico* e as relações com todos os outros conceitos indutores citados pelos alunos. Os conceitos com linhas tracejadas fazem parte da lista de conceitos indutores, porém, não foram incluídos no mapa.

Fonte: Autor

Procurou-se dispor os conceitos numa posição similar à da **Figura 25** para auxiliar a comparação das estruturas. A relação entre os conceitos *nível microscópico* e *dinâmico* não aparece neste mapa porque, buscando sempre representar fielmente o texto original escrito pelos alunos, esta ideia foi incluída em uma proposição da seguinte forma: “*nível microscópico* permite detectar o dinamismo do *equilíbrio químico*”. E como a proposição com esta ideia foi elaborada para apenas um aluno, ela não aparece no mapa visto que este busca representar o conhecimento da maioria dentro do grupo.

Vale ressaltar que o número de alunos apresentados nas estruturas das **Figuras 34 e 35** diferem um pouco, pois foram escolhidas como proposições as ideias que refletem o ponto de vista da maioria. Por exemplo, para os conceitos *equilíbrio químico* e *nível macroscópico*, a rede de conceitos mostra que foram feitas 26 relações entre esse par de conceitos. Já mapa conceitual da **Figura 35** apresenta apenas duas proposições, uma citada por um grupo de 12 alunos (-aparenta ser estático em-) e outra citada por um grupo de 8 alunos (-não pode ser caracterizado em-). Isso significa que os outros 6 alunos apresentaram uma outra ideia a respeito da relação entre esses conceitos (que não foi representada no mapa porque a intenção é destacar apenas as ideias da maioria, ou seja, as mais relevantes), ou ainda que dentro desses seis alunos constatou-se 2, 3, ou até mesmo seis ideias diferentes sobre a relação entre esses conceitos.

Como os alunos definem o equilíbrio químico segundo o nível micro: é possível verificar ocorrência de reação química, essas reações podem ser direta ou inversa, e elas também tem uma velocidade. Novamente, o número de alunos que expressa essas ideias é maior do que aparece no mapa. O problema é que eles não escreveram isso explicitamente.

Além disso e mais importante, é que a **Figura 35** permite avaliar como os alunos definem o conceito de equilíbrio químico segundo os *níveis macroscópico* (aparenta ser estático, não permite verificar reação química, é reversível, é um processo que forma produtos e reagentes, não há variação na concentração) e *microscópico* (permite verificar a ocorrência de reação química, podendo ser classificada como reação direta ou inversa, sendo que essas últimas ocorrem com a mesma velocidade).

Importante lembrar que esse mapa foi elaborado pensando apenas nas relações dos conceitos com *nível macroscópico* e *nível microscópico*. As relações entre todos os conceitos aparecem num mapa a diante.

Na **Figura 36** apresenta-se a rede do vizinho mais próximo a partir da matriz de associação da **Figura 31**.

Comparada à rede da **Figura 30**, pode-se observar que o conceito *composição* não está presente nesta rede (**Figura 36**) por não aparecer relacionado de forma significativa a nenhum outro conceito indutor. Sendo assim, não foi citado em nenhuma proposição e, conseqüentemente, não aparece nesta rede.

Figura 36 – Rede V+P – Alunos – Avaliação final – Texto modificado.

Rede de conceitos envolvendo todos os conceitos indutores e seus vizinhos mais próximos.

O conceito com linhas tracejadas faz parte da lista de conceitos indutores, porém, não foi incluído na rede.

Fonte: Autor

Outros aspectos importantes a serem destacados são: (i) da mesma forma que no texto bruto, o conceito mais próximo a *nível macroscópico* e *nível microscópico* é *equilíbrio químico*; (ii) o trio de conceitos: *velocidade de reação*, *reação direta* e *reação inversa* também aparecem como os mais próximos uns dos outros; (iii) os conceitos tracejados não aparecem na rede porque são citados pouquíssimas vezes.

O conceito composição não está presente nesta rede porque não aparece relacionado de forma significativa a nenhum outro conceito indutor e, portanto, não está representado.

Para finalizar a apresentação dos dados do **texto modificado** da avaliação final, apresenta-se o **mapa conceitual** representativo do grupo de alunos na **Figura 37**.

De acordo com a **Figura 37**, *equilíbrio químico* é definido como um processo *reversível* e *dinâmico* (destaques em azul), passível de ser caracterizado em *nível microscópico*, e aparenta ser estático em *nível macroscópico*.

Em relação aos *níveis microscópico* e *macroscópico*, observa-se que para a maioria dos alunos a *reação química* pode ser analisada no primeiro nível, mas não no segundo. E ainda a respeito da *reação química*, a classificada como direta ocorre com a mesma velocidade da inversa, estando ambas presentes no fenômeno do *equilíbrio químico*.

Como última observação, percebe-se a ideia de que os *reagentes* e *produtos* são formados e consumidos em um *equilíbrio químico*, possuem *concentração* constante e são formados com a mesma *velocidade de reação*.

Como conclusão prévia para a avaliação final, nota-se que os conceitos principais relacionados ao equilíbrio permanecem, como igualdade nas velocidades das reações direta e inversa, e o equilíbrio como sendo um processo dinâmico e reversível, além de serem citados por maior número de alunos. As relações entre conceitos envolvendo os níveis macroscópico e microscópico aparecem agora mais centradas nos conceitos equilíbrio químico e reação química.

Figura 37 – Representação do aprendizado – Avaliação final.

Mapa conceitual representativo dos alunos na avaliação final. Os conceitos com linhas tracejadas fazem parte da lista de conceitos indutores, porém, não foram incluídos no mapa.

Fonte: Autor

6.2- Livro didático – Conhecimento estabelecido

Como dito anteriormente, o trecho do livro didático estudado para representar o conhecimento estabelecido foi retirado de KOTZ (2002), e levou em consideração a apresentação do conceito de equilíbrio químico feita pelo autor. O trecho consta no capítulo 16, entre as páginas 40 e 43, do segundo volume da quarta edição.

O capítulo 16 da obra citada é intitulado “*Princípios de Reação: Equilíbrios Químicos*”. A apresentação do conteúdo faz referência ao composto $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, de cor rosa, que ao ser aquecido perde água e se torna um composto azul. Pede-se então ao leitor para imaginar que este composto esteja dissolvido em HCl , formando uma solução de cor rosa que, quando aquecida, se torna uma solução de cor azul. Porém, quando a solução é resfriada, a solução se torna rosa novamente. A equação química do processo é fornecida $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}(\text{aq}) + 4 \text{Cl}^{-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CoCl}_4^{2-}(\text{aq}) + 6 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$, e é lançada a pergunta ao leitor “Por que esta transformação é reversível?”. E é respondendo a esta questão que se introduz o conceito de equilíbrio químico.

Antes ainda de discutir o fenômeno químico mais profundamente, o autor faz uma analogia do conceito de equilíbrio ao cotidiano. Fala-se que a sociedade vive em um equilíbrio dinâmico, ou seja, que todos tentam manter relações cordiais entre si, que todos buscam um equilíbrio, mas que este pode ser facilmente rompido pelo nascimento de um bebê numa família ou pela queda da bolsa de valores, por exemplo. Após a perturbação, a tendência é que tudo volte ao normal novamente, ao estado de equilíbrio.

Inicia-se então, na primeira seção do capítulo 16, “*A natureza do estado de equilíbrio*”, a explicação do fenômeno propriamente dito. A formação das estalactites e estalagmites em cavernas é citada como exemplo de reversibilidade de reações químicas. Água contendo CO_2 dissolvido, quando em contato com calcário (CaCO_3), forma solução aquosa de íons Ca^{2+} e HCO_3^{-} . Quando essa água chega a uma caverna, há desprendimento do CO_2 e precipitação do CaCO_3 , ou seja, ocorre a reação inversa $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{HCO}_3^{-}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

Após apresentar ao leitor mais um exemplo de reação reversível, este é convidado a imaginar o fenômeno ocorrendo em um ambiente fechado. Neste caso, todos os participantes da reação química, reagentes e produtos, coexistiriam em um estado de equilíbrio:

Como se pode descrever esta condição de equilíbrio em nível molecular? Ao principiarmos a reação, no vaso fechado, somente estão presentes o Ca^{2+} e o HCO_3^- , e há uma reação, com certa velocidade, de formação dos produtos (CaCO_3 , CO_2 e H_2O). À medida que os reagentes são consumidos, a velocidade de reação diminui. Os produtos da reação, CaCO_3 , CO_2 e H_2O , se recombinaem com velocidade crescente, pois as respectivas concentrações aumentam com o tempo. Ao final de um certo tempo, a velocidade da reação direta, formação de CaCO_3 , fica igual à velocidade de reação inversa, redissolução de CaCO_3 . Quando o CaCO_3 se formar e se redissolver com a mesma velocidade, não mais se observam modificações *macroscópicas*. O sistema atingiu o equilíbrio. (KOTZ., 2002, p.41-42)

O trecho citado traz informações muito importantes a respeito do equilíbrio químico. Em um **nível microscópico** (dito nível molecular, no texto), conceitua-se reação direta como aquela que forma produtos a partir dos reagentes e, reação indireta como aquela que forma reagentes a partir dos produtos. Além disso, ressalta-se a igualdade das velocidades das reações quando se atinge o estado de equilíbrio. Já em um **nível macroscópico**, não é possível verificar modificações na reação, apesar da formação e dissolução do carbonato de cálcio acontecerem simultaneamente e ininterruptamente.

Utilizando as ideias de TALANQUER (2011) e JOHNSTONE (1982) para analisar o texto do livro didático, observa-se que o autor procura apresentar ao leitor os três níveis do ensino da química, dentro do tema equilíbrio químico: *macroscópico* – quando faz citação de fenômenos conhecidos como a formação de estalactites e estalagmites; *submicroscópico* – na referência ao fato de que as reações são dinâmicas, ou seja, reagentes formam produtos ao passo que produtos formam reagentes; e *simbólico* – quando mostra a linguagem química que traduz essas ideias, como equações e fórmulas químicas.

A primeira seção do capítulo é encerrada com mais dois exemplos de reações químicas reversíveis, reforçando a ideia de que o equilíbrio químico é dinâmico. As seções seguintes tratam da constante de equilíbrio e sua expressão matemática, do quociente reacional e do Princípio de Le Chatelier. Como em nenhuma delas os níveis macroscópico e microscópico são discutidos, a análise do trecho do livro limita-se a esta primeira parte.

O texto original do livro (**texto bruto**) foi digitado na íntegra, sendo então analisado utilizando-se o software *Hamlet*[®], gerando a matriz de associação apresentada na **Figura 38**.

Figura 38 – Matriz de associação – Livro didático – Texto bruto.

Matriz de associação elaborada a partir da análise do texto bruto do livro didático.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
composição	1																
concentração	2	0															
dinâmico	3	0	0														
direção de reação	4	0	0	0													
equilíbrio químico	5	0	4	2	0												
extensão de reação	6	0	0	0	0	0											
nível macroscópico	7	0	0	0	0	0	0										
nível microscópico	8	0	0	0	0	1	0	0									
produtos	9	0	2	0	0	2	0	0	0								
reação direta	10	0	0	0	0	2	0	0	0	0							
reação inversa	11	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4						
reação química	12	0	2	1	0	6	0	0	0	2	1	2					
reagentes	13	0	1	0	0	2	0	0	0	2	0	0	1				
reversível	14	0	0	1	0	4	0	0	0	1	0	0	3	1			
tempo de reação	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
velocidade de reação	16	0	1	0	0	2	0	1	0	2	3	3	3	1	0	0	

Fonte: Autor

Como a análise é referente a um único texto, um mesmo par de conceitos aparece poucas vezes relacionado, o que acarreta em uma matriz com valores bastante baixos. Por exemplo, o maior valor na matriz da **Figura 38** é 6 para os conceitos *equilíbrio químico* e *reação química*. Dessa forma, não foi feito corte percentual e todas as relações foram consideradas na elaboração da rede de conceitos.

A partir dos dados desta matriz, elaborou-se uma rede de conceitos (**Figura 39**), onde os números entre os conceitos relacionados representam quantas vezes estes foram citados em uma mesma frase.

Na **Figura 39**, os conceitos *direção de reação*, *extensão de reação*, *tempo de reação* e *composição*, presentes na lista de conceitos indutores, não foram citados pelo livro no trecho analisado.

Figura 39 – Rede de conceitos – Livro didático – Texto bruto.

Rede de conceitos elaborada a partir da matriz de associação da **Figura 38**. O asterisco que acompanha o número 1 na relação entre *nível microscópico* e *equilíbrio químico* se refere ao fato de o autor não utilizar o termo *nível microscópico*, mas sim *nível molecular*, como foi posto anteriormente.

Fonte: Autor

A análise desta rede permite observar que o conceito *equilíbrio químico* relaciona-se a todos os outros conceitos, pelo fato de ser o centro do tema abordado. Outros conceitos também bastante relacionados são *reação química* e *velocidade de reação*. O fato de serem bastante relacionados mostra que foram os principais conceitos escolhidos pelo autor para conceituar equilíbrio químico.

Os conceitos *nível macroscópico* e *nível microscópico* aparecem relacionados a *velocidade de reação* e *equilíbrio químico* apenas. Lembrando que esta análise é feita

para um texto bruto, da forma como foi escrito, estes níveis não se relacionam a nenhum outro conceito dentro do tema.

Os conceitos *velocidade de reação*, *reação direta* e *reação inversa* encontram-se bastante relacionados entre si, assim como *equilíbrio químico*, *reversível* e *dinâmico*.

De maneira geral, pode-se dizer que os principais conceitos, considerando o tema em questão, foram escolhidos para introduzir o equilíbrio químico.

A partir do texto bruto, foram extraídas proposições buscando reproduzir o mais fielmente possível as ideias apresentadas pelo autor. Essas proposições também foram analisadas através do software *Hamlet*[®], dando origem a uma matriz de associação (**Figura 40**). Da mesma forma que para o texto bruto, foi elaborada uma rede de conceitos (**Figura 41**) a partir da matriz da **Figura 40**.

Figura 40 – Matriz de associação – Livro didático – Texto modificado.

Matriz de associação elaborada a partir da análise do texto modificado do livro didático.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
composição	1																
concentração	2	0															
dinâmico	3	0	0														
direção de reação	4	0	0	0													
equilíbrio químico	5	0	0	2	0												
extensão de reação	6	0	0	0	0	0											
nível macroscópico	7	0	0	0	0	0	0										
nível microscópico	8	0	0	0	0	1	0	0									
produtos	9	0	1	0	0	1	0	0	0								
reação direta	10	0	0	0	0	2	0	0	0	0							
reação inversa	11	0	0	0	0	2	0	0	0	0	5						
reação química	12	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0					
reagentes	13	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0	0	1				
reversível	14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0			
tempo de reação	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
velocidade de reação	16	0	1	0	0	2	0	1	0	2	3	3	1	1	0	0	

Fonte: Autor

Figura 41 – Rede de conceitos – Livro didático – Texto modificado.

Rede de conceitos elaborada a partir da matriz de associação da **Figura 40**.

Comparando-se as **Figuras 39 e 41** percebe-se que, da mesma forma como ocorreu no caso dos alunos, o número de relações na rede do texto modificado é quase sempre menor em relação à rede do texto bruto, como é o caso das relações entre *reação química* e *equilíbrio químico* (antes 6, agora 2); *reversível* e *equilíbrio químico* (antes 4, agora 1). Em alguns poucos casos, o número de relações na rede do texto modificado é maior em relação à rede do texto bruto, como em *reação química* e *reversível* (antes 3, agora 5).

A existência dessas diferenças, já explicadas anteriormente, não são tão significativas para o texto do livro didático porque ele representa apenas um “pensamento”, diferente do caso dos alunos, onde o objetivo era representar o “pensamento” de um grupo.

Como agora é conhecida a natureza das relações entre os conceitos, elaborou-se um mapa conceitual (**Figura 42**) representativo das ideias presentes no livro didático.

A análise do mapa conceitual confirma algumas ideias prévias extraídas da rede de conceitos das **Figuras 39 e 41**. Uma delas é a de que o equilíbrio químico pode sim ser descrito em *nível microscópico* – e essa descrição envolve as outras relações presentes no mapa – e que não há modificações em *nível macroscópico* quando as velocidades das reações são iguais.

A conceituação de equilíbrio químico mostra-se bastante clara, representada pelos conceitos em azul: é um processo dinâmico que envolve uma reação química reversível.

Os conceitos destacados em rosa mostram uma tríade de conceitos também bastante importante dentro do tema: o equilíbrio químico ocorre quando as reações direta e inversa possuem a mesma velocidade.

As outras relações que aparecem no mapa são complementares e auxiliam no entendimento do assunto como um todo, como por exemplo, concentração se refere a reagentes e produtos, e estes são formados durante a reação química.

Como conclusão prévia para o livro didático, verifica-se que há poucas relações entre os conceitos nível macroscópico e microscópico com outros conceitos, até menos quando comparado à avaliação final dos alunos. Em contrapartida, aparecem relações não citadas nos outros mapas, como a reação química entrando em estado de equilíbrio, e este podendo ser explorado através dela, por exemplo.

6.3- Professor – Processo de ensino

Semelhante à maneira como foi feita a seleção do texto do livro didático, do áudio gravado das aulas e dos slides utilizados pelo professor, foram selecionados os trechos que se referiam à uma ideia geral e inicial de equilíbrio químico, além dos aspectos macroscópicos e microscópicos.

De falas do professor reproduzidas na íntegra e de outras onde apenas a ideia principal foi transcrita, foram extraídas proposições buscando refletir a ideia original apresentada pelo professor e seu material de apoio.

As referidas proposições deram origem a um mapa conceitual (**Figura 43**) representativo deste conhecimento.

A análise da **Figura 43** permite observar que, diferente do mapa do livro didático (**Figura 42**), **nível macroscópico** aparece relacionado a *reação química*, mostrando que não há transformações visíveis na reação neste nível. O mesmo ocorre para o **nível microscópico**, relacionado desta vez às *reações direta e inversa*, mostrando apenas que estas ocorrem no nível micro.

As principais relações com o conceito *equilíbrio químico*, representadas em azul, mostram este fenômeno como sendo *dinâmico* e com *reação química* que nunca se completa. Diferente do mapa do livro, que apresenta o *equilíbrio químico* como um processo *reversível*, o professor apresenta a reversibilidade relacionada à *reação química*.

Destacados em rosa, aparecem fortemente relacionados – e isolados dos outros conceitos do mapa – *reação direta* e *reação inversa* apresentando a mesma *velocidade de reação*.

Os conceitos *composição*, *extensão de reação* e *direção de reação* (destacados em verde), que não aparecem no mapa do livro, aparecem relacionados no mapa do professor. O único conceito ausente em ambos os mapas é *tempo de reação*.

Como conclusão prévia para o professor, percebe-se a inclusão de quase todos os termos excluídos das outras estruturas (linhas tracejadas), mostrando uma preocupação com a definição das principais expressões envolvidas no tema. Apesar das relações com os conceitos nível macroscópico e microscópico não serem muitas, o mapa mostra relações significativas entre os outros conceitos.

Figura 43 – Representação do processo de ensino (aulas do professor).

Mapa conceitual representativo das aulas do professor. Os conceitos com linhas tracejadas fazem parte da lista de conceitos indutores, porém, não foram incluídos no mapa.

Fonte: Autor

7- COMPARAÇÃO DAS REDES E MAPAS CONCEITUAIS

Tendo apresentado e descrito todas as estruturas elaboradas para aluno, livro e professor, o presente capítulo se destina a compará-las da seguinte maneira:

11.1 – Para os alunos, comparar as estruturas das avaliações inicial e final, de modo a obter um panorama das mudanças que ocorreram no decorrer do curso;

11.2 – Comparar o mapa conceitual dos alunos (avaliação final) com o mapa conceitual do livro didático, procurando entender quais influências um pode ter exercido sobre o outro;

11.3 – Comparar o mapa conceitual dos alunos (avaliação final) com o mapa conceitual do professor, procurando entender quais influências um pode ter exercido sobre o outro;

11.4 – Comparar o mapa conceitual do livro didático com o mapa conceitual do professor, procurando entender de que forma se complementam.

A **Figura 44** resume esse processo, fazendo inclusive alusão ao objetivo do presente trabalho:

Figura 44: Resumo do esquema de apresentação das comparações de estruturas segundo cada seção.

Fonte: Autor

7.1- Alunos (Aprendizado): Avaliação inicial X Avaliação final

Apresenta-se na sequência uma reprodução das **Figuras 19 e 28**, com o intuito de facilitar a comparação entre as **redes de conceitos** das avaliações inicial e final, ambas referente ao **texto bruto**.

Figura 19: Rede de conceitos – Alunos – Avaliação inicial – Texto bruto.

Figura 28: Rede de conceitos – Alunos – Avaliação final – Texto bruto.

A primeira diferença que se nota é que os conceitos *nível macroscópico* e *nível microscópico* apresentam-se relacionados a mais conceitos na avaliação final em comparação com a inicial. No início do curso, estes conceitos aparecem relacionados apenas a *equilíbrio químico* (16 relações cada), enquanto que ao final do curso, *nível macroscópico* também aparece relacionado a *reação química* (26 relações), e *nível microscópico* aparece com *reação direta* (16 relações), *reação inversa* (16 relações), *velocidade de reação* (18 relações), *produtos* (21 relações) e *reagentes* (21 relações).

Isso mostra que não apenas evoluiu a visão dos níveis macroscópico e microscópico do equilíbrio químico, como também o número de alunos que consegue visualizar e compreender as inúmeras relações destes conceitos com outros também importantes dentro do tema.

Duas das principais características do equilíbrio químico – reversibilidade e dinamismo – também mostram evolução quando comparadas as redes de conceitos em questão. Na avaliação inicial, há 13 relações de *equilíbrio químico* com *dinâmico* e 18 relações com *reversível*. Já na avaliação final, há 30 relações de *equilíbrio químico* com *dinâmico* e 15 com *reversível*.

Apesar do número de relações entre *equilíbrio químico* e *reversível* ter diminuído, nota-se um aumento entre *reação química* e *reversível* (de 13 para 16) quando comparadas as avaliações. Isso pode indicar que houve apenas uma mudança na forma de se expressar, ou seja, da maneira como o texto está escrito agora, *reação química* e *reversível* aparecem na mesma frase, quando antes apareciam juntos *equilíbrio químico* e *reversível*.

Outro aspecto também bastante interessante na comparação destas redes é a tríade de conceitos *reação direta* – *reação inversa* – *velocidade de reação*, também ter o número de citações bastante elevado (18 e 41 para 32 e 43).

Levando-se em consideração apenas estas duas redes, conclui-se que houve grande evolução do entendimento dos conceitos básicos do equilíbrio químico, quando se compara o início e o final do curso, pois a rede final é mais complexa, possui mais relações, além do número de alunos que faz essas relações também ser maior.

A próxima comparação é entre as **redes macro-micro**, referentes ao **texto bruto**, das avaliações inicial e final, apresentadas previamente como **Figuras 20 e 29**. A comparação anterior permitiu concluir que os conceitos *nível macroscópico* e *nível*

microscópico foram mais relacionados a outros conceitos ao final do curso. A presente comparação permite compreender melhor como se deu essa evolução.

Figura 20: Rede macro-micro – Alunos – Avaliação inicial – Texto bruto.

Figura 29: Rede macro-micro – Alunos – Avaliação final – Texto bruto.

Percebe-se que, tanto no início quanto ao final do curso, quase todos os conceitos aparecem ligados a *nível macroscópico* e *nível microscópico*, porém, com relações pouco citadas pelos alunos (números bastante baixos). Ao final do período, a grande maioria das relações tem aumentado seu número de citações, porém, os números continuam bastante baixos.

As relações que se destacam na comparação entre esses períodos do curso são exatamente aquelas que aparecem na rede de conceitos da avaliação final (**Figura 28**), ou ainda na **Figura 29** com linhas mais grossas: *nível macroscópico* com

equilíbrio químico e reação química; nível microscópico com equilíbrio químico, reação direta, reação inversa, velocidade de reação.

A comparação das redes macro-micro, além de confirmar as observações feitas anteriormente, permite visualizar detalhadamente quais relações mudaram ou se tornaram mais significativas.

Para finalizar as comparações utilizando o **texto bruto**, seguem as **redes de vizinho mais próximo (V+P)** elaboradas para as avaliações inicial e final, apresentadas previamente como **Figuras 21 e 30**.

Figura 21: Rede V+P – Alunos – Avaliação inicial – Texto bruto.

Figura 30: Rede V+P – Alunos – Avaliação final – Texto bruto.

Os vizinhos mais próximos de conceitos importantes como *nível macroscópico*, *nível microscópico*, *reação química*, *dinâmico* e *reversível*, continuam sendo o conceito equilíbrio químico quando comparadas as avaliações inicial e final. Porém, como os números aumentam, pode-se dizer que essas relações são mais fortes na avaliação final, ou seja, os conceitos estão mais próximos.

Esta comparação entre redes é útil porque reforça uma hipótese citada anteriormente: na avaliação final, os conceitos que se mantiveram na mesma frase foram *reação química* e *reversível* ao invés de *equilíbrio químico* e *reversível*. Tanto isso é verdadeiro que na **Figura 30** o vizinho mais próximo de *reversível* aparece como *reação química*.

Finalizada a análise para o texto bruto, apresenta-se na sequência as **Figuras 23 e 32**, referentes às **redes de conceitos** das avaliações inicial e final, ambas fazendo referência ao **texto modificado**.

Na avaliação inicial, os *níveis macroscópico* e *microscópico* aparecem ligados apenas a *equilíbrio químico*, enquanto que, na avaliação final, ligam-se também a *reação química*.

A relação entre *equilíbrio químico* e *dinâmico* aumenta consideravelmente – de 22 para 35, e o conceito *reversível*, que antes aparecia relacionado à *equilíbrio químico* e *reação química*, aparece na avaliação final relacionado apenas à *equilíbrio químico*.

Apesar da comparação entre as redes do texto bruto mostrarem que os conceitos *reação química* e *reversível* se tornaram mais próximos na avaliação final, a rede da **Figura 32** mostra que a melhor forma de expressar a reversibilidade do fenômeno (de dar sentido à natureza da relação entre os conceitos) é fazendo referência ao *equilíbrio químico* e não à *reação química*.

A tríade de conceitos *reação direta* – *reação inversa* – *velocidade de reação* também aparece nessas redes, sendo que os valores são maiores para a avaliação final.

As redes de conceitos elaboradas a partir do texto modificado reforçam as ideias apresentadas nas redes de conceitos para o texto bruto. A grande diferença é que, como as primeiras foram obtidas a partir de um texto formado por proposições, a natureza das relações é conhecida, o que possibilita a elaboração de um mapa conceitual, como visto anteriormente.

Figura 23: Rede de conceitos – Alunos – Avaliação inicial – Texto modificado.

Figura 32: Rede de conceitos – Alunos – Avaliação final – Texto modificado.

Dando sequência às comparações do **texto modificado**, apresenta-se as **redes macro-micro** das avaliações inicial e final, previamente apresentadas como **Figuras 24 e 34**.

Figura 24: Rede macro-micro – Alunos – Avaliação inicial – Texto modificado.

Figura 34: Rede macro-micro – Alunos – Avaliação final – Texto modificado.

Tanto na avaliação inicial quanto na final, *nível macroscópico* não se relaciona a *dinâmico*, *reação direta*, *reação inversa* e *velocidade de reação*. Dos outros conceitos, com os quais se relaciona, o único que muda o número de relações significativamente é *reação química* (de 5 para 10).

O mesmo ocorre para o *nível microscópico* com *reação química*, tendo-se o número de relações aumentado de 2 para 7. Isso pode indicar que os alunos, ao final do curso, compreendem que é possível verificar a ocorrência de equilíbrio químico,

sob os níveis macroscópico e microscópico, observando a reação química. Porém, essa hipótese só pode ser confirmada analisando o mapa conceitual correspondente.

Para tanto, apresenta-se na sequência as **Figuras 25 e 35** representando os **mapas macro-micro** referentes às avaliações inicial e final.

De fato, confirmando a hipótese levantada anteriormente para a avaliação final, os alunos apresentam a ideia de que os *níveis macroscópico e microscópico* permitem verificar a ocorrência de *reação química*.

Apesar dos números de relações serem bastante baixos em ambos os mapas, algumas relações interessantes se destacam, como por exemplo, o fato do *equilíbrio químico* parecer estático em *nível macroscópico* aumentar de 9 para 12, comparando as avaliações inicial e final.

Outra observação interessante é o fato de algumas relações com *nível microscópico* tornarem-se menos vagas ao final do curso. Na avaliação inicial, tem-se que *reação direta* e *reação inversa* ocorrem em *nível microscópico*, ao passo que na avaliação final, o nível microscópico permite detectar ocorrência simultânea das *reações direta e inversa*.

Um último aspecto relevante nesta comparação é que a natureza de algumas relações é bastante diferente. A ideia de que o *nível macroscópico* permite observar alteração na *concentração* aparece na avaliação inicial, enquanto que na final, tem-se que o *nível macroscópico* permite verificar que não há variações de *concentração*. Outro exemplo, é a citação da *reação química* que para de acontecer em *nível macroscópico*, na avaliação inicial, e a impossibilidade de verificar a ocorrência de *reação química* nesse mesmo nível, na avaliação final.

A comparação destes dois mapas permite verificar que, apesar de para poucos alunos (números bastante baixos), houve evolução tanto na capacidade de relação entre os conceitos como na natureza destas mesmas relações, chegando até mesmo a corrigir alguns erros conceituais.

Seguindo com as comparações para o **texto modificado**, apresenta-se as **redes de vizinho mais próximo (V+P)** para as avaliações inicial e final, apresentadas anteriormente como **Figuras 26 e 36**.

Na avaliação inicial percebe-se uma relação bastante forte entre *reação química* e *reversível*, que muda posteriormente para *reação química – nível macroscópico* e *reversível – equilíbrio químico* na avaliação final. Isso confirma o que foi dito anteriormente, ou seja, a interpretação dos textos de fato relaciona melhor o conceito *reversível* a *equilíbrio químico* do que a *reação química* ao final do curso.

É também relevante ressaltar que a tríade de conceitos “*reação direta – reação inversa – velocidade de reação*”, já fortemente relacionada na avaliação inicial, recebe um “reforço” no final, pois há aumento significativo nos números que refletem a proximidade dos conceitos.

Figura 26: Rede V+P – Alunos – Avaliação inicial – Texto modificado.

Figura 36: Rede V+P – Alunos – Avaliação final – Texto modificado.

Nota-se uma rede mais abrangente na **Figura 26**, onde os conceitos relacionam-se uns aos outros, do que na **Figura 36**, onde a grande maioria dos conceitos relaciona-se a *equilíbrio químico* apenas. Apesar da segunda rede de conceitos parecer mais concentrada em apenas um conceito, os números são maiores, ou seja, os conceitos estão mais próximos, sugerindo que os alunos apresentaram textos mais diretos e concretos, sem muita divagação.

Para finalizar a comparação dos dados obtidos para os alunos, seguem os **mapas conceituais**, representativos do Aprendizado, para as avaliações inicial e final (**Figuras 27 e 37**).

Figura 27: Representação do aprendizado – Avaliação inicial.

Figura 37: Representação do aprendizado – Avaliação final.

De maneira geral, como os alunos definem o *equilíbrio químico* ao início do curso: é *reversível* (7), é *dinâmico* (22), pode ser analisado em *nível macroscópico*

(15) e em *nível microscópico* (23), parece estático em *nível macroscópico* (9). Já ao final do curso: é *reversível* (14), é *dinâmico* (32), não pode ser caracterizado em *nível macroscópico* (8), pode ser caracterizado em *nível microscópico* (19), parece estático em *nível macroscópico* (12).

A partir dessas observações, percebe-se que duas das características mais importantes a respeito do equilíbrio químico são reforçadas durante o curso: reversibilidade (de 7 para 14) e dinamismo (de 22 para 32). Em relação aos níveis macroscópico e microscópico, o grupo de alunos afirma no início que é possível caracterizar o equilíbrio em ambos os níveis, porém, ao final, essa caracterização é possível apenas para o nível microscópico. Apesar desta negação, aparece a ideia de que o equilíbrio é estático no nível macroscópico, o que justifica o fato de não poder ser caracterizado.

Outro fator interessante, é que na avaliação final o conceito reação química aparece ligado a ambos os níveis, com a ideia de que é possível verificar sua ocorrência no microscópico e não no macroscópico (7 citações para cada relação). Na avaliação inicial, a reação química foi entendida como interrompida no nível macroscópico (4 alunos). Isso mostra que houve avanço no entendimento desta questão e a reparação de um erro conceitual.

Para finalizar esta análise, nota-se que *reação direta – reação inversa – velocidade de reação* possuem desde o início uma relação conceitualmente correta, ou seja, ambas as reações ocorrem com a mesma velocidade no equilíbrio. Observa-se que essa ideia é reforçada ao final do curso, pois o número de alunos que a cita sobe de 29 para 34).

Como conclusão dos dados obtidos para os alunos, acredita-se que houve evolução no entendimento dos conceitos envolvendo o equilíbrio químico, pois ao final do curso a natureza das relações entre os conceitos foi mais significativa, além de abranger um maior número de alunos e de ocorrer a correção de alguns erros conceituais, como mostrado anteriormente.

7.2- Alunos (Aprendizado) X Livro didático (Conhecimento estabelecido)

Apresenta-se na sequência uma reprodução das **Figuras 37 e 42**, com o intuito de facilitar a comparação entre os **mapas conceituais** representativos do *Aprendizado* e do *Conhecimento estabelecido*.

O livro utiliza algumas relações para definir o equilíbrio químico que aparecem de forma significativa no mapa conceitual dos alunos: fenômeno reversível e dinâmico, além de poder ser descrito em nível microscópico. Além disso, o livro acrescenta ideias interessantes ausentes no mapa dos alunos: o equilíbrio químico pode ser explorado através de uma reação química, e esta atinge um estado de equilíbrio químico, a reação química também é um processo reversível.

Há na **Figura 42** uma relação entre nível macroscópico e velocidade de reação, onde o primeiro não apresenta modificações quando há igualdade no segundo. Esta ideia não aparece desta forma na **Figura 37**, mas faz, de certa forma, referência ao fato dos alunos citarem que o equilíbrio parece estático no nível macroscópico.

Ambos os mapas fazem referência à relação entre reagentes, produtos e equilíbrio, de forma que, no livro, reagentes e produtos atingem um estado de equilíbrio, e para os alunos, reagentes e produtos são formados e consumidos continuamente em um equilíbrio químico.

E como últimas observações, da mesma forma que no mapa dos alunos, o livro cita a importância da relação entre reação direta e inversa ocorrerem com a mesma velocidade. Além disso, os mesmos conceitos que não foram incluídos no primeiro mapa, também ficaram de fora no segundo.

Como conclusão da comparação entre o grupo de alunos e o livro didático, acredita-se que os mapas são semelhantes, sendo que o mapa do livro faz mais relações que o mapa dos alunos. Muitas das relações presentes no mapa do livro aparecem no dos alunos, o que sugere que uma boa leitura produziu resultados positivos em relação ao aprendizado dos conceitos relacionados ao equilíbrio químico.

7.3- Alunos (Aprendizado) X Professor (Processo de ensino)

Apresenta-se na sequência uma reprodução das **Figuras 37 e 43**, com o intuito de facilitar a comparação entre os **mapas conceituais** representativos do *Aprendizado* e do *Processo de ensino*.

O primeiro fator que chama a atenção é que o mapa do professor cita três dos conceitos que ficaram de fora das outras estruturas: composição, extensão de reação e direção de reação. Todos relacionados a equilíbrio químico de maneira bastante simples.

Figura 37: Representação do aprendizado – Avaliação final.

Figura 43: Representação do processo de ensino (aulas do professor).

O segundo fator é que reação direta e inversa, além de aparecerem relacionadas a velocidade de reação, aparecem também com nível microscópico; relação essa que não aparece em nenhum outro mapa.

No mapa do professor, quem aparece com um caráter reversível é a reação química, ao invés do equilíbrio químico, como aparece no mapa dos alunos. Além disso, há a ideia de que a reação química não se completa no equilíbrio,

complementando essa ideia de reversibilidade. Por outro lado, os dois mapas citam que o equilíbrio é dinâmico.

Ambos os mapas citam relações parecidas em relação à reação química e o nível macroscópico. Para os alunos, o nível macroscópico não permite verificar a ocorrência de reação química, e para o professor, a reação química não sofre transformações visíveis em nível macroscópico.

Como conclusão da comparação entre o grupo de alunos e o professor, acredita-se que o segundo é bem mais complexo que o primeiro, relacionando mais conceitos e com proposições de natureza mais significativa. Porém, as ideias mais importantes relacionadas ao tema, que claramente estão presentes no mapa do professor, aparecem também no mapa dos alunos, sugerindo que estes últimos utilizaram as ideias apresentadas na aula, e conseguiram implementar as principais em sua estrutura de conhecimento.

7.4- Livro didático (Conhecimento estabelecido) X Professor (Processo de ensino)

Apresenta-se na sequência uma reprodução das **Figuras 42 e 43**, com o intuito de facilitar a comparação entre os **mapas conceituais** representativos do *Aprendizado* e do *Processo de ensino*.

Ambos os mapas apresentam o equilíbrio químico como sendo dinâmico. Em relação à reversibilidade, o mapa do livro faz relação com o conceito de equilíbrio e reação química, enquanto que o mapa do professor apenas com reação química.

Os conceitos nível macroscópico e nível microscópico apresentam abordagens bastante diferentes nos dois mapas. Para o livro didático, o equilíbrio pode ser descrito em nível microscópico, e o nível macroscópico não apresenta modificações quando há igualdade na velocidade de reação. Já para o professor, as reações direta e inversa ocorrem em nível microscópico, e a reação química não sofre transformações visíveis em nível macroscópico.

Ainda sobre o mapa do professor, o conceito velocidade de reação está relacionado apenas às reações direta e inversa, e estas apenas a nível microscópico. O mapa do livro vai um pouco mais além, relacionando as reações direta e inversa como ocorrendo continuamente no equilíbrio químico, o equilíbrio existindo quando há

Figura 42: Representação do conhecimento estabelecido (livro didático).

O diagrama ilustra a estrutura do conhecimento estabelecido sobre reações químicas, organizado em dois níveis: **nível macroscópico** e **nível microscópico**.

Nível macroscópico:

- concentração** (retângulo branco) refere-se a **reagentes** (retângulo branco) e **produtos** (retângulo branco).
- produtos** são formados com uma certa **forma** (retângulo branco).
- reagentes** avançam a partir dos **produtos**.
- reagentes** atingem um estado de **equilíbrio químico** (retângulo branco).
- produtos** também atingem um estado de **equilíbrio químico**.
- reagentes** e **produtos** são formados com uma certa **forma** (retângulo branco).
- reagentes** e **produtos** são formados com uma certa **forma** (retângulo branco).
- reagentes** e **produtos** são formados com uma certa **forma** (retângulo branco).

Nível microscópico:

- reação química** (retângulo azul) é **reversível** (retângulo azul).
- reação química** pode ser explorado através de **reversível**.
- reação química** atinge estado de **equilíbrio químico**.
- reação química** ocorre quando há igualdade de **velocidade de reação** (retângulo rosa) e **equilíbrio químico**.
- reação química** possuem a mesma **velocidade de reação** e **equilíbrio químico**.
- reação química** ocorrem continuamente em um **equilíbrio químico**.
- reação química** é **dinâmico** (retângulo azul).
- reação química** pode ser descrito em **equilíbrio químico**.

Relações entre os níveis:

- concentração** não apresenta modificações quando há igualdade na **velocidade de reação**.
- produtos** são formados com uma certa **forma** (retângulo branco).
- reagentes** avançam a partir dos **produtos**.
- reagentes** atingem um estado de **equilíbrio químico**.
- produtos** também atingem um estado de **equilíbrio químico**.
- reagentes** e **produtos** são formados com uma certa **forma** (retângulo branco).
- reagentes** e **produtos** são formados com uma certa **forma** (retângulo branco).
- reagentes** e **produtos** são formados com uma certa **forma** (retângulo branco).

Características da reação:

- tempo de reação** (retângulo tracejado)
- direção de reação** (retângulo tracejado)
- extensão de reação** (retângulo tracejado)
- composição** (retângulo tracejado)

O diagrama de conceitos apresenta a seguinte estrutura:

- Reação química** (central) conecta-se a:
 - reversível** (via "é")
 - nível macroscópico** (via "não sofre transformações visíveis em")
 - produtos** (via "ocorre no sentido de formação de ambos")
 - reagentes** (via "não se esgotam durante a")
 - equilíbrio químico** (via "não se completa em um")
- Equilíbrio químico** conecta-se a:
 - composição** (via "não sofre mudanças em um")
 - extensão da reação** (via "não se completa no")
 - direção de reação** (via "pode ser prevista em um")
 - concentração** (via "é constante no")
 - dinâmico** (via "possui caráter")
 - reagentes** (via "transformam-se um no outro em um/coexistem no")
 - velocidade de reação** (via "possuem constante sua")
- Produtos** e **Reagentes** conectam-se mutuamente e a:
 - reação direta** (via "possuem a mesma")
 - reação inversa** (via "possuem a mesma")
 - velocidade de reação** (via "possuem a mesma")
- Reação direta** e **Reação inversa** conectam-se a:
 - nível microscópico** (via "ocorrem em")
 - tempo de reação** (via "tempo de reação", em uma caixa tracejada)

Como conclusão da comparação entre o mapa do livro e do professor, acredita-se que ambos são complementares, ou seja, os dois trazem as informações básicas mais importantes a respeito do tema além de outras que enriquecem o entendimento do fenômeno do equilíbrio químico. O interessante é que estas informações “a mais” são diferentes nos dois mapas. Em outras palavras, uma união entre o mapa do livro e o do professor resultaria em um mapa conceitual do equilíbrio químico muito rico e esclarecedor.

8- CONCLUSÕES FINAIS

O presente trabalho encarregou-se de elaborar estruturas, como redes e mapas conceituais, como objetivo de representar as principais relações entre os conceitos relacionados aos aspectos macroscópicos e microscópicos do equilíbrio químico para um grupo de alunos.

De maneira geral, redes de conceitos são formas de apresentar dados, procurando representar graficamente como determinados termos encontram-se relacionados e quantificar essa relação. Como demonstrado na pesquisa, representar esses dados na forma de uma rede de conceitos, facilita observar, por exemplo, quais são conceitos centrais, ou seja, aqueles que mais se relacionam com outros conceitos, e a proximidade entre os mesmos, observando os maiores números. Essa representação também facilita a comparação entre grupos de alunos, nesse caso, permitindo obter um perfil de uma turma a respeito de determinado tema discutido em sala de aula. Além de todos esses benefícios, obter uma rede de conceitos é relativamente rápido.

Mapas conceituais foram idealizados por Novak e seus colaboradores, tomando como base a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, visando representar a estrutura do conhecimento de um indivíduo. A estrutura é parecida com a de uma rede conceitual, porém, sobre a linha que une cada par de conceitos relacionado, é escrita uma frase curta e simples - denominada frase de ligação - que explica a tal relação. Além de todas as vantagens já citadas para a utilização da rede de conceitos, o mapa conceitual vai além, justamente por explicar a natureza da relação entre os pares de conceitos.

À primeira vista, pode parecer simples elaborar um mapa conceitual. Porém, como foi mostrado no decorrer deste trabalho, um bom mapeador necessita domínio da ferramenta e fluência em uma linguagem bastante específica. Pensando nisso, nosso grupo de pesquisa vem trabalhando na transformação de textos em redes e mapas conceituais de forma que o aluno escreve um texto (algo que já está bastante acostumado a fazer) e nós traduzimos as informações para redes e mapas. Dessa forma não há necessidade de preparar os alunos para serem bons mapeadores, apenas os pesquisadores do grupo.

Baseando-se na tríade de Gowin e partindo do princípio que um professor elabora sua aula respaldado em um livro didático, e o aluno discute novos conceitos

com o professor e utiliza o livro didático sugerido pelo mesmo como fonte de estudos, o objetivo deste trabalho foi o de utilizar redes e mapas conceituais para representar o que os alunos aprenderam durante um curso de Química Geral a respeito dos níveis macroscópicos e microscópicos relacionados ao equilíbrio químico, citado aqui como APRENDIZADO, para representar o que foi abordado em sala de aula pelo docente da disciplina - PROCESSO DE ENSINO -, e finalmente para representar o está escrito no livro didático sugerido professor - CONHECIMENTO ESTABELECIDO -, dentro do mesmo tema.

Vale ressaltar que a presente pesquisa levou em consideração apenas a aula do professor e o livro didático para comparação das estruturas de conhecimento com a dos alunos. Não são foram levadas em consideração outras fontes de estudo e discussão.

O texto que serviu de base para a elaboração das redes e mapas conceituais referente ao grupo de 43 ALUNOS, originou-se a partir de um questionário que foi entregue a eles no início (avaliação inicial) e ao final do curso (avaliação final), solicitando que caracterizassem um sistema em equilíbrio químico sob os pontos de vista microscópico e macroscópico. Para isso, eles poderiam utilizar uma lista de conceitos previamente selecionados (conceitos indutores), ou outros conceitos que julgassem necessários. Os conceitos indutores serviram de base para a elaboração das redes e mapas.

Já para o LIVRO DIDÁTICO, o texto base foi retirado do livro "Química e Reações Químicas" (KOTZ, 2002), onde o capítulo analisado foi aquele que introduz o conceito de equilíbrio químico, onde os primeiros conceitos são apresentados para o aluno e a ideia de equilíbrio é discutida.

Por fim, para o PROFESSOR, áudio e slides utilizados em aula foram em conjunto analisados, gerando um texto base que deu origem posteriormente ao mapa conceitual.

Os textos coletados foram divididos em dois grupos: texto bruto e texto modificado. O texto bruto fez referência ao texto original, sem alterações de conteúdo, tal qual como o autor o escreveu. As únicas modificações feitas foram a retirada dos acentos (visto que o software utilizado foi desenvolvido em inglês) e o uso de hífen para conceitos com mais de uma palavra, como por exemplo reacao-quimica. Já o texto modificado referiu-se à interpretação do texto, reescrito na forma de proposições,

ou seja, "conceito indutor + frase de ligação + conceito indutor", visando a elaboração do mapa conceitual.

Para transformar todos estes textos em redes e mapas, utilizou-se primeiramente o software Hamlet 3.1. Fornecendo uma lista de conceitos (no caso, os conceitos indutores) e uma unidade de texto (no caso, a frase), o programa contou quantas vezes determinado par de conceitos foi citado numa mesma frase. Esses dados foram dispostos em uma matriz de associação onde o número zero indica que determinado par de conceitos não apareceu junto em nenhuma frase, e o número um que apareceu uma vez. Como os textos dos 43 alunos foram analisados em conjunto, pois o objetivo era ter um panorama geral sobre o grupo de alunos, os valores da matriz foram muitas vezes superiores a um. Como demonstrado, a matriz de associação permitiu facilmente que seus dados fossem organizados em forma de rede de conceitos ou então, conhecendo-se a natureza da relação entre pares de conceitos, em forma de mapa conceitual.

Vale deixar claro que nem todas as relações da matriz de associação foram representadas nas redes e mapas. Apenas os aproximadamente 25% maiores valores (percentual que varia de uma rede para outra) de relações foram representados nas estruturas. Isso ocorreu porque ficaria difícil extrair conclusões baseadas em uma rede onde todos os conceitos se encontrassem ligados a todos. Foi preciso criar um "filtro" que mostrasse apenas as relações que mais apareceram, como é o caso do corte percentual de aproximadamente 25%. Dependendo de cada caso, dos conceitos considerados importantes estarem ou não presentes nas estruturas, esse corte pode aumentou ou diminuiu.

Uma questão importante foi apresentada durante a apresentação da metodologia, na seção 5.6, onde foram levantadas duas perguntas plausíveis. Uma delas era a respeito do porquê de se elaborar redes de conceitos além dos mapas conceituais. Espera-se que, após a vasta discussão aqui realizada, tenha ficado claro para o leitor que redes de conceitos de texto bruto são fáceis e rápidas de serem obtidas. Como mostrado amplamente nesta pesquisa, elas servem para uma compreensão abrangente de como são as principais e mais frequentes relações entre conceitos de um grupo de alunos, tornando-as bastante úteis para utilização em cursos de qualquer natureza.

A segunda pergunta era a respeito do porquê de se elaborar o mapa conceitual a partir de proposições extraídas do texto e não a partir da rede de conceitos do texto

bruto. Apesar das redes darem uma ótima noção de como estão relacionados os conceitos para um determinado grupo de alunos, elas apenas relacionam os conceitos que foram escritos juntos em uma unidade de texto, no caso desta pesquisa, a frase. Para a compreensão da natureza da relação entre dois conceitos, o mapa conceitual é necessário.

Entende-se, portanto, que a metodologia descrita mostrou-se bastante útil para elaborar redes e mapas conceituais representativos das ideias do grupo de alunos, livro didático e aulas do professor. Facilitou também a compreensão da evolução dos alunos durante a disciplina, e posteriormente a comparação das estruturas para o entendimento da dinâmica do processo de ensino e aprendizado.

A respeito das comparações de estruturas, inicia-se pelo desempenho apresentado pelos alunos antes do início das aulas (avaliação inicial) e após o término das mesmas (avaliação final) (**Figuras 27 e 37**). É visível na comparação dos mapas que houve evolução na compreensão de conceitos envolvendo o tema equilíbrio químico, e também a respeito das visões macroscópicas e microscópicas. Exemplo disso é a comparação das ideias no início do curso: "o equilíbrio químico pode ser analisado em nível macroscópico e microscópico; e ao final do curso: "o equilíbrio químico não pode ser caracterizado em nível macroscópico, mas pode em nível microscópico". Esse processo fica evidente quando se analisa clareza, teor da natureza, assim como o aumento no número de relações (do início para o final do curso, a definição de equilíbrio como um processo reversível passa de 7 para 14, e como um processo dinâmico passa de 22 para 32).

Outra questão também observada é o fato da reação química aparecer ligada tanto ao nível macroscópico quanto ao microscópico ao final do curso, enquanto que no início havia a ideia de que a reação química era interrompida em nível macroscópico, demonstrando assim um avanço na compreensão desses conceitos. Além disso, notou-se também uma correta compreensão da relação entre três conceitos fundamentais no entendimento do equilíbrio químico: reação direta, reação inversa, e velocidade de reação. Desde o início do curso aparece a ideia de que no equilíbrio químico ambas as reações ocorrem com a mesma velocidade.

Em relação aos alunos e o livro didático (**Figuras 37 e 42**), este último apresenta ideias um pouco mais complexas que o primeiro, tais como o equilíbrio químico poder ser explorado através de uma reação química, esta ser aquela que atinge um estado de equilíbrio, o equilíbrio ser um fenômeno reversível e dinâmico, podendo inclusive

ser descrito em nível microscópico. Além disso, o livro também traz a ideia de que o equilíbrio pode ser explorado através de uma reação química, que atinge um estado de equilíbrio e é reversível.

Em relação aos conceitos básicos do tema, pode-se dizer que, de certa forma, os mapas conceituais são semelhantes, pois ambos fazem referência à não observação de modificações em nível macroscópico quando há igualdade na velocidade da reação, além de relacionarem reagentes e produtos ao estado de equilíbrio, ou seja, substâncias que são formadas e consumidas continuamente neste estado.

Comparando-se alunos e professor (**Figuras 37 e 43**), a primeira característica que chamou a atenção foi o fato dos conceitos excluídos de todas as estruturas (composição, extensão e direção de reação) estarem presentes no mapa do professor. Além disso, o professor relaciona velocidade de reação com nível microscópico, relação esta inexistente em qualquer outra estrutura. Ambos os mapas apresentam a ideia de reversibilidade e dinamismo, características essenciais dentro do entendimento do tema equilíbrio químico.

De maneira geral, o mapa do professor se mostra mais complexo e completo que o mapa dos alunos, porém, nota-se que a apresentação dos conceitos básicos do tema está presente em ambos, tais como: a concentração se manter constante e produtos e reagentes existirem simultaneamente no equilíbrio químico, sendo esta última relação citada por mais de 50% dos alunos. Assim, pode-se dizer que há a possibilidade da aula do professor ter sido significativa para o aprendizado do tema.

Finalmente, em relação ao mapa do livro com o do professor (**Figuras 42 e 43**), percebe-se que ambos são complementares, apresentando ideias ricas e esclarecedoras além das relações básicas entre os conceitos que são imprescindíveis para a compreensão do tema. Algumas delas são o dinamismo e a reversibilidade do equilíbrio químico e da reação química, e reação direta e inversa ocorrendo com a mesma velocidade.

Algumas abordagens em relação aos níveis macroscópico e microscópico feitas de maneira um pouco distintas, como para o livro didático, o equilíbrio poder ser descrito em nível microscópico, e o nível macroscópico não apresentar modificações quando há igualdade na velocidade de reação, enquanto que para o professor, as reações direta e inversa ocorrerem em nível microscópico, e a reação química não

sofrer transformações visíveis em nível macroscópico, dão a sensação de complementariedade entre as duas estruturas.

Outro exemplo que também vai de encontro a essa ideia, é o fato do mapa do livro ir um pouco mais além na relação entre os conceitos velocidade de reação, reação direta e reação inversa. Enquanto que o professor apresenta apenas a ideia de que esta relação só pode ser verificada em nível microscópico, o livro relaciona esses conceitos ao equilíbrio químico (reações que ocorrem continuamente neste estado) e mais, citando que quando a velocidade é constante, não há modificações perceptíveis em nível macroscópico.

Espera-se ter ficado claro para o leitor que, como proposto pelo presente trabalho, o conhecimento se dá através da exposição e discussão de ideias (professor), da pesquisa e estudo através de um material significativo (livro didático), e todas as concepções presentes nesses dois instrumentos se fundem, criam significado, e tomam forma como aprendizado (alunos). Através do caso analisado foi possível perceber como se deu a evolução de um conhecimento comparando-se o início e o término de um curso, além das diferenças e similaridades da representação do conhecimento de um grupo de alunos, das aulas de um professor e de um livro didático recomendado no curso citado.

Conclui-se finalmente que a metodologia aqui apresentada é útil para analisar as concepções que um grupo de alunos tem sobre determinado tema, tanto de maneira superficial – utilizando redes de conceitos – como de maneira mais aprofundada – utilizando mapas conceituais, assim como sua evolução após o término de uma disciplina. Além disso, mostrou-se também bastante interessante para verificar as contribuições e relações entre essa aprendizagem com o que é exposto durante uma aula e o material didático que se sugere como fonte de estudo.

REFERÊNCIAS

1. AGUIAR, J. G.; CORREIA, P. R. M. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.13, n.2, p. 141-157, 2013.
2. AUSUBEL, D. P. **Educational Psychology: A Cognitive View**. New York: Holt, Rinehart and Winston. 1968.
3. AUSUBEL, D. P. The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers (2000).
4. BASTOS, F. Construtivismo e ensino de ciências, em: Nardi, R. (org.), *Questões atuais do ensino de ciências*, série: **Educação para a ciência** n. 2, Escrituras Editora, 1998, p. 9-25.
5. BRIER, A.; HOPP, B. **Quantitative Analysis of Textual Data with HAMLET II 3.0 for Windows: A Multidimensional Scaling Approach to Quantitative Textual Analysis**. 2011. Tutorial sobre o funcionamento do programa. Disponível em: <http://apb.newmdsx.com/hamlet23.pdf>. Acesso em 17 de fevereiro de 2016.
6. CAVALCANTI, R. R. G.; MAXIMIANO, F. A. **Aprimorando la Técnica de Análisis Estructural de Mapas Conceptuales con el Objetivo de Obtener un Mapa Representativo de un Grupo de Estudiantes**. In: Fourth International Conference on Concept Mapping, 2010, Viña del Mar. Concept Maps: Making Learning Meaningful; Concept Maps: Proc. of Fourth Int. Conference on Concept Mapping. Santiago de Chile: Lom Ediciones S. A., 2010. v. 2. p. 11-14.
7. CAVALCANTI, R. R. G.; MAXIMIANO, F. A. **Observando los Cambios en la Comprensión de un Grupo de Estudiantes Sobre el Tema Equilibrio Químico Utilizando Mapas Conceptuales**. In: Fifth International Conference on Concept Mapping, 2012, Valletta. Concept Maps: Theory, Methodology, Technology,

Proceedings of the Fifth International Conference on Concept Mapping. Valletta: Veritas Press, 2012. v. 3. p. 174-178.

8. CLARIANA, R. B. **ALA-Reader**. Disponível em: <http://www.personal.psu.edu/rbc4/score.htm> (2004). Acesso em 17 de fevereiro de 2016.
9. CLARIANA, R. B. Deriving individual and group knowledge structure from network graphs and from essays. In: IFENTHALER, D. et al. (eds.), **Computer-Based Diagnostics and Systematic Analysis of Knowledge**, 2010a, p. 117-130.
10. CLARIANA, R. B.; WALLACE, P. A Computer-based approach for deriving and measuring individual and team knowledge structure from essay questions. **Journal of Educational Computing Research**, v. 37, n. 3, p. 211-227, 2007.
11. CmapTools: knowledge modeling kit. Produced by Institute for Human and Machine Cognition. 2014. Version 5.06. Disponível em: <http://cmap.ihmc.us>. Acessado em: 17 de fevereiro de 2016.
12. GOMES, J. N. **Da Química Geral à Química Analítica: O Processo de Ensino e Aprendizagem do Conceito de Equilíbrio Químico**. 2013. 200f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – modalidade Ensino de Química). Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
13. GOMES, J. N.; AGUIAR, J. A.; MAXIMIANO, F. A. **Concepções alternativas sobre mudanças do estado de equilíbrio químico no ensino superior**. In: XV Encontro Nacional de Ensino de Química, 2010, Brasília - DF. Anais, 2010.
14. GOMES, J. N.; MAXIMIANO, F. A. **O que aprendem os ingressantes de um curso de graduação em química a respeito do equilíbrio químico?** In: VIII ENPEC -Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências e I CIEC - Congresso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, 2011, Campinas. Anais, 2011.

15. GOWIN, D. B. **Educating**. Cornell University Press, 1981, 210p.
16. JOHNSTONE, A. H. Macro- and micro-chemistry. **School Science Review**, 64, p.377-379, 1982.
17. JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal os Computer Assisted Learning**, 7, p.75-83, 1991.
18. JUNQUEIRA, M. M. **Transformando textos em mapas cognitivos: desenvolvimento e um exemplo de aplicação**. 2013. 166f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – modalidade Ensino de Química). Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
19. JUNQUEIRA, M. M.; Silva, P. A.; MAXIMIANO, F. A. **A Methodology to Change Student-Written Texts Into Representative Concept Maps**. In: 6th International Conference on Concept Mapping, 2014, Santos. Concept mapping to learn and innovate: Proceedings of the Sixth International Conference on Concept Mapping. São Paulo: Escola de Artes, Ciências e Humanidades - USP, 2014. v. 1. p. 7-14.
20. KOTZ J. C., TREICHEL P. **Química e Reações Químicas**. LTC, 2002. v.2, p. 40-63.
21. MAXIMIANO, F.A.; JUNQUEIRA, M.M. **Como obter as relações conceituais presentes em um grupo de textos escritos por estudantes e representá-las em uma rede de conceitos**. In: IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013, Águas de Lindóia, São Paulo.
22. MAXIMIANO, F. A.; SILVA, P. A. **A utilização de uma metodologia que transforma textos em mapas e redes conceituais no estudo da compreensão do tema química verde por alunos de um curso de graduação em química**. In: IX Congreso Internacional Sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 2013, Girona. Enseñanza de las Ciencias. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona, 2013. v. extra. p. 2225-2232.

23. MILAGRES, V. S. O.; JUSTI, R. S. Modelos de Ensino de Equilíbrio Químico: Algumas considerações sobre o que tem sido apresentado em livros didáticos de Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, n. 13, 2001.
24. MOREIRA, M. A. Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. **Cadernos do Aplicação**, v.11, n. 2, p. 143-156, 1998.
25. MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. UnB, 2006, p. 13-95, 162-184.
26. NOVAK, J. D. **Learning, Creating, and Using Knowledge. Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations**. Routledge, 2010.
27. NOVAK, J. D; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elabora-los e usa-los. **Praxis Educativa**. v.5. n.1, jan-jun. 2010.
28. RAVIOLO A.; GARRITZ, A. Analogias no Ensino do Equilíbrio Químico. **Química Nova na Escola**, n. 27, 2008.
29. RAVIOLO, A; AZNAR, M. M. Una revisión sobre las concepciones alternativas de los estudiantes en la relación con el equilibrio químico. Clasificación y síntesis de sugerencias didácticas. **Educación Química**, v. 13, n. 3, p. 159-165, 2003.
30. SILVA, P. A. **Mapas e redes de conceitos: uma proposta metodológica para a sua construção a partir de textos escritos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – modalidade Ensino de Química). Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
31. TABER, K. S. Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature os chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice**, 14, p.156-168, 2013.
32. TALANQUER, V. Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. **International Journal of Science Education**, v. 33, n. 2, p.179-195, 2011.

33. VALADARES, J. A; MOREIRA, M. A. **A Teoria da aprendizagem significativa: Sua fundamentação e implementação.** Editora Almedina, 2009, p.46-52.