

## USO COMBINADO DE DIAGRAMA V MODIFICADO E MAPAS CONCEITUAIS COMO INSTRUMENTO AVALIATIVO EM AULAS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA INORGÂNICA

*Maria Fernanda Campos Mendonça, Márcia Regina Cordeiro & Keila Bossolani Kiill, Universidade Federal de Alfenas, Brasil*

*Email: nandacampos.mendonc@gmail.com*

**Resumo.** A avaliação é a peça fundamental de todo o dispositivo pedagógico devido à sua natureza de ajuste e pelo fato de apontar a cada momento, quais são as dificuldades que os estudantes encontram em seu processo de aprendizagem, bem como as melhores estratégias para superá-las. Tais informações, contudo, não podem ser obtidas quando se prioriza o uso de instrumentos que busquem avaliar uma aprendizagem mecânica. Com base nessas premissas, buscou-se nesse estudo, propor o uso do diagrama V modificado e mapas conceituais como instrumentos para avaliar a aprendizagem dos alunos em uma aula experimental da disciplina de Química Inorgânica. Ao construir o Vê modificado, os estudantes são colocados em situações de reflexão e busca de relações entre a tríade conceitos-evento-fato, contribuindo para a ocorrência de uma aprendizagem significativa.

**Palavras-chave:** Avaliação, Diagrama V, Mapas Conceituais, Aprendizagem Significativa, Experimentação.

### 1 Introdução

Ao se caracterizar a aprendizagem como um momento de construção de significados e o ensino como um momento no qual tais significados são compartilhados, a avaliação tem por objetivo fornecer ao professor informações sobre o seu trabalho e sobre a aprendizagem dos alunos. Isso pode ser conseguido ao se fazer uso de instrumentos avaliativos que busquem evidências de uma aprendizagem significativa (AS).

A AS é um processo por meio do qual o aluno vai adquirindo o conhecimento de forma organizada e progressiva (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980). Avaliar essa aprendizagem consiste em estabelecer julgamento de valor sobre manifestações relevantes da realidade, objetivando uma tomada de decisão. Isso requer, por sua vez, atribuir valores às relações que são estabelecidas entre o desempenho real e o esperado (Luckesi, 2011). Desse modo, a avaliação poderá contribuir para o levantamento dos quadros conceituais e proposicionais que o indivíduo possui em sua estrutura cognitiva, ou seja, reconhecer até que ponto o conhecimento foi aprendido de forma substantiva ou não-arbitrária, como é no caso da AS.

Nessa perspectiva, a avaliação desempenha papéis de grande relevância no processo de ensino e de aprendizagem, pois permite (a) levantar os conhecimentos prévios dos alunos antes da instrução; (b) acompanhar a aprendizagem de modo a indicar caminhos para se alcançar uma aprendizagem mais significativa; (c) identificar se os métodos de ensino têm contribuído para tal aprendizagem e (d) estabelecer previsões sobre a melhor forma de organizar o currículo (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980).

Além dos instrumentos avaliativos comumente utilizados pelos professores, tais como provas e testes, Novak e Gowin (1984) sugerem o uso de mapas conceituais (MCs), vês epistemológicos, questões de Gowin, entrevistas ou a combinações destes. Segundo os autores, tais instrumentos fornecem dados essencialmente qualitativos e permitem revelar as condições atuais e reais dos alunos. Isso durante o levantamento de dados na prática avaliativa e no ato de sua análise, contribuindo para o entendimento das dificuldades de aprendizagem dos alunos.

Partindo-se das assertivas expostas nos parágrafos anteriores, propôs-se neste estudo fazer uso do diagrama V modificado, como instrumento avaliativo de uma atividade experimental desenvolvida na disciplina de Química Inorgânica. Com isso, buscou-se obter informações sobre os significados que os estudantes atribuíram aos objetos e aos acontecimentos estudados, bem como as dificuldades encontradas nesse percurso.

#### 1.1 Diagrama V

O Diagrama V consiste em um instrumento heurístico proposto por D. B. Gowin em 1984, cuja forma em V (Figura 1) revela o processo de construção do conhecimento. No centro e na base do Vê, encontram-se as questões-foco e os objetos/acontecimentos, respectivamente. No lado esquerdo, tem-se um conjunto de elementos referentes aos aspectos teórico-conceituais – visão de mundo, filosofia, teoria, princípios, constructos

e conceitos - e do lado direito, um conjunto de elementos que configuram os aspectos metodológicos – registros, transformação, juízos cognitivos, juízos de valor.

É importante destacar que há uma permanente interação entre cada um dos elementos do Vê, isto é, tudo o que é feito do lado metodológico é guiado por conceitos, por princípios e por filosofias do lado teórico-conceitual. O conhecimento é produzido a partir da interação entre esses dois domínios. O resultado disso é a formulação de resposta à questão-foco referente a determinados acontecimentos ou objetos (Novak, 1998).

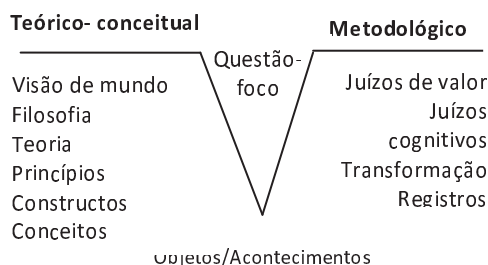


Figura 1. Estrutura do diagrama V.

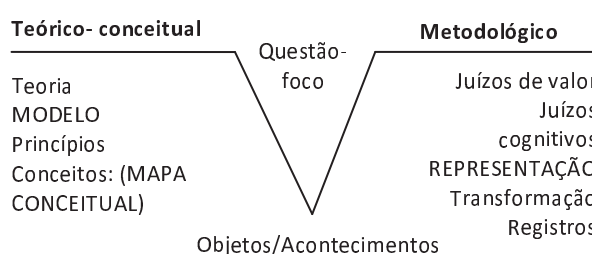


Figura 2. Estrutura do diagrama V modificado.

Todos os elementos do “Vê” são importantes para a construção dos significados, já que cada um deles atua em determinada experiência de aprendizagem. Os conceitos, por exemplo, contribuem para a seleção dos acontecimentos/objetos a serem observados e dos registros a serem feitos. Se os conceitos utilizados estiverem inadequados ou incompletos, a investigação ocorrerá com dificuldades. Caso os registros sejam insuficientes, não haverá fatos que possam ser transformados para produzir afirmações válidas. Assim, embora o significado do conhecimento tenha sua fonte nos objetos e nos acontecimentos, não há nada nos registros que forneça o significado. Este é construído pelos indivíduos à medida que buscam integrar todos os elementos do “Vê” (Novak e Gowin, 1984).

### 1.2 Diagrama V modificado

Tendo em vista o contexto de aplicação e a natureza do conhecimento químico a ser avaliado, optou-se por fazer uso do diagrama V modificado como instrumento avaliativo (Mendonça, Cordeiro e Kiill, 2014). Dentre as modificações propostas pelas autoras, destacam-se as seguintes: (a) omissão de alguns elementos do lado esquerdo, como visão de mundo, filosofia e construtos e (b) inserção de um elemento no lado esquerdo (modelo), e outro, do lado direito (representação).

Avaliando-se a potencialidade do uso combinado de MCs e de diagrama V, propôs-se neste estudo mais uma modificação no Vê; a apresentação dos conceitos, lado esquerdo, na forma de um MC. A estrutura do diagrama V modificado está representada na Figura 2. A inserção do MC mostrou-se relevante, uma vez que este permite identificar as relações existentes entre os conceitos referentes aos objetos e/ou aos acontecimentos estudados.

MCs são diagramas que exprimem relações significativas entre conceitos na forma de proposições, geralmente em uma estrutura hierárquica. Segundo essa definição, os MCs constituem-se de três elementos fundamentais: (a) conceitos, (b) proposição e (c) palavra de ligação. O conceito é a “[...] regularidade percebida em acontecimentos ou objetos, ou registros de acontecimentos ou objetos, designada por um rótulo” (Novak, 1998, p. 22). As proposições compõem-se de dois ou mais termos conceituais (conceitos), conectados por palavras (palavras de ligação), formando uma unidade semântica que tem o valor de verdade.

Em termos da organização dos conceitos, os MCs podem apresentar duas características, a hierarquia e as ligações cruzadas. A natureza hierárquica revela-se pelas relações de natureza inclusiva, nas quais os conceitos mais inclusivos são colocados no topo do mapa e, abaixo destes, são inseridos sucessivamente aqueles menos inclusivos e mais específicos. Ligações cruzadas são observadas em conexões entre conceitos que se encontram em segmentos diferentes do mapa (Novak e Gowin, 1984).

## 2 Percurso metodológico

Os dados foram coletados na disciplina de Química Inorgânica de um curso de Licenciatura em Química de uma universidade pública mineira, e referiram-se à elaboração de um diagrama V modificado e MCs, sobre uma atividade experimental intitulada “Reatividade dos metais alcalinos e alcalinos terrosos”. O estudo teve a

participação de 19 alunos, sendo estes divididos em três grupos de 3 integrantes (FIQ; GJS; DHL), e cinco grupos de dois integrantes (AE; BN; KR; MP; OC). A amostra consistiu, portanto, em 8 diagramas V modificados e 8 MCs, uma vez que os referidos instrumentos foram construídos em grupo. A realização da atividade prática se deu de forma diferenciada, pois não foi utilizado um roteiro experimental, visando, assim, quebrar a sequência de passos e acontecimentos comumente empregados em atividades desta natureza.

A construção do “Vê” se deu em dois momentos, antes e após a realização da atividade prática, a partir das seguintes questões-foco: “Dentre os metais alcalinos ( $K_{(s)}$  e  $Na_{(s)}$ ) e alcalinos terrosos ( $Mg_{(s)}$  e  $Ca_{(s)}$ ) estudados, quais apresentaram maior reatividade frente à água? Qual é a relação entre a configuração eletrônica e as propriedades periódicas desses metais com a sua reatividade?”.

Uma vez definida a questão-foco, os alunos identificaram os objetos e os acontecimentos a serem pesquisados e fizeram um estudo referente aos seus aspectos teórico-conceituais, levando à construção do lado esquerdo do Vê modificado e do MC. Essa elaboração se deu antes da realização da atividade prática e seu objetivo foi levar os estudantes a identificar os conceitos, os princípios, os modelos e as teorias relacionadas aos objetos/acontecimentos a serem estudados, tendo a questão-foco como norteadora dessa investigação.

A partir da questão-foco, dos materiais disponibilizados e dos conhecimentos levantados com a construção do lado esquerdo do Vê modificado, os alunos propuseram os procedimentos a serem realizados durante o experimento. A partir dos registros obtidos com a realização do experimento, elaborou-se o lado direito do Vê modificado. Ao final da construção do referido instrumento, os alunos atribuíram juízos cognitivos e juízos de valor aos objetos e aos acontecimentos estudados.

### 2.1 Critérios de análise do diagrama V modificado

A metodologia de análise do diagrama V modificado baseou-se naquela proposta por Mendonça, Cordeiro e Kiill (2014) e apresentada de forma resumida na Tabela 1. Para a análise do elemento conceitos (MC), tomou-se como base os critérios propostos por Belmonte (1997), conforme apresentado na Tabela 2.

**Tabela 1:** Critérios de análise do diagrama V modificado

Elementos do “Vê”	Pontuação
<b>Questão-foco</b>	<b>0,5</b>
Não se identifica uma questão-foco.	0
Uma ou mais questões-foco são identificadas.	0,25 – 0,5
<b>Objetos e acontecimentos</b>	<b>0,5</b>
Não se identificam objetos e/ou acontecimentos.	0
Objetos e acontecimentos são identificados, contudo não se referem à questão-foco.	0,15
Os objetos e acontecimentos identificados referem-se à questão-foco.	0,25 – 0,5
<b>Conceitos*</b>	<b>1,5</b>
Os conceitos relacionados com a questão-foco e com os objetos/acontecimentos não são identificados.	0
Os conceitos relacionados com a questão-foco e com os objetos/acontecimentos são identificados	0,5-1,5
<b>Teoria</b>	<b>0,5</b>
Uma teoria não é identificada.	0
Uma teoria é identificada, contudo não se relaciona com o lado esquerdo do Vê e com a questão-foco. Sendo assim, não descreve acontecimentos e afirmações acerca dos objetos estudados.	0,15
Uma teoria é identificada e descreve acontecimentos e afirmações acerca dos objetos estudados.	0,25 – 0,5
<b>Modelo</b>	<b>1,0</b>
Um modelo não é identificado.	0
Um modelo é identificado, contudo não é consistente com a teoria proposta ou não explica satisfatoriamente os objetos e acontecimentos estudados.	0,25
Um modelo é identificado e é consistente com a teoria proposta e capaz de explicar satisfatoriamente os acontecimentos e objetos estudados.	0,5 – 1,0
<b>Princípios</b>	<b>1,0</b>
Nenhum princípio é identificado.	0
Princípios são identificados. Contudo, não são suficientes para guiar a compreensão da ação significativa que ocorre nos acontecimentos e nos objetos estudados.	0,25
Princípios são identificados e são suficientes para guiar a compreensão da ação significativa que ocorre nos acontecimentos e objetos estudados.	0,5 – 1,0
<b>Registros</b>	<b>0,5</b>
Nenhum registro é identificado.	0
Registros são identificados, contudo são inconsistentes com a questão-foco ou com o acontecimento principal ou são insuficientes para a elaboração das transformações.	0,15
Registros são identificados para o acontecimento principal.	0,35 – 0,5
<b>Transformações</b>	<b>0,5</b>
Nenhuma transformação é identificada.	0
Transformações são identificadas, contudo não são condizentes com a questão-foco ou não se relacionam com	0,20

os registros. Transformações são identificadas e são condizentes com a questão-foco.	0,35 – 0,5
<b>Representação</b>	<b>1,5</b>
Nenhuma representação é identificada.	0
Uma representação referente aos objetos/acontecimento estudados é identificada. , contudo é inconsistente com a teoria e o modelo ou não os explicam os objetos/acontecimentos satisfatoriamente.	0,15 – 0,25
Uma representação referente aos objetos/acontecimento estudados é identificada. Tal representação é consistente com a teoria e com o modelo esperados, contudo estes não foram identificados no lado esquerdo do “Vê”.	0,5
Uma representação referente aos objetos/acontecimento estudados é identificada. Tal representação é consistente com a teoria e com o modelo descrito no lado esquerdo do “Vê”, contudo observam-se erros conceituais em sua descrição.	1,0 – 1,5
<b>Juízos cognitivos</b>	<b>1,5</b>
Nenhum juízo cognitivo é identificado.	0
Juízos cognitivos são identificados, contudo não respondem às questões-foco ou as respondem parcialmente, podendo incluir um conceito utilizado em um contexto impróprio, levando a erros conceituais ou se trata de uma generalização que é inconsistente com os registros e com as transformações.	0,25 – 0,5
Juízos cognitivos que respondem às questões-foco são identificados, contudo não estão relacionados com o lado esquerdo do “Vê”. Sendo assim, sua elaboração está baseada apenas nos registros e nas transformações.	1,0
Juízos cognitivos que respondem às questões-foco total ou parcial são identificados. Tais juízos incluem os conceitos-chave e são construídos com base no lado esquerdo do “Vê”, nos registros e nas transformações.	1,25 – 1,5
<b>Juízos de valor</b>	<b>1</b>
Nenhum juízo de valor é identificado.	0
Juízos de valor são identificados, contudo não se referem a uma interpretação dos resultados e das conclusões obtidas na investigação.	0,25
Juízos de valor são identificados. Tais juízos consistem em interpretações dos resultados e conclusões obtidas na investigação.	0,5 – 1,0

\* A pontuação atribuída ao elemento conceito será definida segundo os valores obtidos com a análise dos critérios estabelecidos na Tabela 2.

**Tabela 2:** Critérios de análise do mapa conceitual (elemento conceito)

Critérios de análise	*Pontuação	Critérios de análise	*Pontuação	Critérios de análise	*Pontuação	Critérios de análise	*Pontuação
<b>Conceitos</b>		<b>Hierarquias</b>		<b>Proposições</b>		<b>Exemplos</b>	
Corretos	X	Corretas	X	Corretas	X	Corretos	X
Incorretos	y	Incorretas	y	Incorretas	y	Incorretos	y
Ausentes	z		(x-y) × 5		(x-y) × 1		(x-y) × 1
	$x-(y+z) \times 1$						
<b>Palavras de ligação (distintas)</b>		<b>Segmentos do mapa (1º nível hierárquico) e base</b>		<b>Ligações cruzadas</b>			
Corretas	X	Corretos	X	Corretas	X		
Incorretas	y	Incorretos	Y	Incorretas	y		
	(x-y) × 3		(x-y) × 5		(x-y) × 10		

\* As letras x, y e z indicam, respectivamente, o número de cada critério que está correto, incorreto e ausente.

A pontuação final do MC consistiu na soma dos pontos atribuídos a cada um dos critérios descritos na Tabela 2. Para a avaliação final, levou-se em consideração a qualidade dos mapas, fornecida pelo índice de qualidade  $Q$ . Este índice consiste em um valor de atribuição subjetiva do professor que inclui todos os fatores que não foram quantizados. O valor atribuído ao fator  $Q$  geralmente é 1 e pode variar em casos de se ter mapas muitos bons (1,5) ou mapas muito ruins (0,5). Em casos de ocorrência intermediária positiva, podem-se atribuir valores entre 1 e 1,5 e, em ocorrência intermediárias negativas, valores entre 1,0 e 0,5 (Belmonte, 1997).

O uso de um “padrão de pontuação” contribui para o estabelecimento da qualidade dos mapas, uma vez que MCs de diferentes temas apresentarão pontuações diferentes. Para a elaboração do “padrão de pontuação” para o mapa proposto neste estudo, consideraram-se as seguintes qualidades: (a) abaixo da média, (b) média e (c) acima da média. A cada uma dessas qualidades, atribuiu-se um intervalo de pontuação, conforme apresentado na Tabela 3.

**Tabela 3:** Nota dos mapas conceituais, segundo a distribuição da pontuação em torno da média

$\bar{x} - 2\sigma$	$\bar{x} - \sigma$	$\bar{x}$	$\bar{x} + \sigma$	$\bar{x} + 2\sigma$
Abaixo da média		Média		Acima da média
0,5	0,75	1,0	1,25	1,5

### 3 Resultados e discussão

A análise dos diagramas V modificados e dos MCs a partir dos critérios estabelecidos nas Tabelas 1 e 2 revelou que a maioria dos grupos recebeu uma pontuação menor do que a da média (5,88), como pode ser observado nos dados da Tabela 3. Isso pode estar relacionado aos seguintes fatores: (a) a não identificação da questão-foco e dos objetos/acontecimentos e/ou (b) aos erros conceituais observados na descrição dos elementos e (c) a presença de Estruturas Hierárquicas Inapropriadas (LIPHS) nos MCs. A ocorrência do primeiro pode ter sido resultado da desatenção dos alunos no momento da elaboração do Vê modificado, ou do não entendimento do significado da importância de cada um de seus elementos para a construção do conhecimento. Os erros conceituais podem, por sua vez, estar relacionados à incompreensão do significado dos conceitos-chave envolvidos na questão-foco. Isso foi percebido com a análise dos MCs, a partir das relações estabelecidas entre os conceitos mapeados. As LIPHS consistem em proposições com falta de clareza semântica ou com erros conceituais e sua ocorrência está atrelada à incompreensão limitada ou incoerente sobre o tema mapeado e à compreensão limitada sobre como preparar bons MCs (Novak, 2002).

Tabela 3: Pontuação dos diagramas V modificados e MCs (elemento conceitos)

Elementos do “Vê”	Grupos							
	F, I e Q	G, J e S	A, E	B e N	K e R	D, H e L	M e P	O e C
Questão-foco	0,5	0	0,5	0	0	0,5	0	0,5
Objetos/ acontecimentos	0,25	0	0,5	0,25	0	0,25	0,5	0,5
Conceitos	1,05	1,20	1,35	0,60	0,90	1,10	0,70	0,60
Teoria	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,5	0,15	0,5
Modelo	0,5	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5
Princípios	0,5	0,5	0,5	0,25	0,5	0,5	0,25	0,5
Registros	0,15	0,35	0,35	0,15	0,35	0,35	0,15	0,25
Transformações	0,5	0,5	0,5	0,35	0,35	0,5	0,35	0,5
Representação	0,5	0,5	1,5	0,5	1,0	1,0	0,5	1,0
Juízos cognitivos	0,75	0,75	1,0	0,5	0,5	0,5	1,0	1,5
Juízos de valor	0,25	0,25	0,25	0,5	1,0	0,5	0,5	1,0
Pontuação final	5,45	5,55	7,70	3,85	5,85	6,70	4,60	7,35

As relações conceituais apresentadas nos mapas foram, principalmente, de natureza classificatória. A exemplo disso, tem-se a classificação dos elementos químicos em representativos ou de transição e em metais, ametais e semimetais ou gases nobres, estando esta conforme a organização da tabela periódica. Os metais foram classificados em alcalinos e alcalinos terrosos. Outro tipo de classificação referiu-se aos tipos de propriedades periódicas, como eletronegatividade, eletropositividade, raio atômico, energia de ionização e afinidade eletrônica. O MC do grupo (AE), Figura 3, exemplifica tais organizações.

A estrutura classificatória dos MCs pode estar relacionada com a natureza do conhecimento químico avaliado. Quanto aos mapas, observou-se a presença de ligações cruzadas que resultaram em proposições pouco significativas, uma vez que as palavras-chave, necessárias para expressar o significado da relação, não foram utilizadas. Relações desse tipo foram elaboradas pelos grupos (GJS) e (KR) e buscaram respectivamente relacionar o conceito reatividade com o de eletropositividade e eletronegatividade e com o de ligações químicas. As proposições formadas foram as seguintes: *Reatividade depende eletropositividade*. Grupo (GJS)/ *Reatividade depende eletronegatividade*. Grupo (GJ S)/ *Ligação química depende da reatividade*. Grupo (KR)

Na maioria dos mapas, exceto naqueles dos grupos (MP) e (CO), os alunos estabeleceram relações entre o conceito de reatividade e os tipos de propriedades periódicas. Essa relação ocorreu de duas formas: (a) com todos os tipos de propriedades periódicas estudadas ou (b) com alguns tipos específicos de propriedades periódicas. A reatividade de um metal diz respeito à facilidade com que os seus átomos “perdem” elétrons. Desse modo, pode-se dizer que a reatividade dos metais varia com eletropositividade. Isto é, quanto mais eletropositivo for o elemento, mais reativo será o metal. Essa relação não ficou muito evidente na proposição apresentada pelo grupo (GJS) que a exprime apenas como uma dependência.

As dificuldades dos estudantes em revelarem o significado da relação entre os conceitos de reatividade e de eletropositividade podem estar relacionadas à incompreensão do próprio conceito de reatividade e dos tipos de propriedades periódicas. Isso fica evidente quando os alunos relacionam a reatividade com outras propriedades periódicas, como a eletronegatividade e a energia de ionização, por exemplo.

A relação entre o conceito reatividade e a configuração eletrônica foi mencionada apenas no mapa do grupo (FIQ), a partir da seguinte proposição: “*reatividade relaciona-se com configuração eletrônica*”. Todavia tal

relação não forneceu muitas informações sobre a sua natureza, sendo, assim, pouco significativa. A análise dos MCs revelou que a maioria dos alunos não compreende significativamente o conceito de reatividade, pois apresentaram dificuldades em relacioná-lo com outros conceitos químicos.

A teoria e o modelo propostos pelos estudantes para explicar o acontecimento estudado (reatividade das substâncias cálcio, magnésio, potássio e sódio em água) foram, respectivamente, a teoria atômica e o modelo quantomecânico. Embora a maioria dos alunos tenha descrito o modelo quantomecânico para o átomo, grande parte das representações apresentaram características do modelo de Bohr, como pode ser observado na representação da Figura 4. Isso revelou que os alunos não compreendem a diferença entre o modelo atômico quantomecânico e o de Bohr.

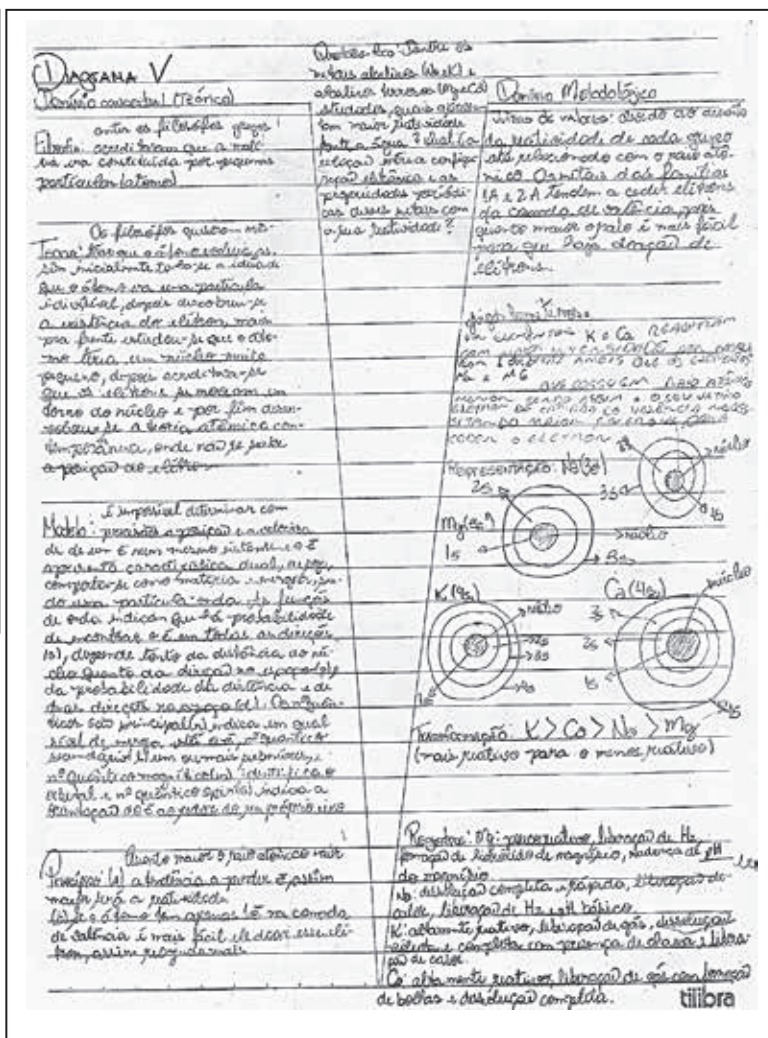
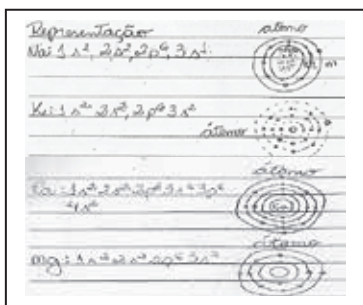
As dificuldades referentes ao entendimento dos modelos atômicos podem estar relacionadas à incompreensão dos significados dos conceitos de órbita e de orbital. Na descrição do modelo, os alunos do grupo (GJS) relatam que no modelo atômico quantomecânico “os elétrons não estão em órbitas como dizia a teoria de Bohr, mas em orbitais onde os números quânticos indicam seus orbitais”. Tais descrições não coincidiram, contudo, com a representação apresentada na Figura 4, na qual os elétrons são representados em órbitas circulares com trajetória bem definida. Isso revela que pode ter havido uma falha no processo de aprendizagem dos estudantes, pois esse conteúdo da área da ciência química foi trabalhado na disciplina de Química Geral e no início da Química Inorgânica.

Figura 3: Mapa conceitual do grupo (AE).

Figura 5: Diagrama V do grupo (CO).



Figura 4: Representação para a configuração eletrônica dos átomos de Na, Ca, Mg e K do grupo (FIQ).



A incompreensão do conceito de reatividade e das propriedades periódicas pode estar relacionada à não existência de um modelo atômico claro, estável e diferenciado na estrutura cognitiva dos estudantes. Duarte (2003) destaca que a compreensão da periodicidade dos elementos químicos e as anomalias observadas para a

mesma, ao longo da tabela periódica, têm como base de explicação, os conceitos de carga nuclear efetiva e de blindagem, relacionados ao modelo atômico quântomecânico.

Os princípios revelaram mais informações sobre a aprendizagem dos alunos referente às propriedades periódicas e à reatividade. A maioria dos alunos compreende a energia de ionização como sendo uma tendência ou facilidade que os átomos têm em perder elétrons e, ao desconsiderarem que a mesma se trata de um tipo de energia, acabam por adotá-la como sinônimo de eletropositividade. Exemplos dessas construções são as seguintes: “Energia de ionização, quanto maior for o átomo, maior será a reatividade, porque é mais fácil ‘soltar’ o elétron.” Grupo (GJS) / “Quanto menor a energia de ionização maior será a reatividade do átomo, pois quanto maior a energia de ionização, maior o tamanho do átomo, sendo mais fácil de remover o elétron.” Grupo (AE)

A confusão entre o conceito de energia de ionização e eletropositividade fica ainda mais evidente ao se contrastarem as transformações e os juízos cognitivos. Os alunos F, I, Q, G, J, S, A, E, M, P, D, H, L, O e C afirmaram que a ordem de reatividade dos metais em água foi a seguinte:  $K > Ca > Na > Mg$ . Já os alunos K, R, B e N, apresentaram a sequência:  $K > Na > Ca > Mg$ .

A energia de ionização não seria parâmetro para se determinar a ordem de reatividade apresentada pelo primeiro grupo de alunos, mas poderia explicar a segunda sequência, pois o átomo de cálcio apresenta energia de ionização maior do que a do sódio, de modo que, pelo significado que os alunos atribuíram à energia de ionização, o cálcio deveria ser menos reativo do que o sódio. O mesmo não foi, contudo, observado com a realização do experimento. Isso revelou o quão importante é a compreensão dos aspectos teórico-conceituais para a elaboração de juízos cognitivos e para a atribuição de significados aos objetos e aos acontecimentos estudados em laboratório.

Nesse sentido, percebeu-se que o uso do conceito de energia de ionização como um possível sinônimo de eletropositividade levou a interpretações incorretas sobre a reatividade dos metais. Assim, o melhor parâmetro para se determinar a reatividade seria a eletropositividade e o raio atômico e não a energia de ionização como proposto por grande parte dos alunos.

Quanto à relação entre os conceitos reatividade e configuração eletrônica, a maior parte dos estudantes destacou nos princípios que, a partir da configuração eletrônica, pode-se identificar o número de elétrons da camada de valência e, com isso, determinar se é mais favorável ao átomo ganhar ou perder elétrons para adquirir estabilidade. Tais assertivas forneceram indícios de que os alunos atribuíram a estabilidade dos átomos à aquisição de uma camada “preenchida” ou de uma “camada de gás nobre”.

Com relação aos juízos cognitivos, a maioria dos alunos respondeu que os metais alcalinos foram mais reativos; ou citaram qual o metal alcalino e alcalino terroso foi mais reativo. Uma explicação para a ordem de reatividade apresentada nas transformações não foi, todavia, observada.

Os juízos cognitivos elaborados pelo grupo (CO) (Figura 5) se deram com base nos princípios, na transformação e na representação. Já aqueles construídos pelo grupo (FIQ), ocorreram segundo o princípio e as transformações. Os juízos cognitivos dos demais grupos fundamentaram-se em: (a) apenas nos registros - Grupo (GJS); (b) uma relação entre a transformação e o lado conceitual, porém se tratou de uma resposta errada - Grupos (BN) e (KR) e (c) aspectos do lado conceitual, mas não relacionando com a transformação - Grupos (A E), (DHL) e (MP).

A partir dos juízos cognitivos, obtiveram-se informações referentes à compreensão dos alunos sobre as relações reatividade/propriedades periódicas e reatividade/configuração eletrônica, ampliando as explicações apresentadas nos princípios. A maior reatividade do potássio foi atribuída ao fato de os átomos desse metal apresentarem um raio atômico maior do que aqueles que constituem o metal sódio. A mesma compreensão foi observada para o metal cálcio em comparação ao metal magnésio. Alguns alunos relacionam a reatividade com a eletropositividade e à energia de ionização, conforme já discutido.

A relação entre a reatividade e a configuração eletrônica revelou-se pela “tendência maior ou menor em perder os elétrons de valência”. Essa “perda de elétrons” pareceu estar associada ao atingimento de uma camada fechada, ou seja, à configuração eletrônica de gás nobre.

Os juízos de valor atribuídos ao conhecimento produzido ocorreram de duas formas - privilegiou-se a relevância prática ou a teórica. Com relação à primeira, destacou-se a produção do grupo (AE) na qual os alunos



relacionaram o conhecimento da reatividade à escolha de metais para a realização de determinados experimentos. Na segunda, destacam-se as produções dos Grupos (CO), (DHL) e (KR) que relataram a relação entre a reatividade dos metais e as propriedades periódicas, como no seguinte exemplo: “*Os metais têm tendência a perder elétrons. Essa tendência faz com que eles apresentem alta reatividade, não sendo encontrados na forma livre, na natureza.*” Grupo (KR).

A análise dos “Vês” revelou que a incompreensão dos aspectos teórico-conceituais, como os conceitos de reatividade e de propriedades periódicas e o modelo atômico quantomecânico podem ter contribuído para as falhas observadas na construção dos elementos do Vê modificado e nas proposições apresentadas nos MCs. Ainda assim, foi possível obter informações relevantes sobre a aprendizagem dos estudantes, servindo como ponto de partida para apontar caminhos para se alcançar uma AS.

#### 4 Conclusão

O uso combinado de diagrama V modificado e MCs apresentou grande potencial como instrumento avaliativo, pois permitiu identificar os pontos frágeis da aprendizagem, tais como a ausência de subsunçores estáveis, claros e diferenciados na estrutura cognitiva dos alunos (modelo atômico quanto mecânico); a não atribuição de significados científicos aos conceitos aprendidos (reatividade, energia de ionização e eletropositividade) e dificuldades em relacionar o conhecimento construído em aulas teóricas com aqueles de aulas experimentais (produção de juízos cognitivos). Tais fragilidades também apontam para problemas no processo de ensino, pois na disciplina em questão privilegiou-se um ensino fragmentado, marcado pela dissociação entre teoria e prática.

Ainda que os diagramas V modificados e os MCs tenham se revelado como bons instrumentos avaliativos, devido às características citadas no parágrafo anterior, vale destacar que o sucesso das técnicas é dependente do entendimento que os alunos possuem sobre a elaboração dos mesmos. Isso, por sua vez, resultará na diminuição de LIPs nos MCs e na elaboração de diagramas V modificados mais significativos. Para isso, é preciso treinamento e sucessivos processos reflexivos de elaboração e de reelaboração, pelos estudantes.

#### 5 Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pelo apoio financeiro, aos sujeitos de pesquisa e à Universidade Federal de Alfenas.

#### Referências

- Ausubel, D. P., Novak, J. D., e Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.
- Belmonte, M. (2007). *Mapas conceptuales y uves heurísticas de Gowin: técnicas todas las áreas de las Enseñanzas Medias*. Bilbao: Ediciones Mensajero.
- Duarte, H. A. (2001). Ligações químicas: ligação iônica, covalente e metálica. *Química Nova na Escola*, Cadernos Temáticos (4), 14-23.
- Luckesi, C. C. (2011). *Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições*. São Paulo: Cortez.
- Mendonça, M. F., Cordeiro, M. R., e Kiill, K. B. (2014). Uso de diagrama V modificado como relatório em aulas teórico-práticas de Química Geral. *Química Nova*, prelo. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br>
- Novak, J. D. (1998). *Aprender, criar e utilizar o conhecimento*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- Novak, J. D., e Gowin, D. B. (1984). *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- Novak, J. D. (2002). Meaningful learning: the essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science Education*, 86 (4), 548-571.