

O USO DE MAPAS CONCEITUAIS COMO UMA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO NO ENSINO DE TERMODINÂMICA ESTATÍSTICA

Iale Fernanda dos Passos Bispo^{1*} (IC), Erivanildo Lopes da Silva¹ (PQ), Marcelo Leite dos Santos¹ (PQ). *ialefernandapassos@yahoo.com.br

¹Universidade Federal de Sergipe (UFS), Campus Prof. Alberto Carvalho, Departamento de Química (DQCI), Itabaiana/SE, CEP 49500-000.

Palavras-Chave: Avaliação, Mapas Conceituais.

RESUMO: ESTE TRABALHO FOI DESENVOLVIDO COM ALUNOS DE DUAS TURMAS DE FÍSICO-QUÍMICA I, DO CURSO DE QUÍMICA LICENCIATURA (UFS, ITABAIANA-SE), COM O OBJETIVO DE REALIZAR UM ESTUDO SOBRE MAPAS CONCEITUAIS (MC) COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DE TERMODINÂMICA ESTATÍSTICA (TE). ESTE ESTUDO FOI DESENVOLVIDO EM DUAS ETAPAS: APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS CONCEITOS DE TE E A CONSTRUÇÃO DO MC COMO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DO ALUNO. PARA A ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS FOI ELABORADO UM MAPA CONCEITUAL DE REFERÊNCIA, PONTUADO SEGUNDO OS CRITÉRIOS DE NOVAK. UMA ANÁLISE QUALITATIVA, ATRAVÉS DA OBSERVAÇÃO DE CADA MAPA, TAMBÉM FOI REALIZADA. OS RESULTADOS DEMONSTRAM QUE A MAIORIA DOS ALUNOS SE APROPRIOU E RELACIONOU ADEQUADAMENTE OS CONCEITOS DE TE, PORÉM ALGUNS POUCOS APRESENTARAM DIFICULDADES NO ESTABELECIMENTO DE RELAÇÕES SIGNIFICATIVAS, APRESENTANDO, INCLUSIVE, FRAGMENTAÇÕES DOS CONCEITOS, O QUE PODE SER INDICATIVO NÃO SOMENTE DAS DIFICULDADES COM TE, MAS TAMBÉM NO ENTENDIMENTO DA CONSTRUÇÃO DOS MC.

INTRODUÇÃO

Ao longo do século XX foi estabelecida, nos meios universitários, a divisão da química em cinco grupos: Química Orgânica, Química Inorgânica, Química Analítica, Físico-Química e Bioquímica. Segundo Kozliak (2004), dentre os conteúdos estudados na disciplina de Físico-Química I, entropia e a segunda lei da termodinâmica são tópicos fundamentais num curso de graduação. Segundo Atkins (2006), a segunda lei da termodinâmica é a chave para compreender o porquê de certas reações químicas apresentarem uma tendência natural de ocorrer e outras não. Para essa lei ser aplicada é necessário o entendimento de uma propriedade fundamental da natureza, a entropia. Esta grandeza é tema de duas importantes leis, a segunda e a terceira leis da termodinâmica.

As leis da termodinâmica, bem como diversas de suas propriedades, podem ser facilmente obtidas a partir dos princípios da mecânica estatística. A Termodinâmica Estatística (TE) ou mecânica estatística faz ligação entre as propriedades microscópicas e macroscópicas da matéria. Em Química, ela é a ponte que liga a Química Quântica (microscópica) à Termodinâmica e Cinética (macroscópicas). Segundo Atkins (2011), os conceitos fundamentais de TE são distribuições de Boltzmann e a função de partição molecular. Nesse sentido, para uma discussão apropriada de Termodinâmica Estatística, é necessário o entendimento da distribuição de Boltzmann, usada para determinar as populações dos estados de sistemas em equilíbrio térmico e da função de partição, definida em termos das populações dos estados, que permite a obtenção das propriedades termodinâmicas e cinéticas de um sistema a partir do nível microscópico.

De outro lado, esses conteúdos apresentam uma profunda base conceitual, aliada a uma densa descrição matemática (ATKINS, 2011). Dessa forma, nota-se que muitas das dificuldades que os alunos apresentam no estudo de TE é, muitas vezes, resultado do tratamento matemático requerido, porém, parece razoável acreditar que num curso de Licenciatura em Química, uma abordagem focada nos conceitos e definições de TE, aliada a uma apresentação matemática mais sucinta, seja suficiente.

Outro aspecto importante é que tanto a avaliação da aprendizagem de uma abordagem focada em conceitos, quanto numa profunda descrição matemática, são realizadas, pelos professores, de forma tradicional, ou seja, por meio de prova escrita com questões fechadas. Segundo Araújo (2002), provas tradicionais só conseguem cobrir uma pequena parcela de todo conhecimento objetivado pela instrução, o que não permite que o aluno mostre como organizou e construiu seu conhecimento.

A avaliação realizada através de prova escrita é habitualmente usada para verificação da aprendizagem e tem como finalidade converter as respostas corretas em notas. Para Luckesi (2008), notas expressam a qualidade que se atribui a aprendizagem do educando, medida sob a forma de acertos ou pontos. Segundo esse autor, a avaliação é utilizada, quase sempre, para simplesmente classificar os alunos como aprovados ou reprovados. Para ele, a avaliação do aproveitamento não deve corresponder à aprovação ou reprovação, mas sim ao direcionamento da aprendizagem e seu consequente desenvolvimento.

Existem ainda outras questões relevantes sobre o processo de avaliação da aprendizagem: “o que avaliar?” “para que avaliar?”, “como avaliar?” e “quando avaliar?”. Muitas vezes estas questões não têm respostas claras e sintonizadas com os objetivos do professor, da disciplina e da formação do aluno (ALMEIDA, 2006). Aproveitando esse raciocínio, nos ocorre perguntar: Como avaliar apropriadamente os alunos de um curso de licenciatura em Química, na disciplina de Físico-Química I, sobre os assuntos de Termodinâmica Estatística? Qual método/ferramenta utilizar para acompanhar a aprendizagem do aluno sobre este tema num curso de formação de professores?

Segundo Luckesi (2000), a prática de avaliação não tem sustentação sem a prática pedagógica e sem o planejamento de ensino, a avaliação deve ser praticada como uma atribuição de qualidade aos resultados da aprendizagem. Portanto, são necessários novos métodos de avaliação que possibilitem aos estudantes apresentarem diferentes aspectos do que aprenderam.

Nesse sentido, Novak (1996), apresenta uma alternativa bastante empregada para investigar possíveis indícios de aprendizagem significativa, a utilização de mapas conceituais (MC). Os MC têm por objetivo representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições. Uma proposição consiste em dois ou mais termos conceituais ligados por palavra(s), de modo a formar uma unidade semântica (NOVAK, 1996). Ainda segundo esse autor, a aprendizagem significativa se produz mais facilmente quando os novos conceitos ou significados conceituais são englobados sob outros conceitos mais amplos, mais inclusivos. Assim, os MC devem ser hierárquicos, de modo que, os conceitos mais gerais e mais inclusivos devem situar-se no topo do mapa, com os conceitos cada vez mais específicos, menos inclusivos, colocados

sucessivamente debaixo deles. Por fim, ao analisar MC, o professor pode investigar o que foi aprendido pelo estudante, assim como as dificuldades encontradas, sejam na definição ou associação dos conceitos (SOUZA et al, 2006).

Dessa forma, tendo em vista que MC são ferramentas úteis para ajudar os alunos a refletir sobre a estrutura do seu conhecimento, podendo ser usados numa variedade de situações e com diferentes finalidades, parece oportuno o emprego dos mesmos como ferramenta de avaliação em conteúdos que apresentam uma profunda base conceitual aliada a uma densa descrição matemática, como é o caso daqueles que fazem parte das disciplinas de Físico-Química. Em particular, os assuntos de TE apresentam essa característica, sendo importante ainda mencionar que, no curso de formação de professores, são os aspectos conceituais os mais importantes, não necessariamente a sua rebuscada descrição matemática.

Os MC podem permitir o acesso de uma elaboração conceitual sobre este assunto que foge de uma mera aplicação de fórmulas. Portanto, uma conduta possível de se adotar é, ao invés de avaliar os alunos por meio da avaliação tradicional, ou seja, prova escrita com questões fechadas, considerada neste caso muito complicada e fora de escopo, solicitar que os alunos construam mapas conceituais sobre Termodinâmica Estatística. Perante a isso, o objetivo desse trabalho consistiu em realizar um estudo sobre MC como ferramenta de avaliação da aprendizagem dos alunos do curso de Química Licenciatura na disciplina de Físico-Química I sobre os conceitos de TE.

METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido em duas turmas, uma do semestre 2012.2 (T_1) e outra 2013.1 (T_2) do curso de Química Licenciatura, da Universidade Federal de Sergipe, Campus Professor Alberto Carvalho, no município de Itabaiana/SE, na disciplina de Físico-Química I, que possui como ementa: “A disciplina deverá ser desenvolvida priorizando o formalismo matemático: Gases ideais e reais. Termodinâmica Clássica: primeira, segunda e terceira leis: Teoria Cinética dos Gases e Introdução à Termodinâmica Estatística”.

Durante a disciplina foram trabalhados, através de aulas expositivas/interativas, com uso de projetores de vídeo e *slides*, os conceitos de TE, principalmente empregando as duas ideias fundamentais para sua discussão: a distribuição de Boltzmann e a função de partição molecular, com a finalidade de apresentar como as propriedades termodinâmicas estão relacionadas com os estados microscópicos de um sistema e a influência da temperatura na população destes estados.

Consequente, os conteúdos foram discutidos a partir dos seguintes tópicos: uma breve revisão sobre espectros de raios e níveis de energia eletrônicos, vibracionais e rotacionais; a distribuição dos estados moleculares; configurações e pesos estatísticos; a distribuição de Boltzmann; a função de partição molecular, conceitos e interpretação; aplicações da termodinâmica estatística para energia interna, entropia, energia de Helmholtz, pressão e energia de Gibbs.

Na sequência, como forma de verificar a aprendizagem dos alunos sobre os conceitos de TE, utilizou-se MC como ferramenta de avaliação. Inicialmente foram apresentados, também através de aulas expositivas/interativas, com uso de projetores de vídeo e *slides*, aos alunos os aspectos gerais de um MC, ou seja, definição, estrutura e exemplos de MC, afim de que os alunos compreendessem como se dá a elaboração de um MC. Num momento futuro, após essa discussão, foi entregue, a cada aluno, uma folha de papel com as informações impressas, balões contendo termos referentes ao conteúdo de TE e balões vazios caso quisessem acrescentar algum conceito na forma de exemplo, a serem utilizadas na atividade de construção dos MC, figura 1.

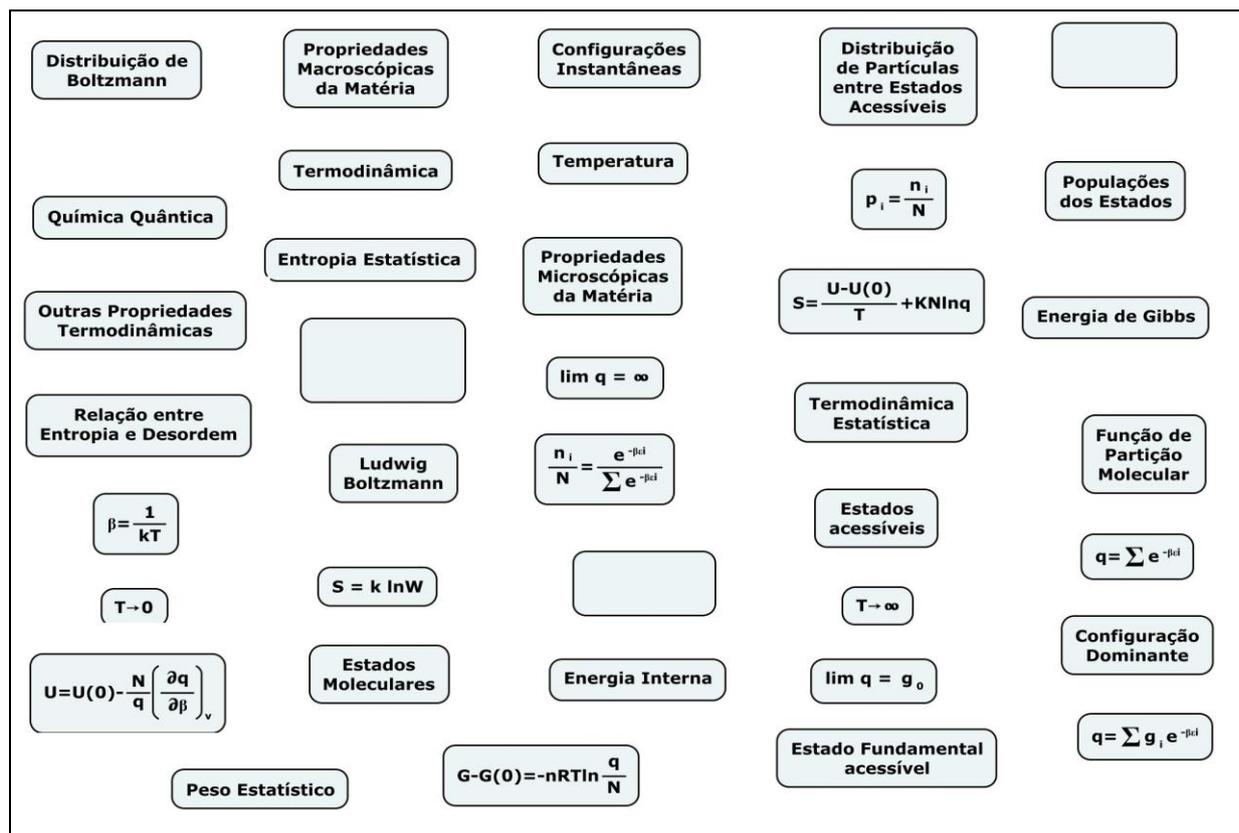


Figura 1: Balões que foram entregues aos alunos contendo termos referentes ao conteúdo de TE e balões vazios.

Para ambas as turmas, foi solicitado que os alunos fizessem seus MC individualmente. Deste modo, cada um construiu seu mapa, a partir de recortes e colagem em outra folha de papel, de acordo com a melhor relação que conseguiram estabelecer entre os conceitos.

Para viabilizar a pontuação e quantificação das relações estabelecidas pelos alunos, foi elaborado um mapa conceitual de referência (MCR), figura 2, empregando os mesmos termos contidos nos balões da figura 1, permitindo assim confrontar a estrutura de cada aluno com aquela esperada no caso de um entendimento conceitual do assunto de elevada ordem cognitiva.

ANÁLISE QUANTITATIVA DOS MAPAS

Os MC foram pontuados usando os critérios de classificação de Novak (1996) para proposições, hierarquia, ligações cruzadas e presença de exemplos, conforme quadro 1, que também apresenta a pontuação atribuída ao MCR sobre TE apresentado na figura 2.

Quadro 1: Critérios classificatórios para a pontuação de MC e pontuação do MCR sobre TE.

Critérios classificatórios	Pontuação segundo Novak (1996)	Pontuação atribuída ao MCR sobre TE
Proposições: significativas e válidas	1	$1 \times 39 = 39$
Hierarquia	5	$5 \times 6 = 30$
Ligações cruzadas: válidas e significativas	10	$10 \times 5 = 50$
Exemplos	1	$1 \times 0 = 0$
		Total = 119

Na análise de proposições foi verificada a relação de significado entre os conceitos e se essa relação é significativa e válida. Quanto à hierarquia, verificou-se a validade das relações entre os conceitos mais gerais e os mais específicos. Já sobre as ligações cruzadas, foi verificado se elas traduzem ligações válidas entre segmentos da hierarquia conceitual e outro segmento. Também foi verificada a existência de exemplos, que no caso do MCR recebeu necessariamente pontuação zero.

ANÁLISE QUALITATIVA DOS MAPAS

A análise qualitativa foi feita pela comparação visual dos mapas de cada turma, 12 alunos da turma T₁ e 24 alunos da turma T₂. Através da observação e identificação (contagem simples, sem consideração de pesos) das proposições, hierarquia, ligações e exemplos, os mesmos receberam notas entre 5,0 e 10,0 (com intervalos de 0,5), correspondentes à nota da avaliação feita pelo professor de Físico-Química. Para verificar o desempenho de cada turma e confrontá-los as notas foram agrupadas em três categorias: altas (notas entre 9,0-10,0), intermediárias (notas entre 7,5-8,5) e baixas (notas entre 5,0-7,0). Ainda foi avaliada a evolução dos mapas dos alunos repetentes, isto é, que estavam presentes nas duas turmas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise qualitativa dos mapas demonstrou que a grande maioria dos alunos da turma T₁ apresentou notas entre 5,0-8,5, como pode ser visto na figura 3, evidenciando as dificuldades dos mesmos em organizar os conceitos de Termodinâmica Estatística em modelos mentais de ordem superior.

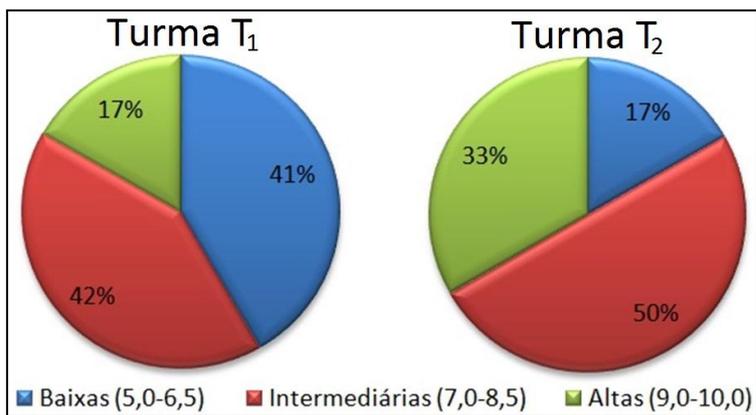


Figura 3: Comparativo dos agrupamentos das notas atribuídas às turmas na análise qualitativa.

Ao mesmo tempo, também na figura 3, observa-se que a maioria dos alunos da turma T₂ apresentou notas entre 7,0-10,0, demonstrando uma melhor noção de como organizar os conceitos abordados. Essa avaliação comparativa deixa clara esta evolução nas notas atribuídas pelo professor e conseqüente estruturação dos MC dos alunos, porém, é importante ter em mente que parte desse melhor desempenho apresentado pela turma T₂ pode ser resultado tanto do aprimoramento do professor na execução da proposta, quanto de um maior treinamento dos alunos da segunda turma na confecção dos mapas.

Para a turma T₁, um dos mapas que foi melhor avaliado pelo professor, correspondente ao aluno F, é apresentado na figura 4.

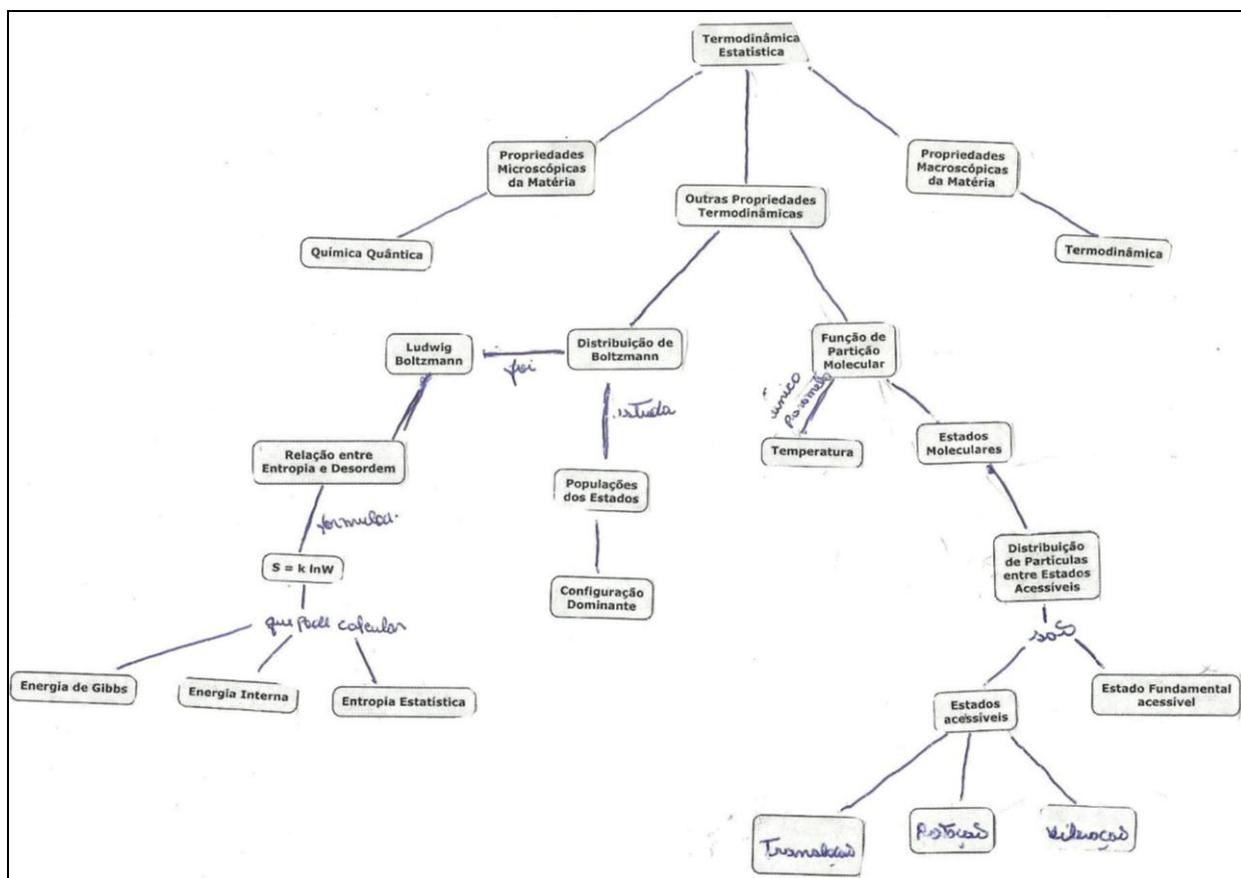


Figura 4: Mapa conceitual preparado pelo aluno F da turma T₁, que obteve nota 10,0 do professor.

um determinado conteúdo por parte do aluno. É perceptível ainda, pela observação das figuras 4 e 5, que praticamente a mesma quantidade de termos foram empregados na elaboração dos mapas destes alunos, porém, para o aluno U da turma T₂, figura 5, é notável também o maior número de ligações e ramificações entre os conceitos

Ainda dentro desta análise que definimos como qualitativa, um importante representante de um mapa que obteve nota baixa, atribuída pelo professor, corresponde ao MC construído pelo aluno G da turma T₁, figura 6.

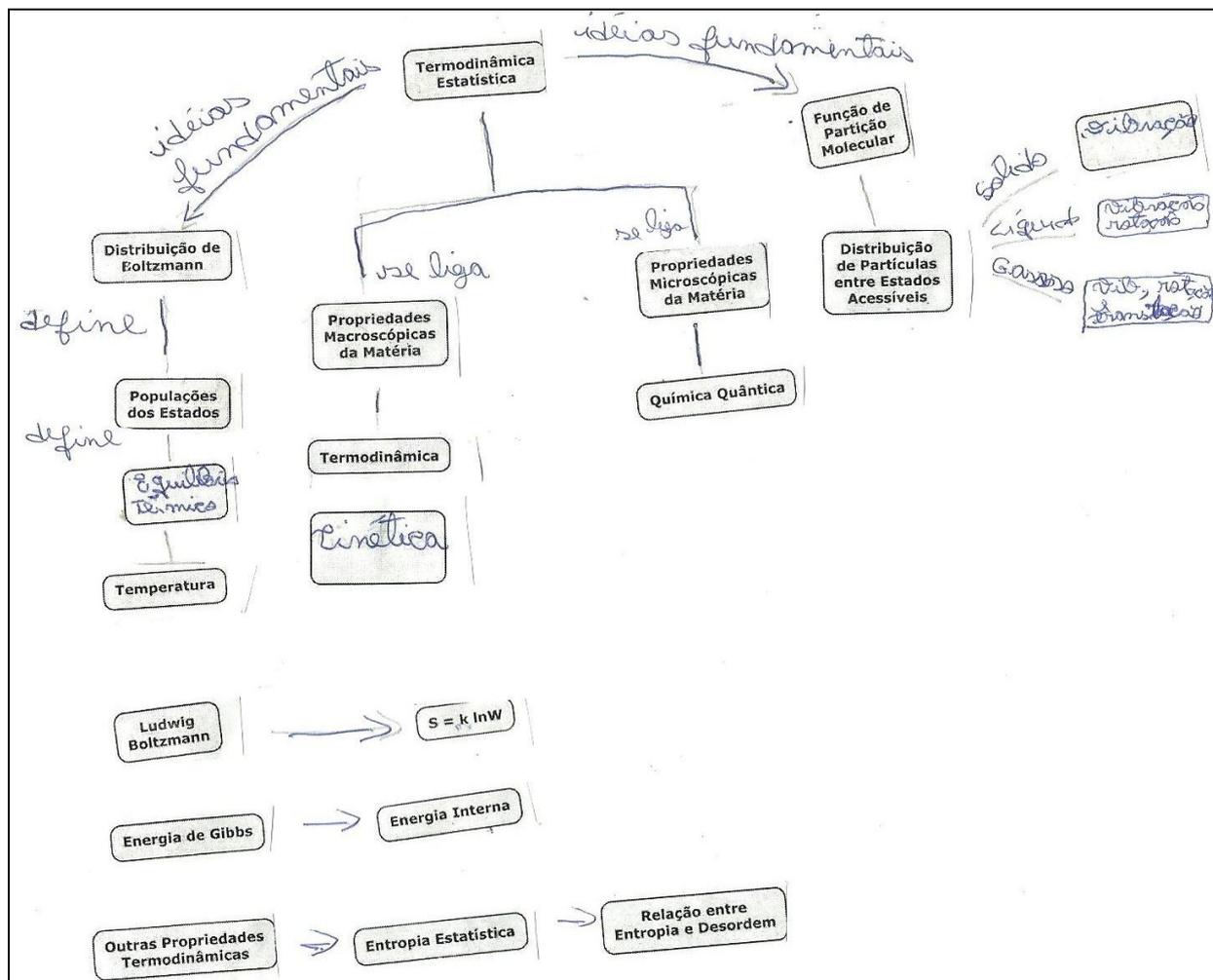


Figura 6: Mapa conceitual preparado pelo aluno G da turma T₁, para qual foi atribuída nota 5,0.

O aspecto mais relevante e que chama a atenção do mapa conceitual do aluno G, figura 6, é que o mesmo apresenta alguns termos soltos, sem ligação ou relação hierárquica com os termos encontrados na parte superior do MC. Provavelmente este aluno não conseguiu organizar estes termos, ou não tinha suas relações estabelecidas em sua estrutura cognitiva, e, mesmo assim, decidiu utilizá-los.

De um modo geral, os alunos de ambas as turmas conseguiram construir seus MC selecionando corretamente os conceitos mais gerais de Termodinâmica Estatística, que são “Distribuição de Boltzmann” e “Função de Partição Molecular”. A maioria dos MC mostrou uma estrutura hierárquica adequada e compatível com o mapa conceitual

de referência (MCR), sendo que apenas alguns poucos apresentaram falhas estruturais graves, empregaram palavras de ligação inapropriadas ou não as utilizaram.

Outra perspectiva de análise empregada neste estudo, a quantitativa, foi feita usando os critérios de classificação de Novak (1996), levando em consideração as proposições significativas e válidas, hierarquia, ligações cruzadas e os exemplos. A figura 7 mostra a pontuação do MCR e dos MC dos alunos das turmas T_1 e T_2 .

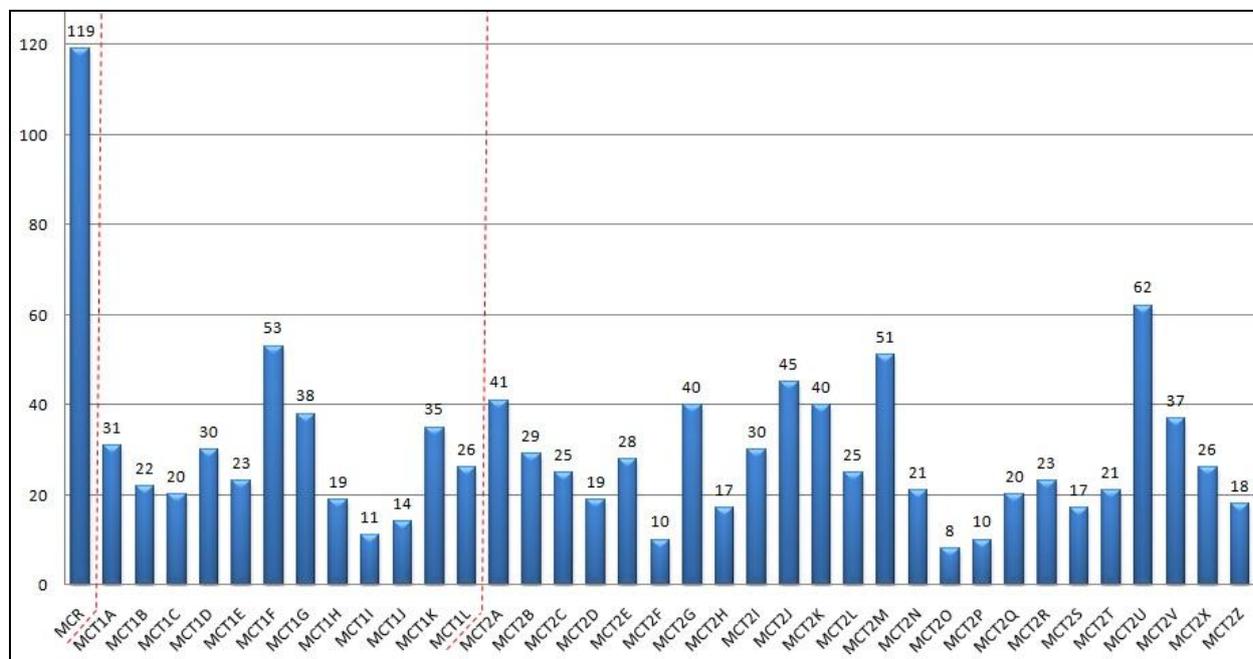


Figura 7: pontuação do MCR e dos MC construídos pelos alunos das turmas T_1 (semestre 2012.2) e T_2 (semestre 2013.1). As linhas tracejadas em vermelho delimitam o MCR, a turma T_1 e a T_2 .

Pela análise da figura 7 nota-se que a pontuação dos MC dos alunos tanto da turma T_1 quanto da turma T_2 apresentou comportamentos semelhantes, ou seja, poucos mapas com baixas pontuações, mas ambas as turmas se distanciando consideravelmente do MCR.

É importante mencionar que isto não significa, necessariamente, falta de entendimento dos conceitos por parte dos alunos, mas apenas um distanciamento da pontuação máxima de referência correspondente ao mapa elaborado pelo professor da disciplina de Físico-Química. Isso se deve ao simples fato de que os alunos utilizaram poucas proposições e nenhum deles apresentou ligações cruzadas. Segundo Novak (1996), as regras de pontuação são consideradas razoáveis quando atribuídos valores numéricos, assim sugere que cada ligação cruzada válida deve possuir duas ou três vezes a pontuação de cada nível hierárquico. Este peso diferente, atribuído às ligações válidas e cruzadas, contribuiu em muito para o distanciamento entre os MC dos alunos e do MCR. Vale à pena ressaltar que esta dificuldade também foi verificada por Conceição e Valadares (2002) em alunos iniciantes na construção de mapas conceituais, tratando-se muito mais de uma inexperiência em seu uso do que necessariamente falta de entendimento de relações entre conceitos.

Dentre os MC construídos pelos alunos da turma T_1 , o MCT₁F foi o que apresentou maior pontuação (53 pontos, figura 7), corroborando o resultado da análise

qualitativa dos mapas, figura 4. Este mapa apresenta como conceito mais geral Termodinâmica Estatística, sete níveis de hierarquia, quinze proposições válidas e três exemplos. O fato de apresentar uma satisfatória hierarquização indica que este aluno entendeu como os conceitos devem estar organizados, o que é muito importante já que o aluno conseguiu diferenciar conceitos mais abrangentes dos mais específicos.

Os mapas da turma T_2 foram pontuados segundo os mesmos critérios da turma T_1 . Pela figura 7 visualiza-se que o MCT_2U se destaca entre os demais, com 62 pontos. Este mapa é apresentado na figura 5, no qual se observa uma boa hierarquia entre os conceitos, uso de palavras de ligação apropriadas, com significados importantes, às quais permite estabelecer novas relações entre conceitos, além da existência de um exemplo. A análise deste MC demonstrou que, apesar de não apresentar ligações cruzadas, esse aluno tem claro em sua mente os principais conceitos de TE.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de novas estratégias de avaliação como mapas conceituais permite o professor avaliar a aprendizagem dos alunos de forma positiva, considerando principalmente o que foi compreendido, sem valorizar demasiadamente uma questão ou ponto específico de um conteúdo. Como resultado do presente trabalho, acreditamos que MC são valiosos instrumentos de avaliação, uma vez que foi evidenciado que os alunos, em sua maioria, conseguiram interligar conceitos de Termodinâmica Estatística e revelar a hierarquia entre eles de maneira ordenada.

Apesar de considerarmos como muito positivo o resultado geral da avaliação de Termodinâmica Estatística por meio de mapas conceituais, alguns poucos alunos não conseguiram hierarquizar os conceitos adequadamente, como é o caso dos MCT_1I (11 pontos), MCT_1J (14 pontos), MCT_2F (10 pontos), MCT_2O (8 pontos) e MCT_2P (10 pontos), figura 7. Na turma T_2 há presença de dois alunos repetentes (alunos 2 e 3) da turma T_1 (alunos 2 e 3).

Um segundo aspecto importante e ainda não mencionado neste artigo é a evolução verificada nos MC de alunos repetentes (MCT_1B (22 pontos) e MCT_1C (20 pontos) da turma T_1 e MCT_2B (29 pontos) e MCT_2C (25 pontos) da turma T_2). Através dos resultados destes alunos na turma T_2 , figura 7, é possível notar que ambos conseguiram relacionar e organizar melhor a estrutura dos conceitos trabalhados.

Por fim, pode-se concluir que o uso de MC é uma alternativa extremamente versátil na prática pedagógica do professor, já que se constitui tanto como uma estratégia de ensino, quanto como ferramenta útil para verificação da aprendizagem dos alunos, ao mesmo tempo em que permite um diagnóstico para a superação das eventuais dificuldades enfrentadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. I. M. V. D. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO. UFMT, 2006.

ARAÚJO, A. M. T.; MENEZES, C. S. D.; CURY, D. Um Ambiente Integrado para Apoiar a Avaliação da Aprendizagem Baseado em Mapas Conceituais. **Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, UNISINOS, p. 49-59, 2002.

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 3ª. ed. Porto Alegre: Bookman, p. 347-380, 2006.

ATKINS, P.; PAULA, J. D. **Físico-Química**. 8ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2011.

BRUM, W. P.; SCHUHMACHER, E. A importância da utilização de mapas conceituais no ensino de geometria iluminado pela teoria da aprendizagem significativa. **VI Congresso Internacional de Ensino da Matemática**, Ulbra- RS, p. 1-8, 2013.

CONCEIÇÃO, L.; VALADARES, J. Mapas conceituais progressivos como suporte de uma estratégia construtivista de aprendizagem de conceitos mecânicos por alunos do 9º ano de escolaridade - que resultados e que atitudes? *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2, n 2, p. 21-35, 2002.

KOZLIAK, E. I. Introduction of Entropy via the Boltzmann Distribution in Undergraduate Physical Chemistry: A Molecular Approach. **Journal of Chemical Education**, v. 81, n. 11, p. 1595-1598, Novembro 2004.

LUCKESI, C. C. O que é mesmo o ato de avaliar a aprendizagem. **Pátio**, Porto Alegre: Artmed, Ano 3, n. 12, fevereiro/abril 2000.

LUCKESI, C. C. Avaliação de Aprendizagem Escolar. 19. ed. São Paulo: Cortez editora, 2008. Cap. V, p. 85-101.

NOVAK, J. D. E. G. D. B. **Aprender a aprender**. Tradução de Carla Valadares. 1ª. ed. Lisboa: Plátano Edições, 1996.

OLIVEIRA, M. M.; FROTA, P. R. D. O. Mapas conceituais como estratégias para o ensino de educação ambiental. **ATOS DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO**, Blumenau, v. 7, p. 228-241, janeiro/abril 2012.

PELIZZARI, A. Teoria da aprendizagem significativa. **Rev. PEC**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 37-42, julho 2001-2002.

REIS, M. C.; BASSI, A. B. M. S. A segunda lei da termodinâmica. **Química Nova na Escola**, Campinas - SP, v. 31, p. 1057-1061, janeiro 2012.

ROSA, P. R. D. S. **A teoria cognitivista de David Ausubel**. Cap. 4, p. 1-16.

TRINDADE, J. O. D.; HARTWIG, D. R. Uso Combinado de Mapas Conceituais e Estratégias Diversificadas de Ensino: Uma Análise Inicial das Ligações Químicas. **Química Nova na Escola**, v. 34, p. 83-91, maio 2012.