UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**INSTITUTO DE FÍSICA
INSTITUTO DE QUÍMICA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO**

**Mapas Conceituais no Ensino de Ciências:
Identificação de Proposições Estáticas e Dinâmicas
para Expressar as Relações entre a Ciência,
Tecnologia e a Sociedade**

Jerson Geraldo Romano Junior

**São Paulo
2012**

JERSON GERALDO ROMANO JUNIOR

**Mapas Conceituais no Ensino de Ciências:
Identificação de Proposições Estáticas e Dinâmicas
para Expressar as Relações entre a Ciência,
Tecnologia e a Sociedade**

**Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa
de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de
Ciências, como requisito parcial para obtenção do
título de Mestre em Ensino de Ciências.**

Área de concentração: Química

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia

**São Paulo
2012**

FICHA CATALOGRÁFICA

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.

FICHACATALOGRÁFICA

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

Romano Junior, Jerson Geraldo

Mapas conceituais no ensino de ciências: identificação de proposições estáticas e dinâmicas para expressar as relações entre a ciência, tecnologia e sociedade – São Paulo - 2012.

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

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia

Área de Concentração: Química

Unitermos: 1. Química (Estudo e ensino); 2. Ensino de ciências; 3. Mapa conceitual; 4. Análise proposicional; 5. Proposições estáticas e dinâmicas.

USP/IF/SBI-056/2012

São Paulo
2012

FOLHA DE APROVAÇÃO

Jerson Geraldo Romano Junior

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de concentração: Química

Banca Examinadora

Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia _____

Instituição: EACH-USP/Leste _____ Assinatura _____

Prof. Dr. Ítalo Modesto Dutra _____

Instituição: UFRGS _____ Assinatura _____

Prof. Dr^a. Maria Cristina Motta de Toledo _____

Instituição: EACH-USP/Leste _____ Assinatura _____

Dedicatória

Ao meu pai e minha mãe que me fizeram forte para suportar as dificuldades da vida.
Aos meus grandes amores Elisabete (esposa) e Guilherme (filho).

Agradecimentos

A Deus, por me amparar nos momentos difíceis;

À esposa amada, por me incentivar sempre;

Ao filho, pela paciência e compreensão de que deveria esperar seu pai para jogar vídeo-game;

Ao orientador, pelos ensinamentos;

À Joana, pela ajuda na HCA;

Aos membros da banca, pelas valiosas contribuições;

À USP, pela oportunidade;

Aos professores das disciplinas cursadas, pelo aprendizado. (Profª Drª Maria Eunice Marcondes, Prof. Dr. Paulo Porto, Prof. Dr. Alberto Villani, Profª Drª Myriam Krasilchik, Profª Drª Silvia Fratesch Trivelato, Profª Drª Daisy de Brito Rezende e Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia);

À SEESP, pela bolsa de estudos concedida.

Resumo

ROMANO JUNIOR, J. G. **Mapas conceituais no ensino de ciências: identificação de proposições estáticas e dinâmicas para expressar as relações entre a ciência, tecnologia e sociedade.** 2012. 99f. Dissertação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Os mapas conceituais (MCs) são úteis para representar o conhecimento e promover a aprendizagem significativa, porém recentes trabalhos na literatura apontam que não estão sendo plenamente explorados, pois raramente são utilizados para representar o conhecimento diversificando as proposições.

As proposições são unidades fundamentais de conhecimento nos mapas conceituais (MCs). Diferentes mapeadores podem responder a mesma pergunta focal realizando diferentes conexões e relacionando os conceitos de formas diferentes para representar o conhecimento.

A proposta do trabalho consiste na elaboração de uma análise de proposições (n=1455) presentes em MCs (n= 104) coletados na disciplina Ciências da Natureza (EACH-USP/Leste) em 2009, durante o período da primeira (MC5) e terceira avaliação (MC15). A análise proposicional proposta utilizou-se de um esquema taxonômico para classificação de proposições estáticas e dinâmicas em seis categorias.

As proposições estáticas representam o conhecimento com definições e classificações, enquanto que as proposições dinâmicas expressam relações de ação, influência, dependência, interdependência funcional, proporcionalidade e causa e efeito entre os conceitos.

O número de proposições por categoria passou por métodos de estatística descritiva, para mostrar os parâmetros estatísticos como, média, mediana, quartil inferior, quartil superior, mínimo da amostra, e máximo da amostra para descrever

cada uma das seis variáveis consideradas na análise proposicional proposta neste trabalho.

A comparação dos valores médios de cada categoria para análise proposicional das avaliações MC5 com os valores médios de cada categoria das avaliações MC15 foi feita utilizando-se o teste-t.

O método de estatística exploratória multivariada foi empregado para realizar análise hierárquica de agrupamentos (HCA) a fim de observar possíveis tendências entre os alunos e/ou categorias. A HCA agrupou as seis categorias de proposições propostas por este trabalho, sendo que em MC15 houve uma maior distribuição dos tipos de proposições entre as categorias dinâmicas. A HCA formou três agrupamentos para ambas as avaliações e, ainda que tendências dos agrupamentos tenham se mantido, houve um aumento do número total de proposições, sendo que mais de 60% dos alunos optaram pelas proposições dinâmicas, comprovando a eficácia dos estímulos fornecidos nas avaliações.

Os resultados apontam para a necessidade da utilização da análise proposicional no mapeamento conceitual para diversificar formas de representação do conhecimento, ou seja, que não sejam somente com o objetivo de descrever, definir e classificar conceitos, mas que sejam utilizadas para incentivar relações conceituais de ação, influência, dependência, proporcionalidade, interdependência funcional e causa e efeito.

Palavras-chave: 1. Química (Estudo e ensino); 2. Ensino de ciências; 3. Mapa conceitual; 4. Análise proposicional; 5. Proposições estáticas e dinâmicas.

Abstract

JUNIOR ROMANO, J. G. **Concept maps in science education: identification of static and dynamic propositions to express the relationships between science, technology and society**. 2012. 99f. Master's Dissertation. University of São Paulo, São Paulo, Brazil. 2012.

The concept maps (CMs) are useful for representing knowledge and promote meaningful learning, but recent studies in the literature indicate that they are not being fully exploited because they are rarely used to represent knowledge by diversifying the propositions.

The propositions are fundamental units of knowledge in concept maps (CMs). Different authors may answer the same question different focal performing connections and related concepts in different ways to represent knowledge.

Our purpose is to prepare an analysis of propositions (n = 1455) present in MCs (n = 104) collected in the course of Nature Sciences (EACH-USP/Leste) in 2009, during the first (MC5) and third assessment (MC15). The analysis used the propositional proposed a scheme for taxonomic classification of static and dynamic propositions in six categories.

The proposals represent the static knowledge with definitions and classifications, while the dynamic propositions expressing relations of action, influence, dependence, and proportionality between cause and effect concepts.

The number of propositions in each category went through descriptive statistical methods, to show the statistical parameters as mean, median, lower quartile, upper quartile, the sample minimum and maximum sample to describe each of the six variables considered in the analysis proposed propositional this work.

A comparison of mean values for each category analysis of propositional evaluations MC05 to mean values for each category of MC15 evaluation was made using t-test.

The exploratory multivariate statistical method was used to perform hierarchical cluster analysis (HCA) to observe possible trends among students and / or categories. HCA grouped the categories and in MC15 was a greater distribution of the types of propositions between the dynamic categories. The HCA was formed three groups for both assessments and, although trends of groupings have been kept, there was an increase in the total number of propositions, and more than 60% of students opted for dynamic propositions, proving the effectiveness of the stimuli provided in the evaluations .

The results point to the necessity of using propositional analysis of the conceptual mapping to diversify forms of knowledge representation, they are not solely for the purpose of describing, defining and classifying concepts, but are used to encourage conceptual relations action, influence, dependence, proportionality and cause and effect.

Keywords: 1. Science education; 2. concept maps; 3. Propositional analysis; 4. Static and dynamic propositions, 5. STS relationship.

Lista de abreviações e acrônimos

AHC	Análise hierárquica de agrupamentos
AM	Aprendizagem mecânica
AS	Aprendizagem significativa
CN	Ciências da Natureza
CTS	Relações entre ciência, Tecnologia e Sociedade
MC	Mapa conceitual
E	Proposição estática
D	Proposição dinâmica
D0	Proposição dinâmica sem causa e efeito
D1	Proposição dinâmica com causa e efeito
D00	Proposição dinâmica não causal não quantificada
D01	Proposição dinâmica não causal com quantificação parcial
D10	Proposição causal não quantificada
D11	Proposição causal parcialmente quantificada
D12	Proposição causal totalmente quantificada
n.d.	Nenhuma data

Sumário

1. Introdução.....	14
1.1. Mapas conceituais: evolução histórica, definição e estrutura.....	14
1.2. Elementos construtivos do conhecimento nos mapas conceituais: conceito, termo de ligação e proposição.....	18
1.3. Tipos de proposições.....	20
1.3.1. Proposições estáticas.....	21
1.3.2. Proposições dinâmicas.....	23
1.4. Análises dos MCs.....	25
1.4.1. Análise estrutural.....	25
1.4.2. Análise de vizinhança.....	28
1.4.3. Análise proposicional.....	28
1.5. Aplicações e desafios na utilização dos mapas conceituais.....	31
1.6. Ensino de ciências (EC) para promoção da Alfabetização Científica (AC): Utilização dos MCs para verificação das relações CTS.....	35
2. Objetivo da pesquisa	40
3. Fundamentação teórica.....	41
3.1. Aprendizagem significativa (AS).....	41
3.1.1. Condições para ocorrência da AS.....	43
3.1.2. Teoria de Assimilação.....	44
3.1.3. Processo de organização dos subsunçores.....	45
3.1.4. Formas de AS.....	47
3.1.5. Tipos de AS.....	50
3.2. Teoria Educacional de Novak.....	51
3.3. Mapas conceituais como ferramenta da AS.....	53
3.4. Tipos de proposições – revisão na literatura.....	55
3.4.1. Estímulos para elaboração de proposições dinâmicas.....	57
3.4.2. Taxonomia para análise proposicional.....	58
4. Procedimento de pesquisa.....	63
4.1. Coleta de dados.....	63
4.2. Tratamento dos dados.....	68
4.3. Análise dos dados.....	73
4.3.1. Estatística Descritiva.....	73
4.3.2. Estatística exploratória multivariada.....	73

5. Resultados e discussão.....	74
5.1. Análise taxonômica das proposições no conjunto total dos MCs.....	74
5.2. Análise taxonômica das proposições ao longo da disciplina de CN.....	80
5.3. Exemplos ilustrativos de MCs.....	88
6. Considerações finais.....	90
7. Referências Bibliográficas.....	94

1. Introdução

1.1. Mapas conceituais: evolução histórica, definição e estrutura.

O desenvolvimento do mapeamento conceitual iniciou-se em 1972 na Universidade de Cornell durante um trabalho de pesquisa liderado por Joseph Novak. Este trabalho foi realizado em cinco escolas públicas em Ithaca nos Estados Unidos e tinha como objetivo verificar a mudança conceitual no ensino de ciências (NOVAK; MUSONDA, 1991).

A equipe de pesquisadores entrevistou um grande grupo de estudantes de ensino fundamental e médio, e tiveram dificuldades em identificar mudanças específicas na compreensão de conceitos científicos revelados pelos alunos apenas pelas transcrições de entrevistas. Então, Novak e sua equipe decidiram transformar estas transcrições em um organizado conjunto de conceitos e proposições, que representassem o conhecimento expresso pelos alunos (CAÑAS, 2009).

A técnica de selecionar os conceitos das entrevistas dos alunos em áudio e construir uma rede hierárquica para representar as informações de forma clara e resumida gerou a ferramenta capaz de representar o conhecimento humano: mapa conceitual (NOVAK; GOWIN, 1984).

Os mapas conceituais se mostraram úteis não apenas para transcrever as entrevistas, mas poderiam ajudar os alunos a adquirir uma estrutura de conhecimento mais poderosa e proporcionar um meio para a criação de novos conhecimentos. Desta forma, o trabalho de pesquisa liderado por Dr. Novak se baseou na Teoria da Assimilação Cognitiva da Aprendizagem de Ausubel e uma epistemologia construtivista emergente, que via o conhecimento como uma criação humana envolvendo a construção de novos conceitos e proposições através do processo de altos níveis de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 1963, 1968; NOVAK; GOWIN, 1984; NOVAK, 1993, 1998).

A popularidade do mapeamento conceitual aumentou particularmente em 1980 dentro da comunidade educativa, se tornando uma ferramenta de aprendizagem e de avaliação, desde o ensino básico até os cursos de pós-graduação.

No início dos anos 90, Novak trabalhou com a equipe de pesquisa e desenvolvimento da Procter and Gamble e descobriu que os MCs são ferramentas facilitadoras tanto no contexto educacional como no meio corporativo, pois sua utilização estimula a aprendizagem, criação e uso do conhecimento. Porém seu potencial de utilização era limitado por serem manuscritos em papel (NOVAK, 1998; CAÑAS et al., 2004; CAÑAS, 2009).

Em 1997, Novak e Cañas em conjunto com outros pesquisadores do Florida Institute for Human and Machine Cognition (IHMC) realizaram atividades de pesquisa que culminaram no desenvolvimento de um software, o CmapTools. A utilização deste software permite a elaboração e compartilhamento de MCs na Web utilizando diferentes tipos de recursos como imagens, vídeos, textos, links, o que possibilita a construção de modelos de conhecimento (CAÑAS, et al., 2005).

A partir do final da década de 90 registra-se um crescimento contínuo no uso e na aplicação dos MCs. Esse crescimento é refletido em publicações, como os 12 artigos de uma edição especial do Journal of Research in Science Teaching (vol 27) e a ampla e abrangente participação em trabalhos apresentados em congressos internacionais bianuais sobre este tema, o qual teve sua primeira edição em 2004.

O MC é uma ferramenta de representação bidimensional de conhecimento e apresenta uma estrutura hierárquica, onde o(s) conceito(s) mais geral(is) se localiza(m) na parte superior do MC, e à medida que caminhamos verticalmente para baixo encontramos os conceito(s) mais específico(s). De acordo com Novak (2010), esta estrutura de representação hierárquica dos conceitos interligados de forma específica possibilita entender a estrutura cognitiva idiossincrática de um indivíduo sobre determinado assunto ou área de conhecimento.

Ainda de acordo com Novak (2010), os MCs podem ser definidos como um conjunto de conceitos imersos em uma rede de proposições. As proposições são formadas pelo relacionamento dos conceitos (C) pelos termos de ligações (TL). A inclusão obrigatória de um termo de ligação, que expresse claramente a relação entre os

conceitos, é o que confere ao mapeamento conceitual sua característica fundamental da busca pelo significado e o diferencia de outras formas de representações gráficas de visualização bidimensional de informação como os organogramas e diagramas de fluxo (Figura 1).

Figura 1: Estrutura fundamental das proposições: conceitos (C1 e C2) e termo de ligação (TL1).

O organograma, também denominado diagrama organizacional representa uma estrutura formal hierárquica de poder mostrando os cargos e relações entre seus membros. É importante nas corporações, pois facilita as decisões relacionadas com a gestão e comunicação entre os departamentos ou membros (Figura 2).

Figura 2: Organograma: representação gráfica da estrutura hierárquica de uma empresa.

O fluxograma é uma ferramenta para organização de produtos e processos, muito utilizado em fábricas e indústrias para sistematizar procedimentos, analisar e controlar informações e custos (Figura 3).

Figura 3: Fluxograma de análise de riscos: in <http://www.java-point.blogspot.com>. Acesso em 30/01/2010

1.2. Elementos construtivos do conhecimento nos mapas conceituais: conceito, termo de ligação e proposição

As proposições são formadas a partir de dois componentes principais, os conceitos e o termo de ligação, e a compreensão do significado destes é um passo fundamental na construção e utilização de mapas conceituais (NOVAK, 1977; CAÑAS, 2009).

Novak (1984), com base em Ausubel (1968; 2000) e Toulmin (1972), define conceito como uma regularidade percebida ou padrão em eventos ou objetos ou registros de eventos ou objetos, designado por um nome.

O conceito é representado por uma palavra que descreve e nomeia conceitos, ou seja, a palavra é um rótulo dos conceitos e mapeia a estrutura conceitual. Por exemplo, a palavra “cão” revela um conceito que descreve este tipo particular de animal, com todas as possíveis variações em termos de tamanho, cor e raça. Apesar destas diferentes características, este animal tem similaridades que o categoriza diferenciando-o de outros animais. O rótulo para a maioria dos conceitos é uma única palavra, mas pode se usar símbolos e, ainda, em alguns casos, mais de uma palavra pode ser usada (CAÑAS, 2009).

Os conceitos são compostos por objetos ou eventos, sendo estes concretos ou abstratos, e são necessários para representar o conhecimento sobre o universo e seu conteúdo. Geralmente os eventos são compreendidos de forma equivocada como acontecimentos, ou como uma "partida" ou uma "reunião", porém compreendem alterações no status dos conceitos, como quantificações e qualificações. Por exemplo, “cão feroz” ou “mais violentos” (CAÑAS; NOVAK, 2009).

O conceito isolado não comunica significado claro e evidente. Se alguém declara "quadrado", o que é a pessoa quer comunicar? O conceito "quadrado" pode ter vários significados: uma forma geométrica, caráter conservador, ou então o produto de um número multiplicado por si mesmo. As informações sobre o significado específico podem ser fornecidas no contexto da comunicação e dependem da

relação estabelecida com outros conceitos, a qual é feita a partir do termo de ligação.

Os termos de ligação são palavras usadas para unir conceitos, conferindo a estes significados a partir das relações entre eles, formando assim, as proposições. O significado de uma proposição depende do termo de ligação utilizado entre os conceitos. Por isso, a escolha adequada de verbos como termos de ligação para expressar claramente a relação entre dois conceitos é possivelmente a tarefa mais difícil durante a construção de mapas conceituais (CAÑAS, 2009; NOVAK; GOWIN, 1984).

A Figura 4 apresenta proposições (I e II) sem clareza proposicional, pois não transmitem qualquer significado e proposições (III e IV), que podem ser lidas de forma independente e entendida, mesmo que o contexto da proposição não seja claramente indicado. Por isso, são chamadas unidades semânticas ou unidades de significado (CAÑAS, 2009).

Figura 4: Apresentação de significados nas relações entre conceitos: proposições sem clareza proposicional (I e II) e unidades semânticas (III e IV).

No exemplo I a ausência tanto do termo de ligação (???) como do sentido de leitura, (ausência da seta), implica em falta de significado na relação entre os conceitos.

No segundo exemplo, existe um sentido de leitura orientado por uma seta, porém a relação entre os conceitos feita por um termo de ligação (como), que não é um verbo

não permite qualquer julgamento ou posicionamento, isto é, não podemos concordar ou mesmo discordar em relação ao seu conteúdo ou significado. Quando não podemos emitir um juízo de valor em relação a uma proposição dizemos que esta não apresenta clareza semântica, portanto podemos dizer que não é uma boa proposição (CAÑAS, 2009).

No terceiro exemplo, a proposição III está clara, pois em sua estrutura nota-se a presença de um termo de ligação, o verbo “gera” relacionando dois conceitos automóveis e poluentes orientados por uma seta, a qual fornece o sentido de leitura e possibilita que o leitor da proposição faça uma avaliação de seu conteúdo, concordando ou discordando do seu significado.

O quarto exemplo mostra que apesar da proposição relacionar os conceitos com um verbo “gera” no termo de ligação apresenta um erro conceitual, pois podemos discordar desta afirmação. Deve-se ressaltar que erros conceituais podem ser evidenciados nos MCs, visto que a aprendizagem significativa não implica necessariamente no estabelecimento de relações conceituais corretas. Apesar de significativa, a aprendizagem pode apresentar incorreções passíveis de revisão (NOVAK, 2002).

1.3. Tipos de Proposições

A apresentação da mensagem em uma proposição depende da forma como relacionamos os conceitos. O verbo utilizado no termo de ligação é determinante nas diferentes maneiras de se declarar o conteúdo proposições.

É possível fazer uma analogia das diferentes declarações em uma proposição com a variedade de propriedades características nas substâncias formadoras da matéria. Para isto, devemos considerar os conceitos como se fossem os átomos, os termos de ligações (verbos) como as ligações químicas (iônica, covalente e metálica) e, as proposições como as substâncias (iônicas, moleculares e metálicas) que formam a matéria. As diferentes características nas propriedades das substâncias dependem do tipo de ligação química que os átomos estabelecem entre si.

Da mesma forma, o verbo utilizado no termo de ligação, faz com que a proposição expresse diferentes características em seu conteúdo declarativo. As proposições podem apresentar em seu conteúdo: definições, descrições, classificações e também relações de influência, dependência, interdependência funcional, proporcionalidade e causa e efeito (ROMANO JR; CORREIA, 2010). As proposições podem ser estáticas ou dinâmicas conforme os verbos presentes nos termos de ligações. Em geral, a representação adequada do conhecimento requer a utilização de ambas proposições (CAÑAS, 2009).

1.3.1. Proposições estáticas

As relações estáticas entre os conceitos ajudam a descrever, definir e organizar o conhecimento para um determinado domínio, enquanto que as relações dinâmicas representam o conhecimento com relações de influência, dependência, proporcionalidade e causa e efeito entre conceitos (SAFAYENI; DERBENTSEVA; CAÑAS, 2005; DERBENTSEVA; SAFAYENI; CAÑAS, 2007; MILLER; CAÑAS, 2008; ROMANO JR; CORREIA, 2010).

As proposições estáticas são utilizadas para definir características, descrever propriedades e organizar hierarquicamente o conhecimento com classificações. Normalmente os verbos utilizados como termos de ligação neste tipo de proposição são os verbos de ligação (ser, estar) e verbo (ter), os quais não denotam ação (MILLER; CAÑAS, 2008; ROMANO JR; CORREIA, 2010).

Existem diversas maneiras de representar o conhecimento com proposições estáticas. Jonassen (2000) reconheceu que estruturas conceituais hierárquicas poderiam ser representadas com proposições estáticas com características de: **inclusão**, por exemplo, a cabeça -é parte do→ corpo humano, de **associação comum**, por exemplo, quadrados e triângulos -são→ formas geométricas, de **diferenciação**, por exemplo, formas geométricas -podem ser→ simétricas e assimétricas e, por fim, **semelhança (comparação)**, o soldado -é um→leão.

O MC elaborado para responder quais são os meios de transportes, suas categorias e características são representadas na Figura 5 com o objetivo de exemplificar proposições estáticas.

Pergunta focal: O que e quais são os meios de transportes, suas classificações e características ?

Figura 5: MC elaborado com proposições estáticas: caixa oval com linhas descontínuas apresenta a definição, caixas retangulares escuras mostram as classificações em categorias e subcategorias e caixas retangulares claras com linhas descontínuas apresentam exemplos e as características dos meios de transporte são apresentadas em caixas retangulares claras com linhas contínuas.

A representação da Figura 5 é expressa um modelo hierárquico de MC, onde o conceito mais geral ou inclusivo “meios de transporte” aparece na parte superior e os conceitos específicos na parte inferior (NOVAK; GOWIN, 1984).

As proposições estáticas são formadas por termos de ligação que apresentam verbo de ligação (ser) e verbo (ter), os quais não denotam ação. Este tipo de verbo é utilizado para representar o conhecimento com descrições, definições e classificações, o que é notado a partir da primeira proposição, Meios de Transporte - são→ Formas de Deslocamento.

Um sistema de classificação de “Meios de Transportes” é observado a partir do conceito “Formas de Deslocamento”, o qual é elaborado com proposições que possuem os conceitos “Transportes Aquáticos”, “Transporte(s) Aéreo(s)” e “Transportes Terrestres”. Observa-se um grau de detalhamento nesta classificação com as subcategorias, “Transporte Fluvial”, “Transporte Marítimo”, “Transporte Ferroviário” e “Transporte Rodoviário”.

Exemplos dos “Meios de Transporte” são representados em caixas retangulares com linhas descontínuas pelos conceitos “Navios”, “Aviões”, “Trens” e “Carros”. Estes têm características comuns representadas pelos conceitos “Motores de Combustão Interna” e “Poluentes”.

1.3.2. Proposições dinâmicas

Proposições dinâmicas envolvem movimento, ação, mudança de estado e relações de dependência. Podem apresentar relações de causa e efeito quando um conceito corresponde à causa e o outro a consequência. Estas proposições podem ser quantificadas indicando a maneira pela qual certa mudança de um conceito influencia uma alteração correspondente no outro conceito (SAFAYENI; DERBENTSEVA; CAÑAS, 2005; DERBENTSEVA; SAFAYENI; CAÑAS, 2007; MILLER; CAÑAS, 2008; ROMANO JR; CORREIA, 2010).

Dois tipos de relações dinâmicas são possíveis, conforme Thagard (1992), aquelas que se baseiam em relações de causa e efeito, como por exemplo, variação na

velocidade causa variação no tempo de viagem a uma determinada distância, e aqueles com base em correlações e probabilidades, como por exemplo, bom desempenho acadêmico no ensino médio influencia o bom desempenho acadêmico na Universidade.

As proposições não estão limitadas a conectar apenas dois conceitos. Pode-se observar que a proposição, **variação na velocidade** causa **variação no tempo de viagem** a uma **determinada distância** incluiu três conceitos, os quais estão em negrito. Mas, ao se construir MCs, o esforço é manter as proposições tão breves quanto possível, de preferência conectando apenas dois conceitos (CAÑAS, 2009).

Um mapa conceitual elaborado para responder a pergunta focal: “Como o aumento do número dos meios de transportes influencia a sociedade?” foi elaborado somente com proposições dinâmicas na Figura 6.

Figura 6: MC sobre as consequências do aumento da quantidade dos meios de transportes na sociedade elaborado com proposições dinâmicas que refletem características de dependência, influência, causa e efeito e proporcionalidade e interdependência funcional entre os conceitos.

Nota-se no exemplo (Figura 6), que os verbos utilizados nos termos de ligação permitem que o conceito quantificado “**Mais Meios de transportes**” influencie a quantificação dos demais conceitos revelando assim interdependência funcional entre os conceitos. Este fato é que fornece o caráter dinâmico a estas proposições e

permitem a representação do conhecimento não somente com classificações e descrições (ROMANO JR; CORREIA, 2010).

1.4. Análise dos MCs

MCs têm informações latentes que não são obtidas somente com a leitura das proposições. O desafio de se obter uma melhor compreensão da maneira como o conhecimento é representado pelo mapeamento conceitual estimulou o grupo de pesquisas CMAPPING RESEARCH GROUP coordenado pelo Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia a desenvolver três formas de análise desta técnica. A proposta destas análises tem enfoques diferentes e complementares:

1. Análise Estrutural: a fim de verificar a proficiência dos alunos em elaborar mapas conceituais (SILVA JR; ROMANO JR; CORREIA, 2010).
2. Análise de Vizinhança: útil para avaliar a compreensão dos alunos sobre o tema a ser mapeado (CICUTO; CORREIA, 2011).
3. Análise proposicional: análise semântica das proposições (ROMANO JR; CORREIA, 2010).

1.4.1. Análise estrutural

A análise estrutural tem o objetivo de verificar a configuração da rede de conceitos e avaliar o nível de proficiência dos alunos na produção de MCs isto é, como eles estruturam, hierarquizam, diferenciam e relacionam os conceitos presentes nos MCs.

Um trabalho de Kinchin, Hay, Adams (2000), o qual propõem uma análise qualitativa dos MCs para mostrar e discutir o significado da ocorrência de três tipos de estruturas nos MCs (radial, cadeia, e rede) nos incentivou a elaborar uma análise estrutural quantitativa baseada em um conjunto de oito parâmetros para capturar todas as características estruturais dos MCs (SILVA JR; ROMANO JR; CORREIA, 2010).

A análise estrutural quantitativa dos mapas conceituais é feita a partir das estruturas J, K, L que consideram os conceitos iniciais, finais e iniciais/finais, respectivamente (Figura 7):

Figura 7: Estruturas (J, K e L) consideradas para a análise estrutural.

- **Estrutura J: conceito inicial:** Caracterizada por um conceito com seta(s) apontando para outro(s) conceito(s).
- **Estrutura K: conceito final:** Caracterizada por um conceito com seta(s) apontando para ele próprio.
- **Estrutura L: conceito inicial e final:** Caracterizada por um conceito com seta(s) apontando para outro(s) conceito(s) e para ele próprio.
- **p:** número de proposições formadas a partir de um conceito inicial.
- **q:** número de proposições chegando a um conceito final

A Tabela 1 apresenta os oito parâmetros concebidos para a análise estrutural, a notação adotada e a característica de cada parâmetro.

Tabela 1: Parâmetros e cálculos relacionados com a análise estrutural de mapas conceituais.

Parâmetro	Nome	Como medir
1	Densidade proposicional (P/C_T)	Razão entre a quantidade de proposições e a quantidade total de conceitos.
2	Conceitos iniciais (C_I/C_T)	Apresentam uma única proposição saindo dele, podendo ter proposições de chegada. Este parâmetro considera a razão entre a quantidade de conceitos que iniciam proposições e a quantidade total de conceitos.
3	Conceitos iniciais múltiplos (C_{IM}/C_T)	Apresentam mais de uma proposição saindo dele, podendo ter proposições de chegada. Considera-se neste parâmetro a razão entre a quantidade de conceitos que iniciam múltiplas proposições e a quantidade totais de conceitos.
4	Conceitos finais (C_F/C_T)	Apresentam uma única proposição chegando nele, podendo ter proposições de saída. Parâmetro que considera a razão entre a quantidade de conceitos que finalizam as proposições e a quantidade total de conceitos.
5	Conceitos finais múltiplos (C_{FM}/C_T)	Apresentam mais de uma única proposição chegando nele, podendo ter proposições de saída. Parâmetro considera a razão entre a quantidade de conceitos que finalizam as proposições e a quantidade de conceitos totais. Apresentam mais de uma única proposição chegando nele, podendo ter proposições de saída.
6	Conceitos iniciais e finais ($C_I C_F/C_T$)	Apresentam uma proposição saindo e chegando nele. Parâmetro considera a razão entre a quantidade de conceitos que iniciam e também finalizam as proposições e a quantidade total de conceitos.
7	Conceitos exclusivamente iniciais ($Só C_I/C_T$)	Apresentam somente uma proposição saindo dele. Parâmetro considera a razão entre a quantidade de conceitos que exclusivamente iniciam as proposições e a quantidade total de conceitos.
8	Conceitos exclusivamente finais ($Só C_F/C_T$)	Apresentam somente uma proposição chegando nele. Parâmetro considera a razão entre a quantidade de conceitos que exclusivamente finalizam as proposições e a quantidade total de conceitos.

Os parâmetros densidade proposicional, conceitos iniciais múltiplos e conceitos finais múltiplos podem ser considerados indicadores de proficiência na elaboração de MCs, pois o aumento da quantidade destes parâmetros indica uma melhor compreensão de como elaborar um MC (SILVA JR; ROMANO JR; CORREIA, 2010).

1.4.2. Análise de vizinhança

A análise de vizinhança tem como objetivo avaliar a compreensão dos mapeadores sobre determinado tema, analisando os conceitos utilizados (CICUTO; CORREIA, 2011).

A estratégia fundamental para análise de vizinhança consiste em exigir que o mapeador utilize o conceito obrigatório, o qual foi escolhido pelo professor, como conceito inicial ou final na elaboração das proposições. A partir do conceito obrigatório, todos os conceitos utilizados são classificados em conceitos vizinhos, os quais estão diretamente relacionados com o conceito obrigatório (Equação 1), ou conceitos complementares, os quais não estão diretamente relacionados com o conceito obrigatório. Na análise de vizinhança também é possível a utilização de dois conceitos obrigatórios, os quais são chamados de conceitos múltiplos (Equação 2), este caso pode ser útil para a verificação de relações fundamentais entre conceitos.

Equação (1): Conceito obrigatório + termo de ligação + conceito vizinho

Equação (2): Conceito obrigatório + termo de ligação + conceito obrigatório

1.4.3. Análise Proposicional

A análise proposicional é uma maneira de utilizar o mapeamento conceitual para avaliar a natureza do conteúdo declarativo expresso nas proposições, ou seja, a forma pela qual os mapeadores relacionam os conceitos para expressarem o conteúdo de um determinado tema (ROMANO JR; CORREIA, 2010).

Esta análise avalia os conceitos e os termos de ligação para diferenciar as proposições estáticas das proposições dinâmicas (SAFAYENI; DERBENTSEVA; CAÑAS, 2005; DERBENTSEVA; SAFAYENI; CAÑAS, 2007; MILLER; CAÑAS, 2008; ROMANO JR; CORREIA, 2010).

A maneira de classificação das proposições em estáticas ou dinâmicas é demonstrada no MC sobre análise proposicional (Figura 8):

Figura 8: MC sobre análise proposicional: análise do termo de ligação e conceitos para classificação: proposições estáticas e dinâmicas.

O lado esquerdo do MC representado por linhas descontínuas e caixas escuras se refere às proposições estáticas, as quais relacionam os conceitos expressando definição de características, descrição de propriedades e classificação em categorias.

Esta forma de representar o conhecimento é possível quando se utiliza no termo de ligação verbos que não exprimem ação, tais como: verbos de ligação (ser, estar) e o verbo ter.

O lado direito do MC, representado (Figura 8) por linhas contínuas, apresenta as características das proposições dinâmicas: movimento, ação, mudança e relações de dependência. A utilização de verbos como, causar, influenciar, depender no termo de ligação e possível quantificação dos conceitos podem revelar as características de ação, influência, dependência, proporcionalidade e causa e efeito entre conceitos (ROMANO JR; CORREIA, 2010).

A análise do conceito revela características como causa e efeito e proporcionalidade. Uma proposição dinâmica com relação de causa e efeito implica em ter um conceito onde é a causa e o outro conceito a consequência.

As proposições dinâmicas que refletem relações de proporcionalidade têm quantificação em ambos os conceitos, que podem ser identificadas por palavras como: maior, mais, menor, menos, aumento e diminuição.

Tanto as proposições estáticas como as proposições dinâmicas são necessárias na representação do conhecimento, mas existe a necessidade de estimular a elaboração de proposições dinâmicas. Estas proposições fornecem ao mapeamento conceitual a possibilidade de representar o conhecimento com relações conceituais as quais indicam características de influência, dependência, proporcionalidade e causa e efeito (ROMANO JR; CORREIA, 2010; SAFAYENI et al., 2005).

1.5. Aplicações e desafios na utilização dos mapas conceituais

MCs são utilizados atualmente para diversas finalidades, tais como:

1. Favorecer o aprendizado dos alunos, a partir de seus conhecimentos prévios (NOVAK, 2002). Este conceito está presente na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, quando nos diz que o mais importante no ato de ensinar é descobrir o que o aluno já sabe.

O mapa deve ser usado para estabelecer uma ponte cognitiva entre as idéias disponíveis pertinentes dos alunos e o novo material de aprendizagem. Assim, é fundamental orientar o aluno para que ele faça as conexões das novas informações ensinadas com conceitos relevantes estabelecidos em sua estrutura cognitiva (AUSUBEL et al., 1983).

Quando os mapas conceituais são construídos no início em que um determinado tema ou conteúdo é apresentado, utilizados como organizadores prévios, sendo revisados, repensados e reelaborados ao longo das aulas, podem revelar as mudanças ocorridas na estrutura cognitiva do aluno.

Essas possibilidades permitem que o aluno e o professor conheçam o processo de construção do conhecimento sobre o conteúdo ou tema em questão, podendo enriquecê-lo.

2. Sintetizar os conteúdos trabalhados tanto ao final de uma aula como em um curso. Os mapas conceituais podem simular um resumo do que foi aprendido, formado pelo número de conceitos de uma aprendizagem específica.

O resumo em forma de portfólio traduz um conjunto de trabalhos produzidos num determinado período de tempo, mostrando uma visão ampla do processo de construção da aprendizagem e modificações na estrutura cognitiva, considerando os diferentes componentes do seu desenvolvimento cognitivo e metacognitivo.

Este processo propicia ao aluno uma reflexão crítica, pois são estimulados a refletirem sobre o seu processo de pensamento, fazendo registros diários a partir das experiências com os mapas elaborados. O ato de fazer e o refazer mapas conceituais pode auxiliar no pensamento reflexivo, sobretudo se compartilhados com outras pessoas (NOVAK; GOWIN, 1999).

3. Material instrucional: os mapas podem ser usados para dar uma instrução sobre uma atividade a ser executada ou para dar orientações sequenciais sobre um determinado tema (STRUCHINER et al., 2006).

Segundo Moreira (n.d.) é possível traçar um mapa conceitual para uma única aula, para uma unidade de estudo, para um curso ou, até para um programa educacional completo. A diferença está no grau de generalidade e inclusão dos conceitos colocados no mapa. Um mapa contendo conceitos gerais, inclusivos e organizacionais pode ser usado como referencial para o planejamento de um curso inteiro, enquanto que um mapa incluindo somente conceitos específicos, pouco inclusivos, pode auxiliar na seleção de determinados materiais instrucionais.

Isso significa, conforme Moreira (n.d.), que mapas conceituais podem focar a atenção do planejador de currículo na distinção entre o conteúdo curricular e conteúdo instrumental, isto é, entre o conteúdo que se espera que seja aprendido e aquele que serve de veículo para a aprendizagem. O conteúdo curricular está contido em fontes de conhecimento como artigos de pesquisa, ensaios, poemas, livros. Mapas conceituais podem ser úteis na análise desses documentos a fim de tornar adequado para instrução o conhecimento neles contido. Considerando que o currículo se refere a um conjunto de conhecimentos. Sendo assim, a análise da estrutura do conhecimento implica a análise do currículo e o mapeamento conceitual pode ser um instrumento útil nessa análise.

4. Favorecer processos visando à aprendizagem colaborativa em grupos do mesmo nível de ensino e construção colaborativa com outras instituições de

ensino: para ambos os casos, algumas ferramentas permitem que mapas possam ser construídos colaborativamente de forma síncrona ou assíncrona. Alguns softwares permitem que após a construção do mapa seja possível transformá-lo em uma página web, numa imagem ou qualquer outro formato que possa ser enviado por email ou publicado num diário digital (MARRIOTT; TORRES, 2002).

5. Avaliar a aprendizagem, não com a intenção de testar conhecimentos e atribuir nota aos alunos para classificá-los, mas sim com o objetivo de obter informações sobre o tipo de estrutura que o aluno estabelece para um dado conjunto de conceitos. Os MCs elaborados pelos alunos auxiliam na verificação das alterações nas suas estruturas cognitivas, por meio da comparação das ligações entre os conceitos antes e depois dos momentos de aprendizagem (BOUJAOUDE; ATTIEH; 2008).

Os métodos tradicionais se limitam a diagnosticar a recuperação dos conhecimentos armazenados na memória, sem estar na maior parte dos casos inter-relacionados nem hierarquizados, por não terem sido aprendidos significativamente. O mapa conceitual é uma alternativa para uma avaliação coerente com a teoria da aprendizagem significativa, por se centralizar no resultado do aluno e na sua intervenção na realização de práticas que vinculam sua aprendizagem com a experiência do mundo real (GONZÁLEZ, 2008).

As funções, resumidas nos 5 itens acima, não se excluem e a maioria delas podem ser utilizadas conjuntamente ou mesmo em diferentes circunstâncias de acordo com o contexto pedagógico e a necessidade do momento em que os mapas são aplicados. Porém, muitas das dificuldades observadas no uso da técnica de mapeamento conceitual devem-se à formação insuficiente dos seus utilizadores, como os professores, no caso das aplicações educacionais, e à desvalorização da fundamentação teórica relacionada com o mapeamento conceitual.

A aparente facilidade na elaboração de MCs é atraente para os iniciantes e pode ajudar a explicar o aumento da popularidade do mapeamento conceitual. Por outro lado, a utilização ingênua dos MCs pode produzir poucos dos benefícios esperados, reduzindo sua inserção na sala de aula a experiências fugazes e lúdicas. A armadilha colocada pela facilidade de elaboração dos MCs leva a uma série de eventos que não contribui para o uso prolongado do mapeamento conceitual na sala de aula. Na intensa rotina de trabalho que um professor enfrenta, observa-se que: (CAÑAS; NOVAK, 2006; CORREIA et al., 2008).

- (1) o professor opta pelo uso dos MCs para mudar a dinâmica tradicional das aulas expositivas;
- (2) os alunos produzem vários MCs em um curto período de tempo, devido à empolgação que eles têm frente a mais uma "novidade";
- (3) o professor tem dificuldades de avaliar a grande quantidade de MCs produzidos pelos alunos, visto que o livro didático não apresenta um gabarito para corrigi-los;
- (4) o professor não oferece um *feedback* adequado aos alunos e a avaliação restringe-se à contabilidade burocrática dos alunos que cumpriram essa tarefa; e
- (5) o professor não encontra na sua prática docente os benefícios prometidos pelo mapeamento conceitual, levando-o a não utilizar mais essa técnica em sala de aula.

Essa sequência indesejável de eventos surge devido ao desequilíbrio entre o domínio teórico e prático, necessário para viabilizar uma utilização adequada, intencional e prolongada do mapeamento conceitual em sala de aula.

Estratégias metodológicas sofisticadas, como o uso de MCs, exigem do professor mais do que uma vasta experiência profissional. É preciso conhecer as teorias que justificam as opções metodológicas para que se tenha uma aplicação bem sucedida. Além disso, é importante considerar a sala de aula como um ambiente complexo, onde ocorrem várias interações sociais dentro de uma dinâmica peculiar de trabalho, que envolve o professor e seus alunos.

1.6. Ensino de ciências para promoção da alfabetização científica : Utilização dos MCs para verificação das relações CTS

As rápidas transformações do conhecimento científico e tecnológico na sociedade atual trouxeram novos desafios para o ensino de ciências (EC). Estas mudanças cobram um redirecionamento dos objetivos a serem atingidos pelo EC, os quais devem transcender os aspectos informativos, que priorizam a mera transmissão do conhecimento relevante da humanidade, mas também valorizar o desenvolvimento de competências e habilidades que possibilitem aos estudantes compreenderem e utilizarem os conhecimentos científicos como elemento para interpretar fenômenos cotidianos e intervir na realidade de forma mais autônoma, criativa, consciente e crítica (MENEZES, 2000).

Apesar da necessidade de novas demandas para atender as exigências provocadas pela explosão do conhecimento científico e tecnológico prevalece no EC à prática de exposição de conteúdos fragmentados em disciplinas sem lhes conferir sentido. Uma possível consequência desta forma de abordagem é proporcionar a formação de indivíduos sem habilidades e competências necessárias para participar de debates políticos sobre temas permeados de questões científicas e tecnológicas, como mudanças climáticas, bioética, eutanásia, transgenia, clonagem, terapia gênica, degradação ambiental, questão energética, desemprego entre outros.

O EC não deve se limitar a definição de meros conceitos, nem a lógica interna de disciplinas científicas, valorizando os conteúdos como um conjunto de teorias e fatos científicos, mas sim, reelaborando-os e relacionando-os com temas sociais relevantes. Torna-se fundamental a relação das experiências educacionais com situações cotidianas de modo a contextualizar os conhecimentos científicos que passam a ser mais significativos e relevantes para a vida dos estudantes, instrumentalizando-os para participarem, como cidadãos, em tomada de decisões na sociedade, de forma ativa e crítica (CACHAPUZ, 1999).

A necessidade de tornar os conteúdos científicos dotados de significado para discutir o papel do desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações na dinâmica social tornou-se questão das mais importantes para o ensino de ciências. Neste

debate a proposta da AC pode ser considerada como um elemento renovador à crise de sentido presente no ensino de ciências (FOUREZ, 1997, 2003).

A AC abrange uma grande variedade de significados que podem ser traduzidos através de expressões como popularização da Ciência, divulgação científica, entendimento público da ciência e democratização da Ciência (AULER, 2003).

Os objetivos norteadores da AC são distintos e variados, indo desde a busca de uma legítima participação da sociedade para encontrar soluções para problemáticas que envolvem Ciência-Tecnologia (CT), até a colocação da AC na perspectiva de referendar e buscar apoio da sociedade a modelos decisórios de cunho tecnocrático.

Segundo Fourez (1997) a AC deve considerar três finalidades, onde a primeira delas contempla a preparação de especialistas para o sistema produtivo industrial e duas outras, a formação do indivíduo para compreensão da complexidade do mundo dinâmico em qual vivemos e para o exercício da cidadania:

- Econômico e político: Formação e capacitação de profissionais na área de Ciências para produção do mundo industrializado e reforço de nossos recursos tecnológicos e produção de riquezas.
- Humanista: Tem como meta o desenvolvimento da autonomia individual proporcionando a capacidade de leitura ou entendimento do mundo. Coloca o indivíduo na cultura do nosso tempo.
- Social: Relaciona-se com a igualdade de oportunidade na obtenção e compreensão do conhecimento científico e tecnológico. Objetiva contribuir com o debate público sobre temas que englobam ciência e tecnologia por meio da democratização do conhecimento.

Ainda segundo Fourez (1997) a AC pode apresentar duas abordagens: reducionista e ampliada. A reducionista, considerada com um acréscimo do atual Ensino de Ciências, não se preocupa com os questionamentos sobre a existência de construções subjacentes à produção do conhecimento Científico-Tecnológico que levam a uma concepção de neutralidade da CT. Já a perspectiva ampliada busca a compreensão de interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), integrando

o ensino de conceitos à problematização destas construções históricas vinculadas à suposta neutralidade da CT, como a superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, a perspectiva salvacionista, redentora atribuída à CT e o determinismo tecnológico.

A proposta curricular CTS surgiu nas décadas de 60/70, nos Estados Unidos e Europa, como uma resposta de parte da comunidade acadêmica insatisfeita com os problemas ambientais, econômicos, sociais, políticos causados pelo uso indiscriminado da ciência e da tecnologia. Objetiva a alfabetização científica integrando os conteúdos científicos e tecnológicos que são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e sócio-econômicos (SANTOS; MORTIMER, 2000).

A AC com abordagem CTS permite a formação de um novo conceito de EC, o qual se amplia apontando para três universos diferentes (SANTOS, 2005):

- ▶ Educação em ciências: Objetiva a formação de técnicos e especialistas. Relaciona-se com a lógica interna das ciências, sendo assim, a essência do ensino de ciências. Valoriza o conteúdo científico apenas como um conjunto fragmentado de conceitos, fatos, métodos e técnicas presentes nas disciplinas científicas como: química, física e biologia, para compreensão dos fenômenos, dos processos, das relações e das representações destas ciências. Não relaciona seu conteúdo a temas relevantes na sociedade.
- ▶ Educação pela ciência: Voltada para a formação do cidadão através da Ciência, capacitando-o para responder desafios impostos pelo desenvolvimento social e humano e para o exercício da cidadania na tomada de decisões sobre temas sociais relevantes. Valoriza conteúdos científicos com valor de uso em uma cultura humanística, considerando sentimentos, crenças, valores e princípios organizadores do saber.
- ▶ Educação sobre ciência: contempla aspectos da natureza da ciência: (ética e história da ciência. Valoriza conteúdos com valor reflexivo do “como” do saber científico: como o(s) cientista(s) projeta(m), gera(m), comunica(m) e usa(m) seus conhecimentos (história da ciência), como são os usos, costumes e propósitos da ciência (ética).

A AC é fundamental para mudar e ampliar o EC ao longo da educação formal, e deve ser implementada usando estratégias e técnicas inovadoras de ensino, como afirmam Bybee Fuchs (2006); Correia et al. (2010); DeHaan (2005); Donnelly (2004); Holbrook & Rannikmae (2007); Infante-Malachias Correia (2007); Santos (2007).

O mapeamento conceitual pode ser considerado uma técnica válida na representação do conhecimento e tem sido muito útil no EC para o levantamento do conhecimento e para estudar a natureza da reestruturação no desenvolvimento cognitivo dos alunos, através da observação das mudanças conceituais nas estruturas de conhecimento ao longo de um período de tempo (NOVAK, 2006).

Nos MCs o aluno estrutura, hierarquiza, diferencia, integra e relaciona os conceitos para representar seu conhecimento na forma de proposições. Estas proposições podem ser classificadas em estáticas ou dinâmicas. Nas proposições estáticas o aluno expressa seu conhecimento na forma de definições, descrições e classificações, e nas proposições dinâmicas o aluno expressa o que sabe com relações de ação, influência, dependência, proporcionalidade e causa e efeito entre os conceitos (ROMANO JR; CORREIA, 2010).

A utilização do mapeamento conceitual para estudar a estrutura e a dinâmica do conhecimento, particularmente na mudança conceitual em ciência, necessita de alguns refinamentos para torná-la uma ferramenta mais eficaz. Recentes trabalhos na literatura chamam a atenção de que o potencial dos MCs não está sendo plenamente explorado, principalmente no EC, pois raramente são utilizados para estimular os alunos a representarem o que sabem diversificando as proposições (SAFAYENI; DERBENTSEVA; CAÑAS, 2005; CAÑAS; NOVAK, 2006; DERBENTSEVA; SAFAYENI; CAÑAS, 2007; MILLER; CAÑAS, 2008; ROMANO JR; CORREIA, 2010).

Um estudo realizado por Safayeni, Derbentseva, Cañas (2005) revela que os MCs são raramente utilizados para representar o conhecimento com proposições dinâmicas. Estes pesquisadores examinaram 34.000 proposições extraídas de diversos MCs e constataram que a frequência de proposições dinâmicas não foi

maior que (4%). Esta deficiência reduz o potencial dos MCs, pois não permite a representação de conteúdos, como relações CTS, com relações de causa e efeito e interdependência entre os conceitos (Figura 9):

Figura 9: Utilização do mapeamento conceitual no EC explorando a elaboração das proposições dinâmicas para representação das relações CTS com interdependência e causa e efeito.

É importante reconhecer que as proposições estáticas são importantes para descrever e organizar o conhecimento, mas a utilização de proposições dinâmicas em MCs aplicados no EC pode contribuir para uma melhor representação das relações CTS, visto que estas têm relações de interdependência e causa e efeito quando relacionam os conteúdos científicos e tecnológicos com aspectos históricos, éticos, políticos, sociais e econômicos (ROMANO JR; CORREIA, 2010).

2. Objetivo da pesquisa

O objetivo desta pesquisa é analisar as proposições dos MCs produzidos pelos alunos ingressantes da EACH/USP Leste com objetivo de avaliar a forma como são expressos os conteúdos sobre ciência, tecnologia e sociedade na disciplina ACH 0011 Ciências da Natureza.

Será desenvolvida uma taxonomia de análise que permitirá classificar as proposições em três categorias. A primeira delas permitirá a classificação das proposições em estáticas e dinâmicas, a segunda categoria indicará a presença de causa e efeito nas proposições dinâmicas e a terceira categoria irá verificar a presença de quantificação nos conceitos formadores das proposições dinâmicas.

A diferenciação das proposições estáticas e dinâmicas será feita pela verificação do tipo de verbo utilizado como termo de ligação. A análise dos conceitos permitirá a verificar a presença de causa e efeito e quantificação nas proposições dinâmicas.

A utilização em conjunto das três categorias da taxonomia de análise proposicional proporcionará uma diferenciação em seis tipos de proposições:

- (E) proposição estática;
- (D00) proposição dinâmica não causal não quantificada;
- (D01) proposição dinâmica não causal parcialmente quantificada;
- (D10) proposição dinâmica causal não quantificada;
- (D11) proposição dinâmica causal parcialmente quantificada;
- (D12) proposição dinâmica causal totalmente quantificada.

Espera-se que estes seis tipos de proposições possibilitem analisar a forma como os alunos expressam os conteúdos sobre ciência, tecnologia e sociedade, os quais são representados através das proposições estabelecidas nos mapas conceituais produzidos na disciplina ACH 0011 Ciências da Natureza.

3. Fundamentação teórica

3.1. Aprendizagem significativa

David Paul Ausubel propõe, em 1962 a Teoria de Aprendizagem Significativa TAS, a qual se baseia na premissa de que a mente humana possui uma estrutura organizada e hierarquizada de conceitos. Essa estrutura cognitiva é continuamente modificada pela assimilação de novos conceitos e novas proposições (AUSUBEL, 2000).

Para Ausubel, o armazenamento de informações no cérebro humano ocorre de maneira organizada, formando uma estrutura hierárquica conceitual, na qual, elementos mais específicos de um novo conhecimento, interagem e são assimilados a conceitos mais gerais e inclusivos da estrutura cognitiva (subsunçores).

O tipo de relacionamento, ou grau de associação entre os conceitos já existentes na estrutura cognitiva e a nova informação que se está se internalizando determina o tipo de aprendizagem, a qual pode variar desde uma simples memorização ou aprendizagem mecânica (AM) até a aprendizagem significativa (AS).

Na AS, novas informações (conceitos, idéias ou proposições) interagem de forma não arbitrária e substantiva (lógica) com subsunçores, ou seja, uma nova informação é incorporada pelo relacionamento lógico com os conhecimentos que já estavam disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo, tornando-a mais organizada e diferenciada.

Nesta interação, tanto o novo conhecimento, quanto o conhecimento anterior se tornam mais elaborados adquirindo novos significados. Isto implica em compreensão e transferência de contextos para enfrentar novas situações.

A AM se caracteriza pelo armazenamento de novas informações com pouca ou nenhuma associação com conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva. O conhecimento fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva sem ligar-se a subsunçores específicos.

Desta forma, esta aprendizagem literal (não lógica) e arbitrária (não se liga aos subsunçores), leva ao aprendiz a não conferir significado ao que aprende, pois não realiza esforço para integração da nova informação a conceitos já existentes. Este tipo de aprendizagem, a qual é realizada pela memorização, não requer compreensão na busca de significados e resulta em aplicação mecânica a situações conhecidas.

Figura 10: Diferenciação da AS e AM.

A Figura 10 revela que na aprendizagem significativa ocorre a interação das novas informações a, b e c com os subsunçores A, B e C respectivamente. Podemos perceber que o subsunçor A está mais diferenciado se comparado aos subsunçores B e C (NOVAK, 2010).

A aprendizagem mecânica ocorre quando as novas informações são incorporadas na estrutura cognitiva do indivíduo sem associação com os subsunçores. Desta maneira, ocorre uma simples memorização, a qual se caracteriza pelo armazenamento literal, pois não faz sentido para o aprendiz e arbitrário por não relacionar os novos conhecimentos com os conhecimentos pré-existentes na estrutura cognitiva.

A aprendizagem significativa tem vantagens sobre a aprendizagem por memorização ou mecânica, dado que a estrutura cognitiva do aprendiz se desenvolve de maneira organizada e hierarquizada, apresentando maior quantidade e qualidade nos significados de conceitos como pontos de ancoragem, facilitando a inclusão de novos conhecimentos com maior retenção temporal na memória e incentiva várias formas de raciocínio em uma variedade maior de problemas e contextos (NOVAK, 1977).

Pode ocorrer o esquecimento, mas neste caso, os conceitos integrados na estrutura cognitiva podem ser facilmente reativados. Os conhecimentos adquiridos de forma mecânica são facilmente esquecidos e limitam a ampliação de aprendizagem de novos conhecimentos (NOVAK, 2000).

Não devemos pensar os tipos de aprendizagens, mecânica e significativa, de forma dicotômica, pois existem situações intermediárias onde a aprendizagem se inicia de forma mecânica, como por exemplo, em situações onde não exista conhecimento prévio por parte do aprendiz, e passe progressivamente à aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2000).

Outro fator importante destacado por Ausubel é que não se pode fazer uma relação do ensino por recepção com a aprendizagem mecânica, enquanto que o ensino por descoberta proporciona a aprendizagem significativa.

3.1.1. Condições para ocorrência da AS

Para que haja a ocorrência de aprendizagem significativa deve-se observar três condições básicas (AUSUBEL, 2000):

- 1. Concepções prévias:** Se relaciona com a dimensão cognitiva, um fator interno e determinante do processo de aprendizagem do sujeito. Não é exatamente o conteúdo novo a ser apresentado, mas o conhecimento já acumulado pelo aprendiz. O novo conhecimento deve ser relacionável de modo não arbitrário e substantivo com o conhecimento prévio do aprendiz.

2. Disponibilidade do sujeito para a aprendizagem significativa: Outra condição interna, a qual se relaciona com uma dimensão afetiva é imprescindível para ocorrência da aprendizagem significativa: *predisposição favorável* do sujeito para a AS.

3. Material potencialmente significativo: Um fator externo ao aprendiz, a ser considerado é o material instrucional. Esta condição para promover a AS se relaciona com a instrução (ensino), pois depende da escolha material instrucional, adotado pelo professor. Esta escolha deve levar em consideração se o material instrucional se *relacionar de forma lógica e explícita* com conhecimentos relevantes pré-existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

3.1.2. Teoria de assimilação

A Teoria de assimilação proposta por Ausubel (1968) tem um valor explicativo do processo de aquisição e organização do conhecimento na estrutura cognitiva (Figura 11).

Figura 11: Representação esquemática da Teoria de Assimilação de Ausubel.

O estabelecimento de relações não arbitrárias e não literais entre o novo conhecimento (a) e o subsunçor (A) exige do indivíduo a busca de relações com significado.

Os conhecimentos que um indivíduo já possui sobre um determinado assunto, ou subsunçores (A) funcionam como "âncoradouros" para as novas informações (a).

O produto interacional formado ($a'A'$) é significativo para o indivíduo nesta situação, provocando a alteração dos conhecimentos prévios originais (A) que foram utilizados durante a aquisição de novas informações (a).

Neste processo, a nova informação (a) e o conceito subsunçor (A) acabam modificados pela interação, resultando em ($a'A'$). Desta interação a nova informação (a) e o conhecimento prévio (A) sofrem modificações e por este motivo passam a ser representados por ($a'A'$), ao invés de permanecerem (aA).

Por ser muito mais simples reter idéias mais gerais do que o novo conhecimento que é mais específico, durante um período de tempo pode ocorrer à dissociação de ($a'A'$) em ($a' + A'$), esta fase é denominada retenção.

O processo de assimilação não está somente na aquisição e retenção de significados, mas também no fato de implicar um mecanismo de esquecimento (obliteração) dos conceitos anteriores (a') pela formação de um novo conceito (A'), o qual é mais elaborado.

Assim, o indivíduo consegue transferir o novo conhecimento e aplicá-lo em contextos diferentes daquele originalmente explorado durante a aprendizagem, os quais exigem transformação do conhecimento adquirido.

3.1.3. Processos de organização dos subsunçores

Na medida em que a aprendizagem significativa ocorre, conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações.

A reconciliação integrativa e a diferenciação progressiva são dois processos que ocorrem de forma simultânea e modificam a estrutura cognitiva, organizando os subsunçores no curso da aprendizagem significativa.

Toda aprendizagem que resultar em reconciliação integrativa resultará também em diferenciação progressiva de conceitos e proposições. Estes processos tem como resultado o explícito delineamento de diferenças e similaridades entre idéias relacionadas (NOVAK, 2010).

Diferenciação progressiva: idéias mais gerais presentes na estrutura cognitiva do aprendiz que servem de base para a atribuição de novos significados se modificam a medida interagem com uma nova informação específica. A aquisição de novos significados permite que um conhecimento que serviu como subsunçor se torne ainda mais abrangente e mais elaborado em forma de detalhes e especificidade.

Reconciliação integrativa: Idéias, conceitos ou proposições existentes na estrutura cognitiva (subsunçores) podem ser recombinaados por similaridades ou diferenças gerando novos significados proporcionando uma reorganização da estrutura cognitiva.

A Figura 12 representa os processos de organização hierárquica dos conceitos. As linhas contínuas indicam a direção de cima para baixo para a diferenciação progressiva, para atingi-la é preciso partir de conceitos mais gerais e inclusivos para conceitos mais específicos, ou menos abrangentes. Neste sentido percebemos o detalhamento dos conceitos.

Para atingir a reconciliação integrativa deve-se “descer” dos conceitos mais gerais para os específicos e posteriormente “subir” novamente até os conceitos gerais.

Figura 12: Representação esquemática da hierarquia conceitual do modelo Ausubeliano da diferenciação conceitual progressiva (linhas contínuas) e da reconciliação integrativa (linhas pontilhadas).

3.1.4. Formas de AS

A AS pode ocorrer de três formas, a depender nível hierárquico do novo conhecimento em relação ao subsunçor (AUSUBEL, 2000).

1. **Aprendizagem Subordinada:** Quando a nova informação (conceitos, idéias ou proposições) potencialmente significativa fica subordinada ao(s) subsunçor(es), os quais são mais abstratos, gerais e inclusivos.

A aprendizagem subordinada pode se caracterizar pela mudança do subsunçor, desta forma é denominada derivativa, mas quando a nova idéia que se aprende é um exemplo que amplia o sentido, ou significado do subsunçor é denominada correlativa. Este tipo de aprendizagem é a mais comum e importante na diferenciação progressiva.

2. **Aprendizagem Superordenada:** Ocorre quando, a partir de uma série de conceitos existentes na estrutura cognitiva, surge um novo conceito, mais geral, que engloba os conceitos pré-existentes. Desta forma, há reorganização

cognitiva. É muito importante na formação de conceitos, na generalização e reconciliação integradora de proposições aparentemente não relacionadas ou conflitivas.

3. Aprendizagem Combinatória: Ocorre quando a aprendizagem de conceitos ou proposições possui o mesmo nível hierárquico do que os subsunçores, não havendo conceitos mais amplos, nem mais restritos. Não há conceitos subordinados, nem capazes subordinar algum conceito ou proposição, já existente na estrutura cognitiva.

A Tabela 2 apresenta alguns exemplos de formas de AS. É feita a descrição de como a AS pode ocorrer, considerando o nível hierárquico da nova idéia, ou novo conceito em relação ao subsunçor.

Observa-se, na AS subordinada que os novos conceitos (alcanos, alcenos e alcinos) são mais específicos do que o subsunçor (hidrocarbonetos) e ocorre um detalhamento pela classificação de hidrocarbonetos.

A AS superordenada, se caracteriza por uma generalização, pois a união dos conceitos subsunçores (gato, cão e leão) permite a elaboração de um novo conceito (mamífero), o qual é um conceito mais geral em relação aos conceitos subsunçores.

Quando não se percebe qualquer hierarquia entre os novos conceitos e os subsunçores a aprendizagem é denominada combinatória.

Tabela 2 : Exemplos das formas de Aprendizagem Significativa

AS(formas)	NÍVEIS HIERÁRQUICOS	EXEMPLOS
SUBORDINADA (detalhamento)
SUPERORDENADA (generalização)
COMBINATÓRIA

3.1.5. Tipos de AS

A AS pode ocorrer pela aprendizagem do nome do conceito, por significado conceitual e pelo significado das proposições. Desta forma podemos diferenciar três formas diferentes de AS (AUSUBEL, 1968):

- **Aprendizagem representacional:** é promovida quando um aprendiz reconhece o nome, signo ou símbolo de um conceito. O indivíduo relaciona um referente (objetos, eventos ou conceitos) com as palavras, ou símbolos que ele representa (rótulos).

É estabelecida uma equivalência, em significado, entre um rótulo e um referente. Esses rótulos são convencionais (palavra escrita e falada, símbolos) e permitem ao indivíduo organizar o mundo exterior e interior. Desta forma, a aprendizagem representacional ocorre pela aquisição do nome, ou rótulo do conceito ou evento. O aprendizado do nome próprio de um animal é um exemplo de aprendizagem representacional. (Por exemplo: Nico é nosso cachorro).

A aprendizagem representacional pode preceder a aprendizagem conceitual quando um rótulo é aprendido antes da percepção das regularidades de objetos ou eventos de um conceito.

- **Aprendizagem de conceitos:** é uma forma mais generalizada da aprendizagem representacional. Os conceitos também são representados por símbolos particulares, porém são mais genéricos por apresentarem similaridades.

A aprendizagem conceitual ocorre quando um indivíduo consegue perceber regularidades em propriedades, objetos ou eventos e assim confere significado ao conceito. Um exemplo é quando uma criança aprende que todo cão tem características comuns, apesar de existirem diferentes raças.

A aprendizagem de conceitos precede a representacional quando o indivíduo reconhece regularidades antes de aprender a palavra. Podemos citar como exemplo

a criança que reconhece similaridades entre cães, gatos e leões antes de aprender a palavra mamífero.

- **Aprendizagem proposicional:** refere-se aos significados expressos por conceitos relacionados em uma proposição ou sentença.

Para que isto ocorra é necessário que o indivíduo saiba o significado de cada conceito para estabelecer a relação entre eles. Esse tipo de aprendizagem é mais complexa do que as aprendizagens representacional e conceitual, pois as representações e os conceitos podem constituir os subsunçores para a formação das proposições.

3.2. Teoria Educacional de Novak

“A aprendizagem significativa subjaz à integração construtiva entre pensamento, sentimento e ação que conduz ao engrandecimento (empowerment) humano”.

(Novak, 2010)

Os seres humanos pensam, sentem e agem, logo a integração do conjunto de experiências cognitivas, afetivas e psicomotoras levam o indivíduo a um engrandecimento pessoal (empowerment) e propiciam, ao mesmo tempo, certo domínio conceitual que pode ser usado de forma eficiente na soluções de problemas em vários contextos (NOVAK, 2010).

As idéias centrais da Teoria de Ausubel não são modificadas e nem contrariadas por Novak, pois ele confere um aporte humanista ampliando assim a Teoria de Aprendizagem Significativa.

A Teoria Educacional de Novak considera cinco elementos presentes em um evento educativo: professor, aprendiz, conhecimento, contexto e avaliação. Considerando estes cinco elementos, Novak propõe em sua teoria que, qualquer evento educativo

implica, numa ação para trocar significados e sentimentos entre o professor e o aprendiz. Desta forma, um aprendiz adquire conhecimento, interagindo com o professor, em certo contexto.

Um dos constituintes básicos do evento educativo, a avaliação tem o papel de verificar a aprendizagem do aprendiz, o desempenho do professor, grau de significância do conhecimento e o efeito do contexto.

Na perspectiva de Ausubel a predisposição para aprender, como uma das condições para se alcançar a AS, se relaciona com as idéias de Novak sobre a experiência afetiva que o aprendiz tem no evento educativo. Sua hipótese é que se a experiência afetiva for positiva no sentido de ser construtiva intelectualmente o aprendiz tem ganho na compreensão, o que motiva e o capacita para buscar novas aprendizagens relacionando o novo conteúdo de maneira não-literal e não-arbitrária ao seu conhecimento prévio.

Porém se a sensação afetiva é negativa gera sentimentos de inadequação e desmotivação, pois o aprendiz não se sente que está aprendendo, desta forma ele terá recusa a novas aprendizagens e não se dispõe a aprender significativamente.

Alguns princípios proporcionam uma visão mais abrangente da teoria de Novak (MOREIRA, 1999):

1. Todo evento educativo envolve cinco elementos: aprendiz, professor, conhecimento, contexto e avaliação.
2. Pensamentos, sentimentos e ações estão interligados, positiva e negativamente.
3. A aprendizagem significativa requer:
 - (a) disposição para aprender,
 - (b) materiais potencialmente significativos,
 - (c) algum conhecimento relevante.
4. O conhecimento humano é construído; a aprendizagem significativa subjaz a essa construção.

5. Significados são contextuais; a aprendizagem não implica, necessariamente, aquisição de significados “corretos” ou mesmo “aceitos por uma comunidade”.
6. Conhecimentos adquiridos por aprendizagem significativa são mais resistentes à mudança.
7. O ensino deve ser planejado de modo a facilitar a aprendizagem significativa e a ensejar experiências afetivas positivas.
8. A avaliação da aprendizagem deve procurar evidências de aprendizagem significativa.
9. Mapas conceituais podem ser instrumentos efetivos de promoção e avaliação da aprendizagem.
10. Mapas Conceituais podem ser representações válidas da estrutura conceitual /proposicional de conhecimento de um indivíduo.

3.3. Mapas conceituais como ferramenta da AS

O mapeamento conceitual pode representar a estrutura conceitual e proposicional do conhecimento de um indivíduo. São considerados uma estratégia instrucional utilizada para promoção e avaliação da AS (NOVAK, 2010).

A elaboração de um mapa conceitual consiste na busca de significados pela relação entre conceitos, oferece evidências sobre o conteúdo e a forma da aprendizagem. Esta atividade possibilita aumentar e melhorar a organização e estruturação do conhecimento do indivíduo por meio dos processos de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa que subjazem à aprendizagem significativa (MOREIRA, 1980).

A relação dos conceitos pode ser feita com a subordinação, superordenação, ou combinação do novo conhecimento com o conhecimento prévio do aprendiz, provocando assim uma reorganização em sua estrutura cognitiva.

A Figura 12 mostra que o mapeamento conceitual contempla as três formas de AS, pois permite avaliar como o conceito é representado (aprendizagem representacional), qual conteúdo, ou significado é dado a este conceito

(aprendizagem conceitual) e a relação estabelecida entre os conceitos (aprendizagem proposicional) (Novak, 2010).

Pergunta focal: Quais são os tipos de AS e a importância delas para o mapeamento conceitual?

Figura 12: Mapa conceitual como ferramenta da AS (Novak 2010)

Para uma maior compreensão dos MCs, não é suficiente analisar o conteúdo das proposições, mas analisar também a forma como as relações entre os conceitos são realizadas na busca de significado.

Recentes trabalhos sobre as características das proposições mencionam que a representação e organização do conhecimento podem ser efetuadas com proposições, não somente descritivas, mas com proposições dinâmicas (SAFAYENI; DERBENTSEVA; CAÑAS, 2005; CAÑAS; NOVAK, 2006; DERBENTSEVA; SAFAYENI; CAÑAS, 2007; MILLER; CAÑAS, 2008; ROMANO JR; CORREIA, 2010).

3.4. Tipos de proposições – revisão na literatura

O conhecimento pode ter dois componentes: dinâmico e estático. Ambas as relações são necessárias na representação do conhecimento, porém nota-se a falta da representação dinâmica do conhecimento no mapeamento conceitual (SAFAYENI; DERBENTSEVA; CAÑAS, 2005)

Uma distinção entre proposições estáticas e dinâmicas é dada por Derbentseva, Safayeni, Cañas (2007); Safayeni, Derbentseva, Cañas (2005). Estes autores definem as proposições estáticas como relações entre conceitos que descrevem ou definem características ou propriedades e classificam ou ordenam um conteúdo em determinada área do conhecimento.

Considere por exemplo os conceitos “automóveis” e “meios de transportes poluentes”. A relação estática entre estes dois conceitos pode ser:

Automóveis - são meios de → transporte poluente

Esta proposição define “automóveis” como “meio de transporte” e ainda os descrevem com uma qualidade “poluente”. A elaboração desta proposição objetiva somente a definição e descrição.

As proposições dinâmicas se caracterizam pelas relações de influência entre os conceitos. Mudanças de quantidade e qualidade entre um conceito produzem mudanças de quantidade ou qualidade do outro conceito. Exemplo:

aumento na quantidade dos automóveis - produz um → **aumento** na
emissão de poluentes.

Portanto o que caracteriza este tipo de proposição é a interdependência funcional demonstrada nas mudanças de quantidade, qualidade ou estado entre os conceitos.

De acordo com Miller & Cañas (2008), além da análise de interdependência funcional dos conceitos é proposta a análise dos termos de ligação para classificação das proposições:

- **Proposições estáticas:** descrevem características, definem propriedades e organizam o conhecimento. Esta característica é notada pela avaliação do termo de ligação dessas proposições, as quais podem não apresentar verbos. Exemplo “como”, “e”. Quando apresentam verbos estes são na maioria verbos de ligação “ser”, “estar”, porém podem surgir verbos como “ter”, “possuir”, “incluir”.

Automóvel - é→ meio de transporte poluente

- **Proposições dinâmicas:** envolvem movimento, ação, mudança de estado, ou dependência entre os conceitos. A análise dos conceitos propõe uma subdivisão em dinâmicas não causais e causais. Podemos perceber pela Tabela 3 que para a identificação das proposições dinâmicas causais, além da análise do termo de ligação é necessário, também a análise dos conceitos, pois um conceito se refere a causa enquanto o outro corresponde a consequência.

Os conceitos das proposições dinâmicas causais podem ser quantificados com o acréscimo de palavras maior, mais, menor, menos, aumento, diminuição e, desta forma, expressar a maneira de como certa mudança na quantidade de um conceito proporciona a mudança na quantidade de outro conceito.

Tabela 3: Exemplos de proposições dinâmicas, segundo Miller, Cañas (2008):

PROPOSIÇÕES DINÂMICAS	CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL
Não causais	Automóveis	<i>necessitam de</i>	Combustível
Causais	Automóveis (causa)	<i>geram</i>	poluição (consequência)
Causais quantificadas	Mais automóveis (causa)	<i>geram</i>	mais poluição (consequência)

3.4.1. Estímulos para o elaboração de proposições dinâmicas

O aumento do número de proposições dinâmicas nos MCs pode ocorrer de acordo com três fatores, estrutura cíclica dos MCs, quantificação do conceito inicial e pergunta focal (DERBENTSEVA; SAFAYENI; CAÑAS, 2007):

- **Elaboração de MCs cíclicos:**

A estrutura do MC afeta o modo de como são relacionados os conceitos. Estruturas cíclicas possuem conceitos que se relacionam com entrada e saída (-mais carros→) gerando interdependência entre os conceitos. Este fato aponta para o aumento na elaboração de proposições dinâmicas, enquanto estruturas hierárquicas atuam como uma restrição a este tipo de relação entre conceitos.

- **Quantificação do conceito inicial:**

A utilização do conceito quantificado no topo do MC (-mais carros→) influencia tanto a quantificação de outros conceitos, como a produção de proposições dinâmicas, independente da estrutura do MC.

A quantificação do conceito é uma técnica muito poderosa para estimular o pensamento dinâmico nos MCs, mais poderoso do que estrutura cíclica, como afirma Derbentseva; Safayeni; Cañas (2007).

- **Pergunta focal:**

O aumento de proposições dinâmicas em MCs pode ser estimulado também pela forma da elaboração da pergunta focal.

A pergunta focal *“o que é poluição?”*, iniciada com *“o que”*, estimula a elaboração de proposições com características de descrição, definição do conceito, ou seja, proposições estáticas.

Perguntas que são iniciadas com *“como”* incentivam a produção de proposições dinâmicas, pois exigem a elaboração de MCs com proposições que explicitem as relações de interdependência.

A utilização da quantificação do conceito inicial no mapeamento conceitual incentiva tanto o aumento na elaboração das proposições dinâmicas como também estimula a presença de um número maior de conceitos quantificados no MC, o que não é observado nos dois outros estímulos, pois a estrutura cíclica do MC e a questão focal “como” afetam somente o aumento de elaboração de proposições dinâmicas (DERBENTSEVA; SAFAYENI; CAÑAS, 2007).

A Figura 13 apresenta os três fatores que estimulam o aumento na produção de proposições dinâmicas.

Pergunta focal: “**Como** o número de automóveis afeta o ambiente e a sociedade”?

Figura 13: Estímulos para aumento da quantidade das proposições dinâmicas: [1] MCs cíclicos, [2] pergunta focal iniciada com “como” e [3] conceito inicial “mais tecnologia”.

3.5. Taxonomia para análise proposicional

Vários trabalhos foram propostos recentemente para avaliação de características semânticas das proposições (SAFAYENI; DERBENTSEVA; CAÑAS, 2005; CAÑAS; NOVAK, 2006; DERBENTSEVA; SAFAYENI; CAÑAS, 2007; MILLER; CAÑAS, 2008). Inspirado por essas idéias a análise proposicional surge a partir da

necessidade de produzir maior robustez na avaliação das proposições presentes nos MCs.

Esta análise considera como característica a natureza do conteúdo declarativo expresso nas proposições, ou seja, a forma como os conceitos são relacionados nos MCs na busca de significados. Tem como objetivo classificar as proposições em estáticas, as quais denotam um caráter descritivo e proposições dinâmicas, que consideram a relação de ação, mudança, influência, dependência, proporcionalidade e causa e efeito entre conceitos (SAFAYENI; DERBENTSEVA; CAÑAS, 2005; CAÑAS; NOVAK, 2006; DERBENTSEVA; SAFAYENI; CAÑAS, 2007; MILLER; CAÑAS, 2008; ROMANO JR; CORREIA, 2010).

Desta forma foi concebido um esquema taxonômico apresentado na Figura 14, para a análise das proposições dos MCs. Este esquema leva em consideração três categorias: primária, secundária e terciária (ROMANO JR; CORREIA, 2010).

A utilização das três categorias em conjunto proporciona uma diferenciação em seis tipos de proposições:

- (E) proposição estática;
- (D00) proposição dinâmica não causal não quantificada;
- (D01) proposição dinâmica não causal parcialmente quantificada;
- (D10) proposição dinâmica causal não quantificada;
- (D11) proposição dinâmica causal parcialmente quantificada;
- (D12) proposição dinâmica causal totalmente quantificada.

Figura 14: Esquema taxonômico para classificação de proposições. Categorias primárias: estática (E) e dinâmica (D); categoria secundária: não causal (D0), e causal (D1); categoria terciária: não quantificada (0), parcialmente quantificada (1) e totalmente quantificada (2).

A categoria primária define se a proposição é estática (E), ou dinâmica (D). Um exemplo de proposição estática (E), representada na figura pela caixa redonda, pode ser mostrado pela proposição descritiva carros -são→poluentes.

A categoria secundária classifica as proposições dinâmicas considerando a existência de relações de causa e efeito, desta forma as proposições dinâmicas (D), as quais estão representadas em caixas retangulares, podem ser classificadas em proposição dinâmica não causal (D0) e proposição dinâmica causal (D1).

As caixas retangulares com bordas de linhas descontínuas revelam proposições dinâmicas não causais (D0), que especificamente nestes exemplos indicam relações de ação, dependência e influência entre os conceitos. As proposições dinâmicas causais (D1) apresentam um conceito indicando a causa e o outro a consequência, estão representadas em caixas retangulares com bordas de linhas contínuas.

A categoria terciária leva em consideração a presença de quantificação nos conceitos tanto nas proposições dinâmicas não causais (D0), como nas proposições dinâmicas causais (D1). Neste caso, observam-se três situações: quando ocorre a ausência (0) de quantificação em ambos os conceitos, a presença parcial, ou quando a quantificação ocorre somente em um dos conceitos (1) e a quantificação total, quando os dois conceitos presentes na proposição apresentam quantificação (2).

No caso das proposições dinâmicas não causais (D0), são consideradas apenas a ausência da quantificação nos conceitos (D00) e a presença da quantificação em apenas um dos conceitos (D01). Exemplos:

carros - precisam de→ combustível (D00)
carros - precisam de→ **mais** combustível (D01)
mais carros -precisam de→ combustível (D01)

Com categorização da quantificação dos conceitos das proposições dinâmicas causais (D1), é possível identificar a ausência da quantificação nos conceitos (D10)

e a presença da quantificação em apenas um dos conceitos (D11) e a quantificação de ambos os conceitos (D12). Esta última categoria revela, explicitamente, relações interdependentes. Exemplos:

carros -causam→ poluição (D10)
carros -causam →**mais** poluição (D11)
mais carros -causam→ **mais** poluição (D12)

4. Procedimento de pesquisa

4.1. Coleta de dados

A coleta de dados empíricos ocorreu no primeiro semestre de 2009 na Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH/USP Leste), no âmbito das aulas da disciplina ACH 0011 Ciências da Natureza CN.

O Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia foi responsável pelas aulas na turma 22, com 60 alunos. As aulas com 2 horas de duração ocorreram semanalmente, durante 15 semanas conforme o cronograma esquematizado (Figura 15):

Figura15: Cronograma das aulas da disciplina CN (Coleta de dados durante as avaliações MC5 e MC15).

Os alunos foram apresentados ao mapeamento de conceitos e treinados para elaborar MCs manualmente e digitalizados utilizando o software Cmaptools (CORREIA; INFANTE-MALACHIAS; GODOY, 2008).

O objetivo era garantir um período de capacitação (aulas 1-4) para proporcionar aos alunos um nível de proficiência adequado (Silva Jr; Romano Jr ; Correia, 2010).

Por meio da atividade inaugural da disciplina CN (aula 1) foram elaborados MCs em grupos de 3 a 4 alunos, cujo objetivo foi responder à pergunta focal “Por que é difícil entrar na USP?” utilizando cerca de 12 conceitos.

A disciplina ACH011 Ciências da Natureza (CN) integra o ciclo básico e tem o papel de contribuir com o processo de alfabetização científica dos alunos ingressantes da

Escola de Artes, Ciências e Humanidades - EACH/USP Leste - (FOUREZ, 2003; BYBEE, 2006; CORREIA et al., 2010).

Os objetivos, segundo a ementa da disciplina, podem ser descritos como:

1. *Introduzir discussões relacionadas com as ciências naturais, visando apresentar seus mecanismos de funcionamento e suas relações com a tecnologia e a sociedade.*

2. *Favorecer a compreensão do processo histórico do desenvolvimento do pensamento científico.*

3. *Permitir que os alunos estabeleçam uma relação próxima com o conhecimento científico.*

4. *Estimular a apropriação crítica desse conhecimento, valorizando a reflexão dos alunos com relação ao impacto da ciência e da tecnologia no contexto da sociedade do conhecimento.*

O período das discussões específicas sobre os temas: universo (aulas 1-5) e bioética (aulas 11-15), e como ocorreram as atividades utilizando mapas conceituais são apresentados na Tabela 4:

Tabela 4: Organização didática da disciplina ACH011 Ciências da Natureza

AULAS#	CONTEÚDOS DA DISCIPLINA	ATIVIDADES COM MCS
Tema#1: Mistérios do universo e a revolução científica moderna		
1	Desenvolvimento histórico do pensamento científico	Introdução ao mapeamento conceitual
2	Galileu e a revolução científica	MC individual
3	Explosão do conhecimento e descobertas da astronomia no século XX	Revisão e discussão dos MCs produzidos
4	Hubble, galáxias e cosmologia	MC individual (revisão para avaliação)
5	Avaliação (MC5)	MCs individuais semi-estruturados

Continuação da tabela 4: Organização didática da disciplina ACH011 Ciências da Natureza

Tema#3: Biologia molecular, Procedimentos médicos modernos e bioética		
11	evolução e a origem da vida	MCs individuais sobre a leitura preparatória MCs colaborativos após discussões em sala
12	DNA e biologia molecular	MCs individuais sobre a leitura preparatória MCs colaborativos após discussões em sala
13	implicações médicas da biologia molecular	
14	Lei de biossegurança brasileira	MCs colaborativos sobre as aulas 13 e 14.(revisão para avaliação)
15	Avaliação final (MC15)	MCs individuais semi-estruturados

O tema Universo foi o tema de abertura das discussões da disciplina CN (aulas 1-5). Leituras preparatórias (DAWKNS, 2005; BRODY D. E; BRODY A. R., 2000) foram indicadas e discutidas com os alunos durante as aulas 2, 3 e 4 que precederam a avaliação MC05 (aula 5), a fim de estabelecer relações conceituais entre as observações astronômicas do século XVI, o nascimento da ciência moderna e a ampliação da nossa compreensão sobre o universo (PORTO C. M.; PORTO M. B. D. S. M., 2008).

Os conteúdos explorados nestas aulas envolviam a compreensão sobre o desenvolvimento histórico do pensamento científico (aula 1), Galileu e a revolução científica (aula 2), explosão do conhecimento e descobertas da astronomia no século XX (aula 3), e Hubble, galáxias e cosmologia (aula 4).

Os MCs produzidos na aula 5 (MC5), foram elaborados individualmente e considerados como avaliação. Os alunos deveriam responder a pergunta focal “Como a ciência e a tecnologia influenciaram a compreensão da sociedade sobre o Universo?” utilizando um total de 9 conceitos.

O conceito “mais tecnologia,” presente no topo do mapa, foi imposto ao aluno. Desta forma considerando as discussões e os materiais utilizados na disciplina de CN os

alunos deveriam selecionar oito conceitos mais importantes, relacioná-los e registrá-los dentro da estrutura semi-estruturada que foi solicitada (Figura 16):

Figura16: Mapa conceitual semi-estruturado utilizado em ambas as avaliações -MC5 e MC15- (conceito obrigatório “Mais tecnologia” identificado na caixa pontilhada).

Os MCs utilizados como avaliação na disciplina de CN (MC5 e MC15) eram semi-estruturados (MC-SE). Estes MCs se caracterizam pela limitação de número de conceitos, mas permitem a liberdade na forma de relacioná-los (DERBENTSEVA; SAFAYENI; CAÑAS, 2007). Os MCs deveriam ser feitos manuscritos e com o limite máximo de 9 conceitos, a fim de estimular o exercício de síntese e seleção das idéias mais relevantes.

No final da disciplina (aulas 11-15) o principal tema, bioética, foi discutido tendo como recursos didáticos a apresentação do episódio 1 do filme “DNA, a promessa e o preço” (*Discovery Channel*), na aula 13 e Leituras preparatórias, (DAWKINS, 1996; DAWKINS, 2004) foram utilizadas para aulas 11 e 12.

A partir destes materiais didáticos os alunos produziram MCs individuais elaborados antes destas aulas e MCs que foram elaborados coletivamente após as discussões realizadas em sala, nestas mesmas aulas.

Os conceitos explorados nestas aulas envolviam evolução e a origem da vida (aula 11), DNA e biologia molecular (aula 12), implicações médicas da biologia molecular (aula 13), e a lei de biossegurança brasileira (aula 14).

A avaliação final do curso (aula 15) envolveu a construção individual de um mapa conceitual semi-estruturado (MC-SE) com 9 conceitos (MC15) para responder a seguinte questão focal: "Como é que a bioética regula a relação entre ciência e sociedade?".

Os conceitos "mais tecnologia" e "mais controvérsia" foram impostos aos alunos, e deveriam estar presentes nos MCs, sendo que este último conceito o aluno teria a liberdade de colocá-lo em uma posição dentro da estrutura do MC que achasse mais conveniente. Desta forma restaria para o aluno a opção de selecionar sete conceitos mais importantes, considerados nas discussões e nos materiais utilizados na disciplina e registrá-los dentro da estrutura semi-estruturada, porém teriam a liberdade de relacionarem estes conceitos na forma como achassem mais convenientes.

A metodologia adotada da aula 1 a 4 compreendeu na leitura prévia dos textos citados, seguida da elaboração individual de um MC sobre os assuntos e uma discussão em sala de aula. A metodologia da aula 11 a 14 além das estratégias já citadas, os alunos tinham a possibilidade de negociar conceitos em grupo e elaborar um MC colaborativo ao final da discussão.

A questão focal do tipo "como" e a presença de conceitos obrigatórios "mais tecnologia" e "mais controvérsia" foram estratégias adotadas de forma conjunta para promover o aumento na elaboração de proposições dinâmicas nos MCs que foram utilizados como avaliação disciplina de CN.

Os estímulos fornecidos nas avaliações também se diferenciaram um pouco como pode ser visto na Tabela 5:

Tabela 5: Estímulos fornecidos aos alunos durante a primeira (MC5) e terceira (MC15) avaliação.

	MCs5 (Aula 5)	MCs15 (Aula 15)
Autoria	Individual	Individual
Conceito obrigatório	“mais tecnologia”	“mais tecnologia” e “mais controvérsia”
Número de conceitos	9	9
Pergunta focal	Como a ciência e a tecnologia influenciaram a compreensão da sociedade sobre o Universo?	Como a bioética regula as relações entre ciência e sociedade?

4.2. Tratamento dos dados

A análise proposicional consistiu na avaliação individual das 1455 proposições que foram obtidas pela análise dos 104 MCs coletados. Informações mais detalhadas a respeito do número de MCs e proposições em cada avaliação de CN (MC5 e MC15) podem ser observadas na Tabela 6:

Tabela 6: Número de MCs e proposições dos MC5 (aula 5) e MC15 (aula 15)

	MC5 (Aula 5)	MC15 (Aula 15)
MCs (n=104)	n=52	n=52
Proposições (n=1455)	n=669	n=786

Todas as proposições dos MCs foram digitadas no Cmaptools e exportadas em forma de uma planilha. Após embaralhar as proposições, iniciou-se um processo de categorização seguindo o procedimento analítico para classificar cada proposição em uma das categorias propostas (E, D00, D01, D10, D11 e D12).

Este procedimento é bem objetivo, pois a utilização de uma sequência de quatro perguntas, descritas na (Tabela 7), foi suficiente para fazer a escolha adequada na classificação das proposições.

Tabela 7: Procedimento para classificar proposições nas categorias do esquema taxonômico proposto.

Foco em	Categoria	Questões para categorizar as proposições	Respostas	Ação	Resultado
FRASE DE LIGAÇÃO	Primária	#1. Os termos de ligação têm verbos?	Sim	Ver questão #2	-
			Não	Proposição estática	E
		#2. O verbo é de ligação? (Exemplo: <i>ser, estar</i>)	Sim	Proposição estática	E
			Não	Proposição dinâmica Ver questão #3	D
CONCEITOS	Secundária	#3. Ambos conceitos: inicial e final indicam causa e consequência, respectivamente?	Sim	Proposição dinâmica causal Ver questão #4	D1
			Não	Proposição dinâmica não causal Ver questão #4	D0
	Terciária	#4. Os conceitos são quantificados? (Exemplo: <i>mais carros, muitos carros</i>)	Ambos	Totalmente quantificada (2)	D12
			Somente um conceito	Parcialmente quantificada (1)	D01, D11
			Nenhum	Não quantificada (0)	D00, D10

As duas primeiras questões têm foco na frase de ligação e considera a presença e o tipo de verbo para classificar, como categoria primária, a proposição estática (E) e proposição dinâmica (D).

A primeira questão “Os termos de ligação possuem verbos?” e a segunda questão “O termo de ligação tem verbo de ligação?”. Na maioria das vezes estes verbos são de ligação “ser”, “estar”, porém podem surgir verbos como “ter”, “possuir”, “incluir”. A resposta sendo negativa para ambas as questões a proposição é classificada como proposição estática (E).

A questão #3 “O conceito inicial indica causa e o conceito final indica consequência?” tem foco na segunda categoria e se concentra nos conceitos para avaliar se a proposição dinâmica (D) irá ser classificada como dinâmica não causal (D0) ou dinâmica causal (D1).

A questão #4 tem foco na terceira categoria e se concentra novamente na análise dos conceitos para avaliar se ocorre ausência de quantificação (0), quantificação parcial (1) e a quantificação total (2).

Para uma melhor descrição e compreensão do procedimento de análise proposicional são apresentados, o MC exemplo representado na Figura 17 e a Tabela 8 que apresenta a planilha onde as proposições foram organizadas.

O MC elaborado na avaliação final na disciplina de CN (MC15) foi manuscrito pelo aluno e para uma melhor visualização, neste trabalho, foi digitado no Cmaptools tendo o posicionamento espacial dos conceitos alterados para uma melhor apresentação no exemplo.

A Tabela 8 representa a planilha de organização dos dados com as seis categorias de proposição (E, D00, D01, D10, D11 e D12), identificação dos alunos (MCs), quantidade de proposições (props), conceitos iniciais, termos de ligação e conceitos finais.

Figura 17: MC exemplo para demonstração do procedimento da análise proposicional.

Tabela 8: Planilha para análise proposicional

MCs	PROP #	CONCEITO INICIAL	TERMO DE LIGAÇÃO	CONCEITO FINAL	E	D 0 0	D 0 2	D 1 0	D 1 1	D 1 2
2203	1	MAIS CONTROVÉRSIA	gera mais	POLÊMICA						1
2203	2	ASSUNTOS POLÊMICOS	Têm relação com	CIÊNCIA	1					
2203	3	BIOÉTICA	é a ética da	VIDA	1					
2203	4	BIOÉTICA	é a ponte entre	CIÊNCIA	1					
2203	5	HUMANIZAÇÃO	deve estar presente no	TRABALHO CIENTÍFICO	1					
2203	6	BIOÉTICA	é regulada pela	SOCIEDADE		1				
2203	7	MAIS TECNOLOGIA	é aspirada pela	SOCIEDADE			1			
2203	8	CIÊNCIA	deve seguir a	BIOÉTICA		1				
2203	9	BIOÉTICA	é uma tentativa de	HUMANIZAÇÃO	1					
2203	10	VIDA	está presente na	SOCIEDADE	1					
2203	11	ASSUNTOS POLÊMICOS	se relaciona com a	VIDA	1					
2203	12	MAIS CONTROVÉRSIA	gera mais discussões no âmbito da	SOCIEDADE						1
2203	13	MAIS CONTROVÉRSIA	limita a atividade do	PROCESSO CIENTÍFICO			1			
2203	14	BIOÉTICA	é a ponte entre	SOCIEDADE	1					
2203	15	HUMANIZAÇÃO	deve ser feita através da bioética na	CIÊNCIA	1					
2203	16	BIOÉTICA	trata de	ASSUNTOS POLÊMICOS		1				
2203	17	CIÊNCIA	Trabalha com a	VIDA		1				
2203	18	MAIS CONTROVÉRSIA	gera mais discussões no âmbito da	CIÊNCIA						1
2203	19	MAIS TECNOLOGIA	Desenvolve mais	CIÊNCIA						1
TOTAL					9	4	2	0	0	4

MC = identificação do aluno e prop = número de proposições.

4.3. Análise dos dados

4.3.1. Estatística descritiva

Métodos de estatística descritiva foram utilizados para mostrar os parâmetros estatísticos (média, mediana, quartil inferior, quartil superior, mínimo da amostra, e máximo da amostra) obtidos para descrever cada uma das variáveis consideradas na nossa análise - E, D00, D01, D10, D11 e D12 - (COHEN, 2004).

A comparação dos valores médios de cada categoria para análise proposicional das avaliações MC5 (tema Universo) com os valores médios de cada categoria das avaliações MC15 (tema bioética) foi feita utilizando-se o teste-t.

4.3.2. Estatística exploratória multivariada

A estatística exploratória multivariada foi empregada para realizar análise hierárquica de agrupamentos (HCA) em duas matrizes de dados $X_{(52,6)}$ e $Y_{(52,6)}$, onde as linhas ou objetos são os mapas conceituais (MC5 e MC15, respectivamente) produzidos pelos 52 alunos e as colunas ou variáveis são as 6 categorias consideradas na análise proposicional - E, D00, D01, D10, D11 e D12 - (KAUFMAN; ROUSSEEUW, 2005).

Prosseguiu-se então com a análise hierárquica de agrupamentos (HCA) tanto para observar as similaridades entre os alunos como entre as categorias. A HCA, ou análise de *cluster* é um processo de divisão de uma população heterogênea em vários subgrupos mais homogêneos.

A HCA tem o propósito de reunir variáveis ou um objeto com base nas similaridades entre os itens, e para isso, calcula as distâncias entre esses itens, fornecendo os resultados em uma matriz de distâncias que é ligada através de vários métodos. O resultado final é um dendrograma, que mostra os itens mais relacionados.

Neste estudo foi escolhido para a medida de distância entre os itens, a Euclidiana e para a conexão, o método Ward ou Incremental utilizando o software Pirouette 3.11[®] da Infometrix[®].

Para analisar o dendrograma, será utilizado o conceito de similaridade (S), onde para distância (d) de duas amostras a e b é calculada pela equação (1):

Equação 1 - Similaridade para dois pontos a e b.

A similaridade varia entre 0 e 1, sendo que para pontos muito distantes, a similaridade é mínima ou nula e para pontos muito próximos a similaridade é máxima ou um (EVERITT, 1993).

5. Resultados e discussão

5.1. Análise taxonômica das proposições no conjunto total dos mapas conceituais (MC5 + MC15)

A quantidade de proposições presentes nos mapas conceituais do início da disciplina - MC5 (46%) foi menor quando comparada a quantidade de proposições nos mapas finais - MC15 - (54%) (Figura 18):

Figura 18: Porcentagem de proposições presentes na avaliação inicial (MC5) e final (MC15) da disciplina de CN.

Este aumento (8%) na elaboração de proposições pode ser atribuído na metodologia de aula e como estes temas foram trabalhados em sala, especificamente na forma de elaboração dos mapas conceituais.

O tema da MC5 (aulas 1-5) foi universo e os mapas conceituais solicitados pelo docente para discussão e aprendizagem deste conteúdo foram elaborados pelos alunos individualmente. O mesmo não ocorre com no período das aulas (11-15) reservado para a discussão do tema bioética.

Os mapas conceituais solicitados neste período eram elaborados individualmente e também de forma colaborativa pelos alunos. Diante do exposto pode-se inferir que a discussão sobre o tema biotética foi enriquecida pela troca de significados entre os colegas.

Desta maneira credita-se o aumento da quantidade das proposições no mapa conceitual MC15 da avaliação final ao fato dos alunos realizarem mais relações entre os conceitos devido a troca de significados com os colegas.

A análise do conjunto total das proposições (1455) , mostrada pelo box-plot, (Figura 19), descreve a média ($\bar{x}$), desvio padrão (DP) e a mediana (Me) de todas as seis categorias (E, D00, D01, D10,D11 e D12).

Figura 19: Box-plot obtido para cada uma das seis categorias de proposições.

A categoria D00 apresentou os maiores valores entre todas as categorias ($\bar{x} = 5,1$; $DP = \pm 2,9$; $Me = 5,0$), enquanto a D01 categorias ($\bar{x} = 1,0$; $DP = \pm 0,9$; $Me = 1,0$), e D12 ($\bar{x} = 1,3$; $DP = \pm 1,5$; $Me = 1,0$) apresentaram valores inferiores as proposições estáticas E ($\bar{x} = 2,2$; $DP = \pm 2$ e $Me = 2,0$).

A categoria D10 ($\bar{x} = 1,6$; $DP = \pm 1,6$; $Me = 1,0$) apresentou valores semelhantes em comparação com a categoria estática (E). A categoria D11 ($\bar{x} = 2,7$; $DP = \pm 1,8$; $Me = 1$) apresentou maiores valores em relação às proposições dinâmicas causais (D1).

Os altos valores de proposições dinâmicas (D00) revelam que as estratégias adotadas nos MCs (pergunta focal e conceitos obrigatórios quantificados) podem ter estimulado a elaboração de proposições dinâmicas com menor nível de complexidade.

A análise da quantidade de proposições dinâmicas, (Figura 20) , revela que apenas (16%) de todas as proposições (n=1455) são estáticas. O número expressivo de proposições dinâmicas (84%) mostra que os estímulos (pergunta focal e conceitos obrigatórios quantificados) dados aos alunos através dos Mcs se mostraram eficazes.

Figura 20: Quantidade (5) de proposições estáticas (E) e dinâmicas (D0 não causal e D1 causal).

A avaliação da diferença entre a quantidade de proposições dinâmicas causais (D1) e não causais (D0),aponta que a quantidade de proposições dinâmicas sem causa e efeito D0 (44%) é ligeiramente maior do que as proposições causais D1 (40%).

Esta pequena diferença (4%) demonstra que houve uma distribuição homogênea das proposições dinâmicas sem causa e efeito (D0) e das proposições casais (D1).Desta forma, os alunos exploraram tanto relações de dependência e influência como relações de causa e efeito entre os conceitos.

A análise da quantidade (%) das proposições dinâmicas levando em consideração aspectos de quantificação nos conceitos, representada na Figura 21, considera três possibilidades: proposições, não causais e causais com ausência de quantificação em ambos conceitos (D00+D10), proposições não causais e causais com quantificação parcial, onde pelo menos um dos conceitos é quantificado (D01+D11)

e proposições causais que possuem quantificação total ou presente nos dois conceitos (D13).

Figura 21: Quantidade (%) de proposições dinâmicas considerando quantificação dos conceitos: Quantificação ausente (D00+D10), Quantificação parcial (D01+D11) e Quantificação total (D12).

Nota-se uma porcentagem maior de proposições dinâmicas que não apresentam quantificação em nenhum conceito - quantificação ausente (D00+D10) - (57%) se compararmos com as proposições que apresentam quantificação parcial, ou em pelo menos um dos conceitos – (D01+D11) - (32%) e proposições com a quantificação total nos dois conceitos – (D12)- (11%).

Para avaliar como os estímulos (pergunta focal e conceitos obrigatórios) influenciaram na elaboração das proposições dinâmicas e na quantificação dos conceitos foram removidas todas as proposições com os conceitos obrigatórios “mais tecnologia” e “mais controvérsia” (Tabela 9).

Tabela 9: Frequência de distribuição (%) das 6 categorias de acordo com conjunto total de proposições (n=1455), subconjunto A (n= 1140) formado pela remoção de proposições que continham o conceito "mais tecnologia ", e o subconjunto B (n = 1013) formado pela remoção de todas as proposições que continham os conceitos " mais tecnologia" e "mais controvérsia".

	Proposições estáticas (E)	Proposições dinâmicas(D)				
		Não causais (0)		Causais (1)		
Conjuntos de proposições	E	D00	D01	D10	D11	D12
Total(n=1455)	16%	36%	7%	11%	20%	9%
A (n=1140)	20%	46%	4%	14%	13%	3%
B (n=1013)	22%	52%	2%	16%	6%	2%

O subconjunto A foi obtido após a remoção de todas as proposições que continham o conceito "mais tecnologia ", e o subconjunto B foi obtido após a remoção de todas as proposições que continham os conceitos " mais tecnologia" e "mais controvérsia".

A comparação dos subconjuntos A e B com o conjunto total de proposições mostrou uma diminuição na proporção de D01, D11 e D12, enquanto ocorre um aumento na quantidade de proposições estáticas E, D00 e D10.

Para avaliação do efeito somente da pergunta focal na elaboração de proposições dinâmicas pelos alunos sem a contribuição dos conceitos obrigatórios foi realizada uma comparação do conjunto total de proposições e o subconjunto B, o qual desconsidera proposições com os conceitos obrigatórios “mais tecnologia” e “mais controvérsia”.

Observa-se que a proporção de proposições dinâmicas (D00+D01+D10+D11+D12) observadas no subconjunto B (78%) é significativamente maior do que as proposições estáticas (22%), devido principalmente ao uso da pergunta focal do tipo “como”.

Para avaliação da quantidade de proposições dinâmicas não causais e causais, sem a contribuição dos conceitos obrigatórios foi realizada uma comparação do conjunto

total de proposições e o subconjunto B, o qual desconsidera proposições com os conceitos obrigatórios “mais tecnologia” e “mais controvérsia”.

Observa-se no subconjunto B que a quantidade de proposições dinâmicas (não causais + causais), com quantificação (parcial + total) nos conceitos (D01+D11+D12) é de apenas 10%, enquanto que no conjunto total de proposições a quantidade é de 36%.

Esta diferença (26%) revela que os conceitos obrigatórios quantificados (“mais tecnologia” e “mais controvérsia”) contribuíram diretamente para a produção de proposições dinâmicas quantificadas, mas não se observa a influência destes conceitos na quantificação de outras proposições, as quais estes conceitos não estejam presentes.

5.2. Análise taxonômica das proposições ao longo da disciplina de Ciências da Natureza

A Tabela 10 permite visualizar a comparação dos valores médios das seis categorias de proposições na avaliação inicial (MC5) com os valores médios de cada categoria de proposições na avaliação final (MC15) foi realizado pelo teste t de student.

Tabela 10: Distribuição das categorias de proposições nas avaliações: inicial (MC5) e final (MC15).

	MC5(n=52)	MC15(n=52)	t cal
E	1,9±2,0	2,5±2,0	1,53
D00	5,3±3,1	4,9±2,8	0,69
D01	0,8±0,8	1,3±1,0	2,82
D10	1,4±1,7	1,8±1,6	1,24
D11	2,0±1,4	3,5±1,9	4,58
D12	1,5±1,5	1,1±1,4	1,41

Valor crítico: $t(p=0,05; gl= 102) = 1,66$

A interpretação do resultado baseia-se na comparação entre o valor de t calculado e o valor crítico para t, que é estabelecido a partir do número de graus de liberdade (102) e do limite de confiança que se deseja utilizar (95%). Se o t calculado for maior

ou igual que o t crítico as médias são diferentes, caso contrário, as médias são iguais.

Os dados da Tabela 10 permitem concluir que os valores médios das categorias D01 e D11 são estatisticamente diferentes dos valores médios das mesmas categorias quando se comparam os dados da avaliação inicial (MC5) e final (MC15). Isto indica que a introdução do conceito obrigatório “mais controvérsia” na avaliação final da disciplina (MC15) pode ter contribuído para esta diferença.

Utilizando os dados da MC5 para a análise de agrupamentos hierárquicos (HCA) aplicada às 6 categorias gerou o dendrograma da Figura 22. Com 51% (0,51) de similaridade, formaram-se 2 agrupamentos (I e II)

Figura 22: Dendrograma das 6 categorias semânticas utilizando o método *Ward/Incremental* e distância Euclidiana. Formação de 2 agrupamentos (I e II) para 51% de similaridade - linha tracejada (dados de MC5).

As categorias que mais possuem similaridade (0,74 – 74%) são D12 e D01, seguido da D11 (0,64 - 64%) possivelmente, pois essas categorias simbolizam proposições com quantificação parcial ou total, as quais necessitam de maior esforço cognitivo para ser elaborada.

Dentro do grupo I, a categoria “Estática (E)” é aquela que mais se difere das demais, ficando óbvia a diferença entre proposições estáticas e dinâmicas.

No grupo II, o isolamento da categoria D00 pode ser explicado pelo fato das proposições com tal característica ser a primeira que apresenta uma relação dinâmica entre os conceitos, porém que não exige relações de causa e efeito ou qualquer quantificação nos conceitos.

Espera-se que com os estímulos (pergunta focal iniciada com “Como” e conceito obrigatório previamente quantificado “Mais tecnologia”) que o aluno seja capaz de produzir mais proposições dinâmicas e menos estáticas.

Agora, utilizando os dados da MC15 e a similaridade (52%), a HCA agrupou as categorias em 4 grupos (V-VIII) como mostrado no dendrograma da Figura 23.

Figura 23: Dendrograma das 6 categorias semânticas utilizando o método *Ward/Incremental* e distância Euclidiana. Formação de 4 agrupamentos (III-VI) para 52% de similaridade - linha tracejada (dados de MC15).

Ao manter condições de similaridades (51%-52%) de MC5 para MC15, esperava-se observar diferenças entre o agrupamento das categorias. Nesse caso, houve o aparecimento de uma maior quantidade de agrupamentos, mostrando que as características das proposições foram as mais diversas possíveis. Isso pode mostrar que os alunos exploraram mais a relação de influência e dependência entre os conceitos (seja causal ou não, quantificado ou não).

A HCA utilizando as informações da MC5, resultou no dendrograma utilizando as informações da MC5 (Figura 24). Em seguida, os alunos de cada agrupamento (P, Q e R) foram identificados e calculou-se a média do número de proposições classificada em cada categoria (E, D00, D01, D10, D11 e D12). Elaborou-se então um gráfico representado na Figura 25 com esses valores médios, por agrupamento e por categoria.

Figura 24: Dendrograma dos 52 alunos utilizando o método *Ward/Incremental* e distância Euclidiana. Formação de 3 agrupamentos (P, Q e R) para 44% de similaridade - linha tracejada (dados de MC5).

Figura 25: Média do número de proposições em cada categoria semântica separado por agrupamentos resultantes da HCA (Dados de MC5).

Percebe-se que, na primeira avaliação (MC5), o agrupamento de alunos R (n=31) compõe 60% dos alunos, sendo que os MC apresentam uma maior quantidade de proposições do tipo D00 (dinâmica não causal sem quantificação).

Já o agrupamento Q ($n=13$), corresponde a 25% dos alunos e que, apesar de todos os incentivos metodológicos, tiveram suas proposições em sua maioria classificadas como estáticas.

E, por fim, o grupo P ($n=8$) pertence somente a 15% dos alunos, e que elaboraram proposições predominantemente D12 (causais com quantificação total), o que pode ser justificada pela obrigatoriedade da utilização de um conceito quantificado.

Pode-se dizer então que 85% dos alunos tiveram seus MC com proposições que requerem baixa carga cognitiva, realizando relações conceituais descritivas (E) e/ou de dependência de baixa complexidade (D00).

A HCA aplicada aos alunos resultou no dendrograma, utilizando as informações da MC15, resultou em três agrupamentos (S, T e U) (Figura 26). Em seguida, os alunos de cada grupo foram identificados e calculou-se a média do número de proposições classificadas em cada categoria (E, D00, D01, D10, D11 e D12).

Elaborou-se então um gráfico, representado pela Figura 27 com esses valores médios, por agrupamento e por categoria.

Figura 26: Dendrograma dos 52 alunos utilizando o método Ward/*Incremental* e distância Euclidiana. Formação de 3 agrupamentos (S, T e U) para 42% (0,42) de similaridade - linha tracejada (Dados de MC15).

Figura 27: Média do número de proposições em cada categoria semântica separado por agrupamentos resultantes da HCA (Dados de MC15).

Utilizando os dados da MC15, o HCA agrupou os alunos em três segmentos (S, T e U). Os alunos de cada agrupamento foram identificados e calculou-se a média do número de proposições classificada em cada categoria (E, D00, D01, D10, D11 e D12).

Em seguida elaborou-se um gráfico com esses valores médios, por agrupamento e por categoria.

Percebe-se que, na última avaliação da disciplina (MC15), o agrupamento de alunos T (n=25) compõe 48% dos alunos, sendo que os MC apresentam uma maior quantidade de proposições do tipo D00 (dinâmica não causal sem quantificação).

O segundo maior agrupamento, S (n=18), corresponde a 35% dos alunos e que, apesar de todos os incentivos metodológicos, tiveram suas proposições em sua maioria classificadas como estáticas.

E, por fim, o grupo U (n=9) pertence somente a 17% dos alunos, que elaboraram proposições predominantemente D00 novamente. Pode-se dizer então que 65% dos alunos tiveram seus MC com proposições dinâmicas sem quantificação e sem causa e efeito.

Ao realizar uma análise comparativa do processo avaliativo da disciplina (MC5 e MC15) percebe-se que, de modo geral, o número total de proposições aumentou, porém esse aumento é proporcionalmente distribuído em todas as categorias, ou seja, ainda existem alunos que elaboram proposições descritivas como aqueles que optaram pelas dinâmicas, mostrando a idiossincrasia que o MC revela.

Os agrupamentos possuem a mesma tendência tanto na primeira como na última avaliação.

Existia uma hipótese de que os estímulos fornecidos nas duas avaliações (MC5 e MC15) estimulariam os alunos a realizarem menos proposições estáticas e mais dinâmicas, o que acabou se verificando já que tanto na MC5 como na MC15, mais de 60% dos alunos elaboraram proposições essencialmente dinâmicas sejam elas causais ou não causais, quantificadas parcial ou totalmente.

Isso indica que tanto a pergunta focal iniciada com “Como”, quanto os conceitos obrigatórios quantificados auxiliam na construção de relações conceituais de dependência e influência.

5.3. Exemplos ilustrativos de MCs

Para ilustrar as mudanças no tipo de proposições de MC5 para MC15, foram selecionados dois MCs obtidos durante as avaliações inicial e final da disciplina de CN (Figura 28): (a) MC5 elaborado por um aluno com alto índice de proposições estáticas (linha tracejada) e (b) MC15 elaborado pelo mesmo aluno, que agora apresenta um maior índice de proposições dinâmicas (linha contínua) (Figura 28).

Pergunta focal: Como a ciência e a tecnologia influenciaram a compreensão da sociedade sobre o Universo?

Pergunta focal: Como a bioética regula as relações entre ciência e sociedade?

Figura 28: Mapas conceituais produzidos nas duas avaliações da disciplina de Ciências da Natureza de um mesmo aluno. (a) MC5 pertencente ao grupo Q (Figura 25) com predominância de proposições estáticas (linhas tracejadas); (b) MC15 do mesmo aluno, que agora pertence ao grupo T (Figura 27) com predominância de proposições dinâmicas (linhas contínuas).

Na Figura 28 (a) observa-se o MC do aluno típico do grupo Q, (Figura 25), já que possui alto índice de proposições estáticas (45%) mesmo sendo capaz de elaborar proposições dinâmicas (D01, D11 e D12), porém em menor quantidade.

O MC da Figura 28 (b) representa o aluno típico do grupo T, (Figura 27), pois possui alto índice de proposições D00 e D11 (54%) com diminuição na elaboração das proposições do tipo estáticas.

Ainda que o aluno tenha aumentado o número total de proposições e que tenha explorado de forma mais diversificada os tipos de proposições dinâmicas, não necessariamente pode-se afirmar que houve uma evolução proposicional, sendo necessária uma avaliação mais profunda do conteúdo descrito nessas proposições.

6. Considerações finais

Quando diferentes autores elaboram um MC, podem responder a mesma pergunta focal, mas realizam diferentes conexões e relacionam os conceitos de formas diferentes para representar o conhecimento.

Um ponto levantado por este trabalho é se existe a possibilidade de verificar a forma como os conteúdos são representados nos MCs. Será que é possível avaliar a forma pela qual os mapeadores relacionam os conceitos para expressarem o conteúdo de um determinado tema? Uma possível resposta para esta pergunta é que seja feita a avaliação da natureza do conteúdo declarativo expresso nas proposições. As proposições são chamadas de unidades semânticas, e elas são fundamentais para assegurar a compreensão conceitual clara de seus autores.

Este trabalho de pesquisa procurou analisar as proposições dos MCs produzidos pelos alunos ingressantes da EACH/USP Leste com objetivo de avaliar a forma como são expressos os conteúdos sobre ciência, tecnologia e sociedade na disciplina ACH 0011 Ciências da Natureza.

A combinação das informações disponíveis na literatura (SAFAYENI; DERBENTSEVA; CAÑAS, 2005; MILLER; CAÑAS, 2008; SAFAYENI; DERBENTSEVA; CAÑAS, 2007) permitiu melhorar nossa capacidade de explicar as proposições que estão presentes nos MCs. Baseando-se nestes três artigos da literatura foi desenvolvida uma taxonomia de análise proposicional com três categorias.

A primeira categoria determina se a proposição é estática ou dinâmica. A segunda e terceira categoria: avalia, respectivamente, a presença de causa e efeito e a quantificação nos conceitos. Estas categorias se mostraram adequadas para avaliar os MCs e permitiram que cada proposição fosse classificada de acordo com a observação dos verbos presentes nos termos de ligação e nos conceitos, sendo que pelos:

[1] verbos utilizados na frase de ligação, classificam-se as proposições em estática e dinâmica. Verbos de ligação como (ser, estar) e o verbo ter indicam que a proposição é estática, caso contrário é dinâmica.

[2] conceitos iniciais e finais, verificam-se as relações de causa e efeito e quantificação dos conceitos (ausente, parcial e totalmente quantificados).

O procedimento de classificação se mostrou prático e objetivo, pois se utilizou de apenas quatro questões para julgar cada proposição:

1. Os termos de ligação têm verbos?
2. O verbo é de ligação?
3. Ambos os conceitos; inicial e final indicam causa e consequência respectivamente?
4. Os conceitos são quantificados?

A classificação das proposições utilizando o conjunto das três categorias da taxonomia de análise proposicional produziu seis tipos de proposições:

- (E) proposição estática;
- (D00) proposição dinâmica não causal não quantificada;
- (D01) proposição dinâmica não causal parcialmente quantificada;
- (D10) proposição dinâmica causal não quantificada;
- (D11) proposição dinâmica causal parcialmente quantificada;
- (D12) proposição dinâmica causal totalmente quantificada.

A proposta de análise proposicional, presente neste trabalho, permitiu identificar proposições estáticas e dinâmicas. Dentre as proposições dinâmicas foi possível a identificação de causa e efeito e quantificação dos conceitos. Desta maneira pode-se observar proposições e capturar relações de descrição, definição, classificação, ação, influência, dependência, proporcionalidade, interdependência funcional e causa e efeito.

De acordo com os dados preliminares de um conjunto de 104 MCs com 1455 proposições pode-se sugerir que os seis tipos de proposições fornecidos pela taxonomia de análise proposicional foram suficientes para analisar a forma como os alunos representam os conteúdos nos mapas conceituais produzidos na disciplina ACH 0011 Ciências da Natureza.

Verificou-se que a quantidade de proposições presentes nos mapas conceituais do início da disciplina - MC5 (46%) foi menor quando comparada a quantidade de proposições nos mapas finais - MC15 - (54%), mas este aumento se distribuiu em todos os tipos de proposições (E), (D00), (D01), (D10), (D11), (D12).

Os estímulos fornecidos nos MCs foram fundamentais para que mais de 60% dos alunos elaborassem proposições essencialmente dinâmicas. Dentre as proposições dinâmicas a categoria D00 (proposição dinâmica não causal não quantificada) apresentou os maiores valores entre todas as categorias.

Quanto a presença de causa e efeito, tivemos uma distribuição homogênea das proposições dinâmicas sem causa e efeito (D0) e das proposições casais (D1).

Desta forma, os alunos exploraram tanto relações de dependência e influência como relações de causa e efeito entre os conceitos.

O ponto a ser investigado, em trabalhos futuros, é a forma de estimular a elaboração de mais proposições dinâmicas que possuam como característica causa e efeito e quantificação nos conceitos, visto que dentre as proposições dinâmicas, apresentadas neste estudo, a que mais se destaca é a D00 (proposição dinâmica não causal não quantificada).

A utilização da técnica de estatística de análise exploratória multivariada nos dados presentes no conjunto de 104 MCs confirmou a possibilidade de padrões de identificação, que pode ser relacionados com a compreensão dos autores sobre o tema e sua familiaridade com os mapas conceituais, e os estímulos fornecidos para a elaboração de proposições dinâmicas. Além de apontar que houve mudanças significativas dos tipos de proposições elaboradas nos MCs do início da disciplina (MC5) em relação aos MCs do final da disciplina (MC15).

A aplicação da taxonomia de análise proposicional neste trabalho se concentrou na utilização de MCs sobre o ensino da ciência para uma melhor representação das relações CTS, porém nós acreditamos que a análise proposicional poderá ser desenvolvida, em trabalhos futuros, para avaliação da aprendizagem em uma ampla gama de aplicações, incluindo usos educacionais e corporativos.

7. Referências bibliográficas

AULER, D. (2003). Alfabetização Científico-Tecnológica: um novo paradigma? **Ensaio—Pesquisa em Educação em Ciências**, 5(1).

AUSUBEL, D. P. (1968). Education psychology: a cognitive view, **New York: Holt, Rinehart and Wisnton**.

AUSUBEL, (2000). The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view. **Dordrecht, The Netherlands: Kluwere Academic Publishers**.

AUSUBEL, D.P. (2003). Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva. **Lisboa: Plátano Edições Técnicas**.

BOUJAOUDE, S., & ATTIEH, M. (2008). The effect of using concept maps as study tools on achievement in chemistry. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, 4(3), 233-246.

BRODY D. E. BRODY, BRODY A. R. (2000). As sete maiores descobertas científicas da história e seus autores, **Cia. das Letras, São Paulo, SP**.

BYBEE, R. W., & FUCHS, B. (2006). Preparing the 21st century workforce: a new reform in science and technology education. **Journal of Research in Science Teaching**, 43(4), 349–352.

CACHAPUZ, A. F. (1999). Epistemologia do Ensino das Ciências no Pós Mudança Conceitual: Análise de um percurso de pesquisa. **Atas do II ENPEC, Valinhos**.

CAÑAS, A. J, G. HILL, R. CARFF, N. SURI, J. LOTT, T. ESKRIDGE, G. GÓMEZ, M. ARROYO, R. CARVAJAL (2004). **CmapTools: A Knowledge Modeling and Sharing Environment**.

CAÑAS, A. J , J. D.; MILLER, M. L.; COLLADO, C.; RODRÍGUEZ, M.; CONCEPCIÓN, M.;SANTANTA, C.; PEÑA, L. (2006). Confiabilidad de una taxonomía topológica para mapas conceptuales. In A. J.Cañas; J. D. Novak (Eds.), **Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping**, vol. 1 (pp. 153-161). San Jose: Universidad de Costa Rica.

CAÑAS, A. J., NOVAK J. D. (2006). A proposal to refine concept mapping for effective science learning. San José, Costa Rica, 2006, in http://cogprints.org/6412/2/refined_concept_maps.pdf, acesso em 30/12/2011.

CAÑAS, A. J.,& NOVAK, J. D. (2006). Re-examining the foundations for effective use of concept maps. In A. J. Cañas & J. D. Novak (Eds.),

Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping (pp. 247-255). San Jose, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

CAÑAS A. J., NOVAK J. D. (2006). Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. **Proc. of the Second Int. Conference on Concept Mapping**, Eds. San José, Costa Rica.

CAÑAS, A. J. (2009). What are Propositions? ... from a Concept Mapping Perspective, in <http://cmap.ihmc.us/docs/Proposition.html>, acesso em 29/12/2011.

CAÑAS, A. J. & NOVAK J. D.(2009). What is a Concept? ... from a Concept Mapping Perspective, in <http://cmap.ihmc.us/docs/Concept.html>, acesso em 29/12/2011.

CAÑAS, A. J. (2009). What are Linking Words? ... from a Concept Mapping Perspective, in <http://cmap.ihmc.us/Docs/linkingwords.html>, acesso em 29/11/2011.

CICUTO, C. A. T.; CORREIA, P. R. M. (2011). Use of concept maps to follow up the effect of discussing atmosphere dynamics with satellite images. **Proceedings of the 14th Biennial Conference Earli 2011, Exeter."Education for a Global Networked Society"**.

COHEN, B. H., & LEA, R. B. (2004). Essentials of statistics for the social and behavioral sciences. **Hoboken: John Wiley & Sons.**

CORREIA P. R. M., VALLE, B. X., DAZZANI, M., & INFANTE-MALACHIAS, M. E. (2010). The importance of scientific literacy in fostering education for sustainability: theoretical considerations and preliminary findings from a Brazilian experience. **Journal of Cleaner Production**, 18(7), 678–685.

CORREIA, P.R.M. ET AL. (2008). From Theory to Practice: The Foundations for Training Students to Make Collaborative Concept Maps. **In: Proc. Third Int'l Conference on Concept Mapping**. Tallin, Estonia.

DAWKINS, R. (1996). The blind watchmaker: why the evidence of evolution reveals a universe without design. 2nd Ed. **New York: W. W. Norton & Co. Inc.**

DAWKINS, R. (2004). A Devil's chaplain: reflections on hope, lies, science and love. **New York: First Mariner Books.**

DAWKINS, R. (2005). O capelão do diabo: ensaios escolhidos, **Cia. das Letras**, São Paulo, SP.

DEHAAN, R. L. (2005). The impending revolution in undergraduate science education. **Journal of Science Education and Technology**, 14(2), 253-269.

DERBENTSEVA, N.; SAFAYENI, F.; CANAS, A. J. (2007). Concept Maps: Experiments on Dynamic Thinking. **Journal of Research in Science Teaching**, 44, 448-465.

DONNELLY, J. F. (2004). Humanizing science education. **Science Education**, 88(5), 762-784.

EDMONDSON, K. (2000). Assessing science understanding through concept maps. In **J. Mintzes, J. Wandersee & J. Novak (Eds.)**, Assessing science understanding (pp. 19-40). San Diego: Academic Press.

EVERITT, B. S. (1993). Cluster analysis. **London: Hodder & Stoughton**.

FARIA, W. (1995). Mapas conceituais: aplicações ao ensino, currículo e avaliação. São Paulo: **EPU**.

FOUREZ, G. (1997). Scientific and Technological Literacy as a Social Practice. **Social Studies of Science**, 27, 903-936, 1997.

FOUREZ, G. (2003). Crise no ensino de ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, 8, 109- 23.

GONZÁLEZ, F. M^a. (2008). El Mapa Conceptual y el Diagrama V – **recursos para la Enseñanza Superior en el siglo XXI**. Madrid: Narcea.

GONZÁLEZ, F. M^a. Y NOVAK, J. D. (1993). Aprendizaje significativo: técnicas y aplicaciones. In: **Educación y futuro: monografías para la reforma**. v.18. Madrid: Cincel S.A.

HOLBROOK, J., & RANNIKMAE, M. (2007). The nature of science education for enhancing scientific literacy. **International Journal of Science Education**, 29(11), 1347-1362.

INFANTE-MALACHIAS, M. E., & CORREIA, P. R. M. (2007). Problemas complexos em el mundo post industrial. **Novedades Educativas**, 203, 29–33.

JONASSEN, D. (2000). Computers as Mindtools for Schools (2nd ed.). **Columbus OH: Merrill**.

KAUFMAN, L., & ROUSSEUW, P. J. (2005). Find groups in data: an introduction to cluster analysis. **Hoboken: John Wiley & Sons**.

Kinchin, I. M., Hay, D. B., & Adams, A. (2000). How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. **Educational Research**, 42(1), 43-57.

MACEDO, A.L., GRASSI, D. (2007). Formação de Professores em Informática Educativa na modalidade a distância: um relato de experiência do

SENAC/EAD/RS. RENOTE – **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, 5, n. 1, 01 – 10, julho.

MARRIOT, R.; TORRES, P. L. (2009). Handbook of research on collaborative learning using concept mapping. **Hershey, PA: IGI**.

MAYER, R. (2001). Multimedia Learning. Cambridge: **University Press**.

MEAGHER, T. (2009). Can an analysis of student concept maps measure changes in environmental literacy? **Electronic Journal of Science Education**, v. 13, n. 1, p. 85-112.

MENEZES, L. C. (2000). Ensinar ciências no próximo século. In: Hamburg, E. W.; Matos, C. O desafio de ensinar ciências no século XXI. S. Paulo: **Edusp**, p. 48-54.

MILLER, N. L., & CAÑAS, A. J. (2008). A semantic scoring rubric for concept maps: design and reliability. In: A. J. Cañas, P. Reiska, M. Ahlberg, & J. D. Novak (Eds.), **Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping** (pp. 253-260). Tallin (Estonia) & Helsinki (Finland): OÜ Vali Press.

MOREIRA, M. A. (1980). Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. **Ciência e Cultura**, 32(4): 474-479.

MOREIRA, M.A. (1999). A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Cap. 10, p. 151-165. In: **Teorias da Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, EPU.

MOREIRA, M.A. (N.D.). Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa. Instituto de Física – UFRGS, Porto Alegre - RS, Brasil. Adaptado e atualizado, em 1997, de um trabalho com o mesmo título publicado em **O ENSINO**, Revista Galáico Portuguesa de Sócio-Pedagogia e Sócio-Lingüística, Pontevedra/Galícia/Espanha e Braga/Portugal, N° 23 a 28: 87-95, 1988. Publicado também em Cadernos de Aplicação, 11(2): 143-156, 1998. Revisado e publicado em espanhol, em 2005, na Revista Chilena de Educação Científica, 4(2): 38-44.

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**, v. 86, n. 4, p. 548-571.

NOVAK, J.D. (1977). A theory of education. Ithaca, **N.Y.: Cornell University Press**

NOVAK, J.D. (2010). Learning, creating, and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations. 2nd Ed. **New York: Routledge**.

- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. (1984). Learning how to learn. **Cambridge**.
- NOVAK, J. D.; MUSONDA, D. A twelve-year longitudinal study of science concept learning. **American Educational Research Journal**, v. 28, n. 1, p. 117-153, 1991.
- NUNES J. S. (N.D.). O uso Pedagógico dos Mapas Conceituais no Contexto das Novas Tecnologias. In <http://labspace.open.ac.uk/mod/resource/view.php?id=365568> Acesso em 28/11/2011.
- OKADA, A. (2008). Cartografia Cognitiva: Mapas do conhecimento para pesquisa, aprendizagem e formação docente. **KCM**, São Paulo.
- PAIVIO, A. (1991). Dual coding theory: retrospect and current status. **Can. J. Psychol.**
- PORTO, C.M., PORTO, M.B.D.S.M (2008). **Revista Brasileira de Ensino de Física** 30, 4601.
- ROMANO JR, J. G.; CORREIA, P. R. M. (2010). A taxonomic scheme for propositional analysis. In: **Proc. Fourth Int'l Conference on Concept Mapping**. Viña del Mar, Chile.
- SAFAYENI, F., DERBENTSEVA, N., & CAÑAS, A. J. (2005). A theoretical note on concepts and the need for cyclic concept maps. **Journal of Research in Science Teaching**, 42(7), 741-766. concept maps. **Journal of Research in Science Teaching**, 42(7), 741-766.
- SANTOS, W. L. P. E MORTIMER, E. F. (2000). Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira. **Revista Ensaio-Pesquisa em educação em Ciências**, vol. 2(2), p.133-162
- SANTOS, M.E.N.V.M. (2005). Cidadania, conhecimento, ciência e educação CTS. Rumo a “novas” dimensões epistemológicas. **Revista CTS**, vol. 2, 137-157
- SANTOS, W. L. P. (2007). Scientific literacy: a freirean perspective as a radical view of humanistic science education. **Science Education**, 93(2), 361-382.
- STRUCHINER, M.; RICCIARDI, R. M. V.; GIANELLA, T. R. (2006). Construção e reconstrução de um sistema hipermídia sobre anticorpos monoclonais com base na estrutura cognitiva do especialista de conteúdo. **Ciência & Educação**, v. 12, n. 3, p. 247-260.
- SILVA JR, S. N.; ROMANO JR, J. G., & CORREIA, P. R. M. (2010). Structural analysis of Cmaps to evaluate students' proficiency as mappers. In: **Proc. Fourth Int'l Conference on Concept Mapping**. Viña del Mar, Chile.

THAGARD, P. (1992). Conceptual Revolutions. Princeton, **NJ: Princeton University Press.**

TAVARES, R. (2007). Construindo mapas conceituais. **Ciências & Cognição** **2007**; Vol 12: 72-85

TORRES, P. L.; MARRIOTT, R. C. V. (2009). Handbook of research on collaborative learning using concept mapping. **Hershey: IGI Global.**

TOULMIN, S. (1972). Human Understanding. Volume 1: The Collective Use and Evolution of Concepts. Princeton, **NJ: Princeton University Press.**