UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE QUÍMICA
INSTITUTO DE FÍSICA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

ANDERSON DIAS VIANA

**Estudos comparativos sobre a elaboração de mapas conceituais
durante processo de avaliação da aprendizagem: identificando a
importância das demandas e do efeito de preparação**

São Paulo

2016

ANDERSON DIAS VIANA

**Estudos comparativos sobre a elaboração de mapas conceituais
durante processo de avaliação da aprendizagem: identificando a
importância das demandas e do efeito de preparação
(Versão revisada)**

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

Área de concentração: Ensino de
Química

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rogério
Miranda Correia

São Paulo

2016

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

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

Viana, Anderson Dias

Estudos comparativos sobre a elaboração de mapas conceituais durante processo de avaliação da aprendizagem: identificando a importância das demandas e do efeito de preparação. São Paulo, 2016.

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: Ensino de Química

Unitermos: 1. Química – Estudo e ensino; 2. Mapas conceituais; 3. Avaliação da aprendizagem; 4. Teoria da carga cognitiva; 5. Métodos de estudo; 6. Ensino superior.

USP/IF/SBI-004/2016

Nome: Viana, Anderson Dias

Título: Estudos comparativos sobre a elaboração de mapas conceituais durante processo de avaliação da aprendizagem: identificando a importância das demandas e do efeito de preparação

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

Aprovado em: 06/04/2016

Banca Examinadora

Prof. Dr. Paulo Rogerio Miranda Correia

Instituição: Universidade de São Paulo (USP)

Assinatura: _____

Prof. Dr. Marco Antonio Bueno Filho

Instituição: Universidade Federal do ABC (UFABC)

Assinatura: _____

Prof. Dr. Paulo de Avila Junior

Instituição: Universidade Federal do ABC (UFABC)

Assinatura: _____

**Para meus maiores mestres: meus pais,
Margarida, Hélder e Almir.**

**Aqueles que me ensinaram o que é o
amor.**

**Aqueles que me ensinaram que na
vida nunca estarei só.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao grupo de pesquisa Mapas Conceituais. Essa dissertação foi escrita pelas minhas mãos, mas pensada, discutida e construída por todos os componentes. Espero que esse texto possa ser usufruído pelos demais integrantes que virão da mesma forma que eu usufrui dos trabalhos daqueles que me antecederam.

Agradeço ao João Xavier pelo auxílio nas análises realizadas. Sua contribuição reflete o melhor do espírito científico em que o conhecimento se constrói em grupo. Agradeço à Joana Aguiar pelos auxílios incontáveis para este trabalho, seja nas análises, seja nos métodos estatísticos e até mesmo nos burocráticos. Sua contribuição reflete a grande capacidade de generosidade do ser humano e a exímia pesquisadora que ela é.

Agradeço ao Prof. Paulo Rogério que como orientador é tão autor deste trabalho quanto eu. Sua incansável dedicação foi crucial para gerar esse trabalho como para gerar um melhor ambiente de pesquisa no grupo. Além deste trabalho, o professor Paulo ajudou na minha constituição como um melhor pesquisador.

Agradeço aos componentes da banca, tanto na qualificação quanto na defesa, pelas sugestões e críticas feitas que serviram para a melhoria deste trabalho.

Agradeço ao Thomas dos Santos, funcionário da secretaria, pela sua dedicação ao Programa de Pós-Graduação Interunidade em Ensino de Ciências e pelo seu auxílio nos entraves burocráticos que tive de enfrentar.

Agradeço à Capes e à FAPESP (2014/03367-5) pelas bolsas que me foram concedidas para a execução deste trabalho.

Agradeço aos meus colegas de graduação, Gilberto Lima e Liane Alves, pelo seu auxílio no enfrentamento das dificuldades da vida acadêmica e pela suas eternas amizades.

Agradeço ao meu irmão, Dias Neto, que sem sua dedicação e companheirismo não teria sido possível ter alçado voos tão longe quanto foi este de ir de Natal a São Paulo. Agradeço pois foi a presença dele que me permitiu sempre se sentir em casa.

Agradeço à Marcella Montoril, meu amor e minha melhor amiga, sua compreensão, seu carinho e sua sabedoria me ajudaram a vencer as grandes dificuldades desta jornada.

Agradeço aos meus pais, Margarida, Hélder e Almir, por toda ajuda e apoio que eles me forneceram, tornando possível a elaboração deste trabalho.

RESUMO

Viana, A. D. (2016). Estudos comparativos sobre a elaboração de mapas conceituais durante processo de avaliação da aprendizagem: identificando a importância das demandas e do efeito de preparação. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Os mapas conceituais são ferramentas gráficas que possibilitam a representação dos modelos mentais do aluno. Devido a essa capacidade, o mapa conceitual pode ser utilizado como ferramenta avaliativa de conhecimento. O uso dessa ferramenta em sala de aula gera cargas na memória de trabalho que podem ser referentes ao conteúdo (carga intrínseca) ou à forma como esse recurso está sendo trabalhado na sala de aula (carga extrínseca). Este trabalho tem por objetivo investigar como os mapas conceituais auxiliam na avaliação da aprendizagem da disciplina Ciências da Natureza: Ciência, Cultura e Sociedade ofertada na Universidade de São Paulo para alunos ingressantes de diversos cursos de graduação ($n = 64$) durante o período de 2013.1 sobre o conteúdo de Mudanças Climáticas. Nas turmas avaliadas o mapa conceitual poderia ser utilizado como ferramenta de preparação para prova (MC-PREP) como também era utilizado como parte da avaliação formal da disciplina (MC-AVAL). Essa pesquisa se constitui de três Estudos que investigam: 1. As diferenças de perfis de mapas conceituais obtidos na condição de MC-PREP x MC-AVAL; 2. Se o grupo de alunos que fizeram MC-PREP tiveram MC-AVAL com perfil diferente daqueles que não fizeram; 3. A existência de uma correlação entre as características do MC-AVAL com o conhecimento declarativo dos estudantes. Os mapas conceituais foram avaliados considerando aspectos estruturais e semânticos. As metodologias das análises realizadas foram retiradas de trabalhos presente na literatura. Entre os aspectos semânticos estavam o uso de materiais instrucionais, a natureza das proposições, a presença de erros e a aderência a pergunta focal. Além dessas análises, foi verificada a presença de agrupamentos naturais que pudessem ser explicados com uso das categorias teóricas. A análise dos resultados indica que os mapas conceituais das condições MC-PREP e MC-AVAL são bastante distintas entre si, pois atendiam a objetivos educacionais diferentes. No Estudo 2 verificou-se que o MC-PREP não influenciou fortemente a elaboração do MC-AVAL, pois a

diminuição da carga extrínseca provocada pela elaboração de MC-PREP não foi suficiente para mostrar diferenças entre os grupos, já que ambos estavam altamente treinados na técnica de mapeamento conceitual. Por fim, no Estudo 3, o principal fator correlacionando o conhecimento declarativo com a complexidade dos mapas conceituais foi o percentual de proposições apropriadas. As conclusões do trabalho são que a demanda de elaboração do mapa conceitual é realmente orientadora de produto, a elaboração de um mapa conceitual a mais em um grupo bem treinado na técnica não altera seu desempenho e o principal meio de avaliar os mapas conceituais deve ser a leitura de suas proposições constituintes.

Palavras-chave: Mapa Conceitual. Avaliação da Aprendizagem. Teoria da Carga Cognitiva. Métodos de Estudo. Ensino Superior.

ABSTRACT

Viana, A. D. (2016). Comparative studies on concept maps elaboration for assessment of learning: identifying the importance of demands and the preparation effect. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Concept maps are graphical tools that allows the representation of the student's mental models. Due to this capacity, the concept map can be used as an assesment tool of knowledge. The use of this tool in the classroom generates loads in working memory which can be related to the content (intrinsic load) or how this feature is being used in the classroom (extrinsic load). This study aims to investigate how the concept maps help to assess learning in the Natural Science: Science, Culture and Society course offered at the University of São Paulo for students of various undergraduate courses (n = 64) during the 2013.1 on the content of climate change. In the course, conceptual map could be used as a preparation tool for test (CM-PREP) and was also used as part of the formal evaluation of the course (CM-EVAL). This research is composed of three studies that investigate: 1. Differences in conceptual maps profiles obtained on condition of CM-PREP x CM-EVAL; 2. If the group of students who took CM-PREP had a different profile in CM-AVAL of those who did not; 3. The existence of a correlation between CM-EVAL features with the declarative knowledge of students. Concept maps were evaluated considering structural and semantic aspects. The methodologies of analyzes are taken from other papers. Among the semantic aspects were the use of instructional materials, the nature of the propositions, the presence of errors and adhesion to focus question. In addition to these analyzes, it was verified the presence of natural groups that could be explained with the use of theoretical categories. Analysis of the results indicates that the conceptual maps of the CM-PREP and CM-EVAL conditions are quite distinct from each other as it catered to different educational goals. At the Study 2, it was found that the CM-PREP not strongly influenced the development of CM-EVAL, as the reduction of extrinsic charge caused by CM-PREP elaboration was not enough to show differences between the groups, since both were highly trained in conceptual mapping technique. Finally, in Study 3, the main factor correlating the

declarative knowledge to the complexity of the conceptual maps was the percentage of appropriate propositions. We concluded that the demand of elaboration of the conceptual map is actually the guide to the type of conceptual map obtained, the elaboration of CM-PREP does not change in a well-trained group in the technique and the main method of assessing concept maps should be reading its propositions.

Keywords: Concept Map. Learning assessment. Cognitive Load Theory. Study Methods. Higher education.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
1 TEORIA DA CARGA COGNITIVA.....	15
1.1 Os princípios de aquisição e recuperação de informação.....	15
<u>1.1.1 O princípio de armazenamento de informação.....</u>	<u>17</u>
<u>1.1.2 O princípio de empréstimo e reorganização da informação.....</u>	<u>19</u>
<u>1.1.3 A aleatoriedade como princípio de geração de informação.....</u>	<u>21</u>
<u>1.1.4 Os limites estreitos do princípio de mudança.....</u>	<u>22</u>
<u>1.1.5 A organização ambiental e o princípio de ligação.....</u>	<u>24</u>
1.2 Recursos da memória de trabalho e carga cognitiva.....	28
2 MAPEAMENTO CONCEITUAL.....	35
2.1 Histórico.....	35
2.2 Elementos do Mapeamento Conceitual.....	38
2.3 Objetivos, questões e hipóteses de pesquisa.....	41
3 METODOLOGIA.....	44
3.1 Contexto.....	44
3.2 Instrumentos.....	50
<u>3.2.1 MC-PREP.....</u>	<u>50</u>
<u>3.2.2 MC-AVAL.....</u>	<u>51</u>

<u>3.2.3 Q-POS</u>	55
3.3 Análises dos dados	57
<u>3.3.1. Análise Estrutural</u>	57
<u>3.3.2 Análise de Integração entre Materiais Instrucionais</u>	62
<u>3.3.3 Análise de Correção Conceitual</u>	65
<u>3.3.4 Análise da Natureza das Proposições</u>	70
<u>3.3.5. Análise de Aderência à Pergunta Focal</u>	72
<u>3.3.6. Análise de Esforço Mental</u>	73
<u>3.3.7. Análise de Agrupamentos</u>	74
<u>3.3.8. Análise dos questionários</u>	75
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	76
4.1 Estudo I Comparação das características estruturais (forma) e semânticas (conteúdo) de mapas conceituais obtidos a partir de demandas distintas	77
<u>4.1.1 Análise Estrutural</u>	77
<u>4.1.2 Análise de Integração entre Materiais Instrucionais</u>	87
<u>4.1.3 Análise de Correção Conceitual</u>	94
<u>4.1.4 Análise da Natureza das Proposições</u>	102
<u>4.1.5 Análise de Agrupamento</u>	107
<u>4.1.6 Considerações sobre as análises do Estudo I</u>	119

4.2 Estudo II Efeito do MC-PREP sobre o MC-AVAL.....	125
<u>4.2.1 Análise Estrutural.....</u>	<u>126</u>
<u>4.2.2 Análise de Integração entre Materiais Instrucionais.....</u>	<u>129</u>
<u>4.2.3 Análise de Correção Conceitual.....</u>	<u>133</u>
<u>4.2.4 Análise da Natureza das Proposições.....</u>	<u>137</u>
<u>4.2.5 Análise de Aderência à Pergunta Focal.....</u>	<u>140</u>
<u>4.2.6 Análise de Esforço Mental.....</u>	<u>141</u>
<u>4.2.7 Considerações sobre as análises do Estudo II.....</u>	<u>143</u>
4.3 Estudo III Relação entre o MC-AVAL e aprendizagem sobre as mudanças climáticas.....	145
<u>4.3.1 Análise dos Questionários.....</u>	<u>145</u>
<u>4.3.2 Análise de Agrupamentos.....</u>	<u>146</u>
<u>4.3.3 Análise de Correlação.....</u>	<u>147</u>
<u>4.3.4 Considerações sobre as análises do Estudo III.....</u>	<u>150</u>
CONCLUSÃO.....	152
REFERÊNCIAS.....	154

INTRODUÇÃO

Essa dissertação é decorrente de uma série de trabalhos realizados pelo grupo de pesquisa Mapas Conceituais. As pesquisas anteriores feitas pelo grupo tiveram por objetivo desenvolver sistemas de análises para os mapas conceituais. Cada trabalho teve por um foco um aspecto diferente como estrutura, uso de materiais instrucionais e natureza das proposições (as devidas referências serão apresentadas no texto). Essa dissertação utilizou essas análises de forma conjunta para permitir identificar aspectos do todo que cada parte individual não pode fazer. A profundidade das minhas conclusões puderam ser feitas pois se apoiaram nessas análises desenvolvidas anteriormente pelo grupo.

Toda essa forma de produzir o trabalho científico reflete uma visão de ciência como um constructo coletivo. Não foi apenas por meio da leitura dos trabalhos que ocorreu o diálogo, mas também pela discussão de dados, seminários, análises em conjunto e organização de eventos que permitiram esse trabalho como um resultado de cooperação entre pesquisadores.

Por mais que esse trabalho use o mapa conceitual como instrumento avaliativo da aprendizagem, sua grande inovação reside em estudar aspectos negligenciados pelos usuários da técnica como a demanda e casos de alta proficiência na técnica. O padrão para a área do Ensino de Ciências (e até mesmo para a área do Mapeamento Conceitual) é restringir o uso e a pesquisa do mapa conceitual em novas formas de levá-lo para sala de aula e, em grande parte dos casos, como instrumento que retire a monotonia da sala de aula. Essa pesquisa tenta dar um passo além avaliando como o próprio professor pode melhorar seu instrumento avaliativo. A ideia é que a forma como o mapa conceitual é pedido aos alunos permitiria que eles chegassem a processos cognitivos mais complexos. Acredita-se que essa pesquisa possa gerar melhores formas de avaliar por uso dos mapas conceituais tanto na pesquisa como no ensino.

Outro aspecto que este trabalho tenta fazer é superar a visão presente no ensino de que os mapas conceituais estariam limitados ao contexto da teoria da

Aprendizagem Significativa de Ausubel. Por mais que essa teoria tenha servido de fundamento para o desenvolvimento da técnica, o uso de mapas conceituais como ferramenta pode ser vinculado com outras teorias de ensino-aprendizagem. Com tal perspectiva, utilizo a teoria da Carga Cognitiva para explicar como ocorre o processo de aprendizagem com o uso de mapas conceituais.

Tendo em vista as questões apresentadas anteriormente, essa dissertação se estrutura em quatro capítulos:

- No capítulo 1 é discutida a Teoria da Carga Cognitiva que serve de referencial teórico para esse trabalho. A teoria é uma das mais recentes no campo do ensino-aprendizagem e permite contribuições importantes no uso de diferentes materiais em sala de aula;
- No capítulo 2 é discutido os fundamentos do mapeamento conceitual, além de se apresentarem as questões de pesquisa que serviram de base para este trabalho. A estruturação das questões ocorre na forma de 3 estudos.
- No capítulo 3 é apresentada a metodologia utilizada neste trabalho. Grande parte das análises utilizadas foram desenvolvidas pelo grupo de pesquisa Mapas Conceituais e já publicadas na literatura.
- No capítulo 4 são feitas as discussões dos resultados obtidos divididos pelas questões de pesquisa apresentadas ao final do capítulo 2. No final de cada estudo, faz-se uma análise geral utilizando a Teoria da Carga Cognitiva.

1 TEORIA DA CARGA COGNITIVA

No final da década de 1990, Sweller, Merrienboer e Paas (1998) apresentam formalmente a teoria da carga cognitiva. Essa teoria surge do estudo dos diferentes efeitos que são provocados pela instrução através do uso de materiais de estudo. A teoria é uma das mais recentes sobre o processo ensino-aprendizagem e seu objetivo é explicar como o indivíduo se apropria da nova informação e os processos cognitivos responsáveis por essa operação. Esse capítulo apresenta os fundamentos dessa teoria que foram especialmente trabalhados no livro de Sweller, Ayres e Kalyuga (2011). Não utilizamos outras referências, pois por se tratar de uma teoria nova ainda faltam trabalhos que discutam aspectos teóricos dela. A maioria dos trabalhos que utiliza essa teoria se limitam a aplicações dos aspectos teóricos em situações experimentais. Esse capítulo da dissertação foi construído em cima da minha interpretação sobre os fundamentos apresentados no livro e no artigo citados. Além disso, tomei a liberdade de adicionar novos exemplos aos princípios apresentados e de elaborar figuras para representar os fundamentos propostos. Dividiu-se o capítulo em duas partes essenciais: os princípios de aquisição e recuperação de informações e as cargas cognitivas impostas pela instrução.

1.1 Os princípios de aquisição e recuperação de informação

A Teoria da Carga Cognitiva é fundamentada na Psicologia Evolutiva que considera o próprio processo de cognição como uma conquista evolutiva. Como conquista evolutiva, a cognição estaria sujeita aos mesmos mecanismos biológicos existentes em outros sistemas naturais de processamento e armazenamento de informação, como, por exemplo, a transmissão de informação pelo código genético. Devido a

esses mesmos mecanismos para os dois processos, a TCC estabelece uma relação análoga entre a cognição e transmissão genética de características. A analogia torna-se robusta, pois conhecemos muito sobre como as características são herdadas nos seres vivos que serve de base para explicar como ocorre a cognição. Segundo a teoria haveria cinco princípios essenciais que norteiam o funcionamento de todos os sistemas naturais de armazenamento e processamento de informação:

1. O princípio de armazenamento de informação;
2. O princípio de empréstimo e reorganização da informação;
3. A aleatoriedade como princípio de geração de informação;
4. Os limites estreitos do princípio de mudança;
5. A organização ambiental e o princípio de ligação.

Além dos cinco princípios, outra ideia da TCC seria a existência de dois tipos de conhecimento: o biológico primário e o biológico secundário. O termo biológico se deve ao fato desse conhecimento ser aprendido por mecanismos obtidos naturalmente pelo indivíduo que utiliza a mesma arquitetura cognitiva existente em todos os seres humanos. A arquitetura cognitiva humana é composta por uma memória de longo prazo, uma memória de trabalho e um sistema sensorial.

O conhecimento biológico primário ou conhecimento primário é aquele que é adquirido pelo desenvolvimento do indivíduo sem requerer esforço consciente (não é passível de ser ensinado por outra pessoa). Já o conhecimento secundário requer esforço consciente e pode ser ensinado. O primeiro é fortemente condicionado pelo processo evolutivo, enquanto o segundo é principalmente construído no âmbito cultural. Em síntese, ambos os conhecimentos podem ser aprendidos, mas somente o secundário pode ser ensinado.

Um exemplo de conhecimento biológico primário seria o processo de reconhecimento de faces. Não nascemos com essa habilidade, mas ela é desenvolvida durante os primeiros anos de vida. A habilidade de identificar um rosto particular no meio de uma multidão não pode ser ensinada por outro indivíduo e é adquirida sem esforço consciente. Já um exemplo de conhecimento biológico secundário seria o ato de dirigir, cuja aprendizagem requer um grande esforço consciente por parte do sujeito e tem a aprendizagem facilitada por um mediador que já saiba dirigir.

A TCC tem seu foco no conhecimento biológico secundário, pois é aquele que pode ser ensinado a outro indivíduo e está relacionado aos processos de instrução que podem ser otimizados pelo design instrucional das atividades realizadas. A seção 1.2 terá um foco maior em explicar como o indivíduo lida com a informação quando está submetido a tarefas de aprendizagem.

1.1.1 O princípio de armazenamento de informação

Esse princípio assume que os sistemas naturais são bastante complexos e variáveis nos quais ocorrem diferentes fenômenos com diversas características. Para lidar com esses ambientes deve haver uma seleção das características relevantes para o processamento da informação. Essa seleção de informação deve tornar o ambiente em uma estrutura possível de ser avaliada pelo indivíduo, em que se separa o essencial do supérfluo.

Como o ser humano lida com muitas informações, deve-se ter um sistema que possa armazenar eficientemente essa grande quantidade de informações. A memória de longo prazo surge então como grande repositório de informação para que se evite o uso exclusivo do método da tentativa-erro no enfrentamento dos problemas. As situações que são familiares ao indivíduo têm seus esquemas recuperados da memória de longo prazo. Essa recuperação de informação tem um menor uso de recursos cognitivos do que o método de tentativa-erro.

A memória de longo prazo, assim como qualquer outro grande sistema de armazenamento de informação, é orientada ao contexto e não-arbitrária. Por ser orientada ao contexto, entende-se que a memória de longo prazo responderá aos estímulos do ambiente. Por ser não-arbitrária, entende-se que as informações estão ligadas no esquema de uma forma lógica que faz sentido para o indivíduo.

Os esquemas mentais são a forma que a memória de longo prazo utiliza para armazenar informação. Esses esquemas impedem a aleatoriedade das informações, pois elas são guardadas em blocos. Condições ambientais ativam a retomada de blocos de informação (esse mecanismo será explicado por outro princípio, seção 1.1.5) que facilitam a transformação do ambiente desconhecido em situações que o indivíduo já conheça (Figura 1.1).

Figura 1.1 Representação do princípio do armazenamento de informação. Os seres humanos lidam com ambientes complexos cheio de variáveis que se apresentam sem nenhuma ordenação lógica. Por meio do processamento da informação, os indivíduos conseguem organizar essas informações, armazenando-as na memória de longo prazo. Essa memória serve então como um repositório que quando recebe informação do ambiente, aciona os esquemas que lidam com a situação encontrada.

Os esquemas são constructos que permitem agregar várias informações dentro de um único elemento lógico. Por exemplo: quando utilizamos o conceito árvore evocamos com isso uma série de outros elementos que servem para definir e exemplificar esse construto, como os conceitos de madeira, verde, caule e natureza. Com essa retomada de informações, “árvore” se torna algo familiar e direto para o indivíduo e para ele essa retomada de informação não é arbitrária.

A construção de novos esquemas é feita de maneira consciente e com esforço cognitivo. A utilização contínua de um mesmo esquema faz com que ele seja cada vez mais incorporado à estrutura cognitiva, fazendo com que futuros retornos a ele levam a sua automação. Por exemplo, o processo de leitura é um dos principais exemplos de automação, já que nos momentos iniciais de aprendizagem é necessário um grande esforço do indivíduo para reconhecer a correspondência entre

cada sinal, letra e som. Com o treino, a leitura se torna automática sem a necessidade de que esse reconhecimento seja feito de forma consciente.

Dentro dessa teoria o grande objetivo da instrução seria o aumento do conhecimento biológico secundário (âmbito cultural) disponível na memória de longo prazo. Quanto maior a quantidade de esquemas construídos, maior a capacidade do indivíduo em lidar com diferentes situações-problema.

1.1.2 O princípio de empréstimo e reorganização da informação

A cognição humana usa duas formas para adquirir nova informação: ou elas são obtidas por meio de empréstimo e organizadas (processo discutido nessa seção) ou elas são geradas aleatoriamente (seção 1.1.3).

O princípio do empréstimo é o processo que um indivíduo utiliza o esquema oriundo da estrutura cognitiva de outro indivíduo. Nesse processo de empréstimo podem ocorrer duas situações: 1. O indivíduo copia o esquema sem qualquer reformulação (imitação); 2. O indivíduo utiliza o esquema emprestado de outro indivíduo e nesse processo de empréstimo passa a ressignificar o esquema conforme as informações que ele já possui, construindo um esquema inteiramente novo a partir da combinação entre o que o indivíduo emprestou e aquilo que ele próprio já conhecia (reorganização).

O processo de imitação é especialmente utilizado na aprendizagem do conhecimento biológico primário, pois é algo instintivamente condicionado como uma conquista evolutiva. Por exemplo, a expressão facial de sentimentos é algo que os bebês aprendem por imitação sem que haja a necessidade de condicionar conscientemente com o que eles compreendam que seja cada um dos sentimentos. Já o processo de reorganização é utilizado principalmente na aprendizagem do

conhecimento biológico secundário, no qual o indivíduo conscientemente relaciona o novo conhecimento com aquilo que já existe em sua estrutura cognitiva (Figura 1.2).

(A)

(B)

Figura 1.2 Representação do princípio de empréstimo e da reorganização de informação. A seta entre os dois indivíduos representa a transmissão de informação que pode ter como canal a fala, a escrita, as imagens ou os gestos. Na imagem A temos a transmissão literal que resulta na imitação. Já na imagem B temos a representação do processo de reorganização onde o esquema mostrado por alguém não corresponde literalmente àquele construído na estrutura cognitiva do outro sujeito, pois ele adiciona seus conhecimentos prévios à informação recebida.

Grande parte da aprendizagem em sala de aula ocorre pelo empréstimo e reorganização de esquemas. O professor atua como especialista de um determinado conteúdo, emprestando seus esquemas sobre aquele conteúdo para que os alunos reconstruam esses esquemas utilizando os conhecimentos prévios presentes na sua

própria estrutura cognitiva. Esse processo faz surgir um esquema totalmente novo e idiossincrático para cada aluno. É nesse ponto que se encontra uma relação com a teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, pois o aprender por imitação seria a aprendizagem mecânica enquanto que a reformulação de esquemas corresponderia a aprendizagem significativa. Os demais princípios da TCC expandem essa ideia básica que unem as duas teorias.

Por mais que a imitação e o empréstimo sejam tomados de outro indivíduo com um maior grau de conhecimento sobre o tópico, sua consolidação na estrutura cognitiva só é feita por meio de tentativa-erro. Caso o resultado obtido seja aquele esperado, cria-se um vínculo mais forte entre esquema e situação. Caso não se obtenha o resultado esperado, o esquema é dissociado daquela situação.

1.1.3 A aleatoriedade como princípio de geração de informação

Quando não há um esquema construído sobre um determinado assunto que possa servir de referência, o indivíduo deve utilizar a aleatoriedade para construir um esquema. A aleatoriedade é o princípio fundamental na construção de esquemas quando não há conhecimento prévio sobre o assunto ou quando não se tem como obter esse esquema de um outro indivíduo/material.

Todo conhecimento produzido pela aleatoriedade é produzido por meio de tentativa e erro onde o ambiente é quem fornece as respostas às situações. Quando o resultado desejado é obtido, aquele sistema gerado aleatoriamente é armazenado na memória de longo prazo e se torna referência para situações com aquelas condições ambientais. Um resultado que chegou a situação desejada é considerado efetivo. A efetividade de um resultado frente a um processo de geração aleatória é o que impede que o processo continue indefinitivamente (Figura 1.3).

Figura 1.3 Representação da aleatoriedade como princípio de geração de informação. Quando não se tem conhecimento prévio da situação encontrada ou uma fonte confiável de esquemas para aquela situação, devemos utilizar a aleatoriedade para poder gerar conhecimento que possa responder a situação. Utilizamos o método de tentativa e erro para desenvolver diferentes esquemas, porém o ambiente que atua como regulador dos esquemas possíveis para cada uma das situações. Quando um esquema é considerado como resposta apropriada para a situação, este é armazenado na memória de longo prazo como referência para futuras situações similares.

Uma estratégia de ensino que explora bastante esse princípio é a Resolução de Problemas. Nesse processo, os alunos devem utilizar o método da tentativa e erro para verificar se uma situação inicial chega à situação final desejada. Vale lembrar que quanto maior o conhecimento prévio do indivíduo, maior será o refinamento das tentativas a serem feitas, ou seja, mais orientado à situação será o sistema de geração de conhecimento pela aleatoriedade. Destaca-se aqui que o uso dessa estratégia deve otimizar o uso do conhecimento prévio, pois senão a tentativa e erro irá requerer muito da capacidade cognitiva do aluno, dificultando o processo de aprendizagem.

1.1.4 Os limites estreitos do princípio de mudança

Como discutido na seção 1.1.3, a aleatoriedade é essencial para geração de novos conhecimentos, porém ela permite o surgimento de muitos esquemas mesmo quando envolve a combinação de poucos elementos. Como esses esquemas

surtem de forma aleatória, muitos deles se tornam incompatíveis com o ambiente encontrado e, em geral, apenas um novo esquema se torna suficiente para lidar com o problema, o qual é armazenado na memória de longo prazo para posteriormente se utilizado novamente (Figura 1.4).

Figura 1.4 Representação dos limites estreitos do princípio de mudança. Temos duas situações nas quais o ambiente fornece uma série de variáveis para o indivíduo. A diferença é que na situação A, há somente 3 variáveis e na B, 5. O processamento aleatório faz com que a situação A gere 6 esquemas enquanto a B gera 120. Nos dois casos, apenas um esquema será suficiente como resposta para o ambiente, sendo que na situação A tivemos 5 processamentos desnecessários enquanto que na B foram 119. Por causa desse crescimento acelerado do número de casos pela aleatoriedade para a adição de cada novo elemento, há uma grande restrição do número de elementos que podem ser processados conjuntamente.

Poder-se-ia simular dois casos para a arquitetura cognitiva humana: 1. uma memória de trabalho mais robusta que lidasse com mais informações e gerasse mais conhecimento aleatoriamente; 2. uma memória de longo prazo com mais recursos sendo que a principal fonte de informações seria por meio de esquemas. Evolutivamente, o segundo caminho foi tomado, pois aparentemente para a seleção natural a retomada de informações previamente armazenadas se tornou melhor do que utilizar o método da tentativa e erro para se defrontar a cada novo problema.

A memória de trabalho, mesmo limitada, se torna muito importante, pois é ela quem faz a mediação entre o ambiente e os esquemas que o indivíduo possui na

memória de longo prazo. Devido a sua limitação de tamanho e tempo, a memória de trabalho não pode lidar com todas as variáveis do ambiente, por isso ela já faz uma seleção para indicar aquilo que se torna mais relevante na busca de um esquema que possa lidar com uma dada situação. A memória de trabalho limitada atua como um filtro, para que nosso modelo mental do ambiente não se torne tão complexo quanto o próprio ambiente. Os limites estreitos do princípio de mudança permitem que o tratamento informação seja feito economizando tempo, energia e capacidade cognitiva do indivíduo.

Uma das questões mais importantes no processo de ensino-aprendizagem é reconhecer que a memória de trabalho é limitada e que é necessário desenvolver estratégias para lidar com essas limitações. Na seção 1.2 retomaremos essa questão discutindo como podemos prevenir o processamento desnecessário de informação na aprendizagem.

1.1.5 A organização ambiental e o princípio de ligação

Os quatro primeiros princípios discutidos explicam o processo de aquisição e armazenamento de nova informação. Esse quinto princípio explica o processo de retomada da informação previamente armazenada, importante para explicar o processo de aprendizagem.

Tudo começa a partir do ambiente que fornece diversos estímulos que são capturados pelo sistema sensorial. A partir dessa ativação, a memória de trabalho deve selecionar as variáveis ambientais que são mais relevantes, pois ela possui uma limitação de capacidade (seção 1.1.4). As informações na memória de longo prazo são armazenadas por meio de esquemas, em geral, de forma não arbitrária (seção 1.1.1), o que permite que as variáveis escolhidas como as mais relevantes possam retomar o esquema mais adequado para aquela situação. Essa descrição corresponde a organização ambiental e o princípio de ligação (Figura 1.5).

Por exemplo, quando o indivíduo aprende um conceito novo como “radioativo”, há uma construção de esquema que começa a associá-lo com outros conceitos, procedimentos e sentimentos existentes em sua memória de longo prazo como química, perigo, medo, cuidado, fluorescência, etc. Quando submetido a uma situação em que se reconhece um objeto como radioativo, o indivíduo aciona esse esquema e apresenta uma resposta para o ambiente evitando o contato com o objeto devido ao que estava assimilado em sua estrutura cognitiva.

Figura 1.5 Representação da organização ambiental e o princípio de ligação. A parte A representa a organização ambiental onde o ambiente complexo fornece diversos estímulos e que cabe a memória de trabalho reconhecer o que é essencial. Com essa seleção, a memória de trabalho aciona o grande repositório de esquemas que estão armazenados na memória de longo prazo, em busca de uma resposta a essa situação. Na parte B, a partir da informação selecionada pela memória de trabalho, a memória de longo prazo faz uma ligação entre as condições ambientais e um determinado esquema. A partir desta ligação, é gerada uma resposta e ela é encaminhada para a memória de trabalho e vira uma resposta (ação, pensamento ou sentimento) frente ao ambiente.

Caso não se possua esquema apropriado para a situação, procura-se uma fonte de esquemas da qual se possa tomar emprestado (seção 1.1.2). Quando não há uma fonte de esquemas disponível, usa-se a aleatoriedade para gerar novo

conhecimento (seção 1.1.3). A seguir mostramos um fluxograma (figura 1.6) mostrando como ocorre a relação desses 5 princípios quando ocorre a interação entre o indivíduo e o ambiente.

Figura 1.6 Fluxograma da interação indivíduo-ambiente com os respectivos princípios da aquisição e recuperação de informação. Caixas representam descrição de momentos, losangos representam momentos de tomada de decisão, figuras com margens curvadas representam os princípios junto com os momentos em que eles se manifestam.

1.2 Recursos da memória de trabalho e carga cognitiva

Na seção anterior foi visto que existe uma arquitetura cognitiva comum a todos os seres humanos que se compõe de um sistema sensorial, uma memória de trabalho e uma memória de longo prazo. Além dessa arquitetura foram apresentadas as características que regem os processos cognitivos como a limitação da memória de trabalho, a recorrência à memória de longo prazo para recuperação de informação e o processo de estímulo do ambiente para acionar os esquemas necessários para uma situação específica.

Nessa seção será demonstrado como ocorre o processo de aprendizagem a partir dessa arquitetura cognitiva. É importante lembrar que a Teoria da Carga Cognitiva tem como objetivo descrever os processos instrucionais em termos puramente cognitivos.

A memória trabalho é a grande mediadora entre o ambiente e os esquemas previamente construídos na memória de longo prazo. A partir de estímulos do ambiente, a memória de trabalho utiliza recursos para poder construir ou reestruturar esquemas. Entretanto, devemos lembrar que a memória de trabalho é limitada, o que faz com que o processamento da informação seja também fortemente limitado.

Em contrapartida a uma memória de trabalho limitada, há uma memória de longo prazo que armazena esquemas que agrupam diversos elementos num único construto. Essa capacidade de aglutinação de elementos, além da capacidade do armazenamento de um grande número de informações de forma inconsciente, torna a memória de trabalho virtualmente ilimitada.

Nesse modelo, a aprendizagem é a capacidade de transformar elementos desconhecidos ao sujeito em um esquema ou capaz de modificar um esquema existente anteriormente. Depois de uma contínua ativação desse esquema a partir de indicadores ambientes poderia ocorrer o processo de **automação** daquele esquema. Por exemplo, o estudo contínuo de diferentes modelos atômicos faz com que os esquemas relacionados à modelos atômicos, matéria e até mesmo produção

científica sejam reconstruídos com o tempo. O contínuo uso desses esquemas, por meio de questionamentos, exercícios, experimentos e avaliações permitem ao aluno construir uma base cada vez mais sólida que se parecerá cada vez mais natural a ele e que será retomada cada vez mais facilmente. A importância da automação de esquemas é que eles passam a ser retomados para a memória de trabalho com nenhum custo para a estrutura cognitiva.

A Memória de Trabalho precisa ter recursos para que seja capaz de processar esses esquemas não automatizados, ou seja, “espaço” para esse processamento. Entretanto, nos processos de instrução esses recursos podem ser utilizados para processar dois aspectos diferentes da tarefa: 1. A informação referente ao conteúdo que está sendo trabalhado, gerando a **carga intrínseca**; 2. A informação referente a compreensão da forma como o conteúdo está sendo trabalhado, gerando a **carga extrínseca**.

Depois de redirecionados os recursos para a carga intrínseca e para a carga extrínseca, os recursos restantes da memória de trabalho são utilizados pelo indivíduo para construir e alterar esquemas, resultando em aprendizagem. Essa porção de recursos da memória de trabalho que serve para a manipulação de esquemas é chamada de **recursos relevantes**. Entretanto deve-se lembrar de que a memória de trabalho é limitada e que ela é eventualmente preenchida pelas cargas intrínseca e extrínseca da tarefa. Quando a soma dessas cargas é maior do que a memória de trabalho do indivíduo, ocorre a **sobrecarga cognitiva**. A sobrecarga cognitiva impede que o indivíduo modifique ou construa esquemas, prejudicando o processo de aprendizagem (Figura 1.7).

Figura 1.7 Representação dos diferentes tipos de cargas na memória de trabalho. O espaço em branco representa os recursos disponíveis na memória de trabalho para a construção ou modificação de esquemas (recursos relevantes). A caixa cinza representa a carga intrínseca enquanto a caixa preta representa a extrínseca. A situação A representa ambas as cargas baixas, disponibilizando grande parte de recursos para os recursos relevantes. A situação B representa a carga intrínseca elevada (conteúdo difícil) com pouco recurso relevante disponível. A situação C representa a carga extrínseca alta (instruções mal planejadas) com pouco recurso relevante. A situação D representa ambas as cargas muito elevadas que superam os recursos disponíveis pela memória de trabalho, o que leva a sobrecarga cognitiva do indivíduo.

A carga intrínseca está relacionada ao conteúdo da instrução, em especial a **interatividade** de seus elementos. Interatividade é o grau com que os elementos estão logicamente relacionados entre si, os quais precisam ser processados simultaneamente na memória de trabalho. Por exemplo, a relação dos símbolos com o nome de cada um dos elementos da tabela periódica apresenta baixa interatividade, pois saber que o Fe corresponde ao ferro não influencia o entendimento sobre o símbolo do cobre (Cu). Por outro lado, compreender a ordem de acidez dos ácidos halogênicos envolve uma alta interatividade uma vez que se deve reconhecer cada um dos haletos (F, Cl, Br, I), suas posições na tabela periódica, a relação da posição na tabela periódica com o tamanho dos haletos, a relação entre tamanho do haleto e a força da ligação química e por fim a relação da força da ligação com a força do ácido.

Os elementos trabalhados na memória de longo prazo podem ser conceitos, conhecimento de processos, dados, fatos, etc. O importante é que eles devem ser processados e armazenados por meio de esquemas. Com o desenvolvimento da aprendizagem é comum a agregação de vários elementos em um mesmo esquema construído como uma estrutura bem mais complexa do que a inicial. Por exemplo, nosso conhecimento sensorial permite que identifiquemos os objetos pelas suas cores, texturas e funções de uso. Com o aprendizado do conhecimento científico básico, passamos a agrupar esses elementos de diferentes formas como gás, líquido e sólido. Com o desenvolvimento do conhecimento químico passamos a compreender que toda a matéria é composta de átomos e que as características de se apresentarem como gás, líquido ou sólido nada mais do que a forma como esses átomos se distribuem no espaço. Além disso, passa-se a compreender que as cores e as texturas também são produto das propriedades de seus átomos constituintes. O que se pode notar com esse exemplo é que cada objeto que era um elemento independente no início, passando a integrar uma rede na qual se integram outros elementos, mas que dão uma unidade de compreensão para o indivíduo.

Com isso podemos dizer que a **dificuldade** de uma tarefa depende do grau de interatividade entre seus elementos e o número de elementos que estão sendo relacionados. Aprender os estados físicos da água é considerado fácil, pois possui poucos elementos e eles guardam pouca relação de dependência entre si. Entretanto, para aprender o ciclo da água na atmosfera terrestre tem um aumento de dificuldade, pois se aumenta a quantidade de elementos assim como se aumenta a dependência entre os elementos uma vez que eles devem obedecer a uma sequência temporal (Figura 1.8).

Figura 1.8 Exemplos de situações com diferenças de dificuldade. Na figura A temos a representação entre a interatividade de 3 elementos que não possuem o aspecto sequencial. Na figura B temos o aumento de interatividade (6 elementos) que obedecem uma sequência. O conteúdo representado na figura B gera uma maior carga intrínseca do que o conteúdo da figura A.

Segundo a TCC, o conceito de **compreensão** significa a capacidade de processamento de todos elementos que interagem ao mesmo tempo na memória de trabalho. Por exemplo, eu posso dizer que compreendo o ciclo da água na atmosfera terrestre quando sou capaz de dizer todas as etapas assim como relacionar suas transições dizendo o motivo que provocou cada uma delas. Esse processo só se torna possível, pois todas as etapas são construídas dentro de um único esquema que pode ser processado de uma vez na memória de trabalho.

O conceito de compreensão se restringe a elementos de alta interatividade, ou seja, que gera uma alta carga intrínseca. Elementos que apresentam baixa interatividade acabam sendo puramente memorizados, como é o caso dos estados físicos da água. Temos assim a aprendizagem por compreensão voltada para conteúdos de alta carga intrínseca e a aprendizagem por memorização para conteúdos de baixa carga intrínseca. Entretanto, conteúdos de alta carga intrínseca podem ser aprendidos por memorização, mas que deveriam ser evitados nos processos instrucionais. Devemos evitar a memorização pois, em geral, o conhecimento aprendido não é retido por muito tempo nem consegue ser transferido a novos contextos.

A **manipulação da carga intrínseca** ocorre por meio da divisão (ou a união) de diversos elementos no tempo para que seu recebimento pelo indivíduo ocorra de

uma forma parcionada (ou concentrada). Um exemplo seria em que as três leis da termodinâmica apresentam um alto grau de complexidade devido ao elevado grau de interação entre elas e de suas grandezas constituintes. O professor não pode alterar a complexidade dessas interações, mas pode apresentá-las de maneira parcionadas para que a construção de esquemas pelos alunos ocorra aos poucos e que facilite a compreensão final do todo. A carga intrínseca é referente ao conteúdo que está sendo ensinado e não pode ser alterado (número total de interações) pelo professor, porém esta pode ser manipulada (número de interações apresentadas).

O objetivo final da aprendizagem é a construção de esquemas que possam agregar vários elementos dentro de um único esquema. Com o contínuo uso desses esquemas, espera-se que o aluno consiga automatizá-los, ou seja, retomá-los com uma maior facilidade quando se encontra em situações que requerem essas informações. Existe um foco na construção e do armazenamento desses esquemas, pois a construção de um novo esquema requer uma grande quantidade de recursos cognitivos da memória de trabalho. Entretanto com a retomada desses esquemas, especialmente de forma automatizada, corresponde a uma economia dos recursos cognitivos que é uma vantagem desse modelo de cognição.

Deve-se lembrar que a carga extrínseca corresponde a forma como as informações são apresentadas durante a instrução. Essa forma de apresentação pode aumentar ou diminuir a dificuldade com que recebemos essas informações. Por exemplo, quando se ensina mecanismos de reação podemos utilizar duas formas: a primeira seria a utilização de símbolos, desenhos e setas que mostram como ocorre o deslocamento das entidades envolvidas; a segunda seria a descrição textual de cada uma das etapas. O que ocorre é que em geral uma descrição textual eleva em muito o número de informações que devem ser processadas conjuntamente para receber as informações do conteúdo enquanto que a utilização de representações pictográficas são mais facilmente recebidas e permitem com que o aluno se concentre mais na compreensão do conteúdo em vez de tentar compreender o que está sendo representado (Figura 1.9).

O par de elétrons presente na ligação dupla do eteno ataca um dos bromos presente no composto Br_2 . Esse ataque nucleofílico provoca uma cisão heterolítica do Br_2 em que o bromo não atacado recebe um elétron, formando o íon brometo. O bromo atacado integra a estrutura do alcenos e forma o íon bromônio em que a carga positiva está no próprio bromo. Então o íon brometo ataca o íon bromônio em oposição e no carbono que não ficará ligado ao bromo do bromônio. A formação da ligação brometo-bromônio estabiliza a estrutura pela inexistência de íons dentro dela. Obtêm-se assim o 1,2-dibromo-etano pela reação de adição nucleofílica.

(A)

(B)

Figura 1.9 Exemplos de situações que geram cargas extrínsecas diferentes. Na figura A temos a representação textual do mecanismo de reação enquanto que na figura B temos sua representação pictográfica. Pode-se perceber que o caso B é mais simples de ser compreendido pelo aluno, especialmente se ele não possui tanta familiaridade com o tema em estudo.

No ensino devemos ter por objetivo a redução da carga extrínseca, uma vez que a carga intrínseca não pode ser alterada, apenas manipulada. A redução da carga extrínseca corresponde a uma diminuição dos recursos cognitivos necessários para que o aluno realize o processamento da informação permitindo que se tenha mais recursos para se trabalhar com os esquemas. Uma tarefa bem planejada é aquela em que a carga extrínseca foi reduzida ao mínimo e permite o aproveitamento para a aprendizagem seja otimizado.

2 MAPEAMENTO CONCEITUAL

O mapeamento conceitual é a técnica utilizada para o desenvolvimento dos organizadores gráficos de conhecimento que possuem a proposição como unidade fundamental de comunicação. Nesse capítulo será apresentado um breve histórico do desenvolvimento da técnica, os elementos fundamentais para a criação dos mapas conceituais e também para utilização desse recurso em sala de aula. Ao final deste capítulo, serão apresentados os problemas de pesquisa que guiam o desenvolvimento deste trabalho.

2.1 Histórico

Essa seção apresenta os principais pontos de desenvolvimento da técnica do mapeamento conceitual no mundo e no Brasil. Torna-se importante destacar como essa técnica de pouco mais de 40 anos já é conhecida mundialmente com um grande poder de penetração nos currículos escolares de vários países. Merece destaque o fato dos mapas conceituais apresentarem uma sólida fundamentação teórica, a partir da contribuição que Ausubel fez para compreender a aprendizagem por meio da Teoria da Assimilação através da Aprendizagem e da Retenção Significativas. A fundamentação teórica permitiu tornar a técnica robusta, mas ela não ficou limitada a ter sua utilização restrita a essa teoria.

Na década de 1960, o grupo de pesquisa liderado pelo professor Joseph Novak investigava o processo de aprendizagem de crianças sobre conceitos de ciências. Esse estudo longitudinal acompanhou os estudantes por um período de 12 anos, avaliando as alterações da compreensão conceitual que ocorriam com os estudantes. Entretanto, devido a grande quantidade de informações geradas pelo

estudo, foi necessário desenvolver um método rápido de sistematizar a contínua reconstrução conceitual dos estudantes (Novak & Cañas, 2006). A partir desse contexto, o mapa conceitual é criado como uma ferramenta de auxílio à pesquisa em 1972.

Novak utiliza a Teoria da Assimilação através da Aprendizagem e da Retenção Significativas de Ausubel para construir a ideia do mapeamento conceitual como representação dos modelos mentais dos estudantes. A ideia central é que a aprendizagem de novos conceitos de forma significativa, ou seja, de forma não-arbitrária e não-literal, precisa ser feita pela conexão com algum conceito já aprendido anteriormente, denominado subsunçor (Novak, 2010). O mapeamento conceitual é a representação da forma como novos conceitos se ligam com conceitos já conhecidos, mostrando se essas relações construídas estão sendo feitas conforme o conhecimento científico que serve de referência.

Vendo as potencialidades de uma ferramenta para a representação dos modelos mentais dos estudantes, Joseph Novak aprimora seu uso para ser utilizado como uma ferramenta metacognitiva. O professor Novak desenvolve um curso na Universidade de Cornell sobre metaprendizagem e passa a apresentar a técnica de mapeamento conceitual para o estudo de diferentes conteúdos. Em 1984, Joseph Novak aprimora o curso e, junto com D. Bob Gowin, publica o livro *Lerning how to Learn* (Aprender a aprender) que apresenta além do mapa conceitual, o V de Gowin.

Estudante de doutorado, orientado de Novak, o professor Marco Antônio Moreira participou do grupo de pesquisa na época de criação e desenvolvimento da técnica. Ele volta ao Brasil e dissemina o uso dos mapas conceituais e da teoria ausubeliana. Moreira, formado em Física e pesquisador na área de ensino de ciências, publicou vários artigos e livros tratando da técnica em língua portuguesa, ajudando a consolidar o mapeamento conceitual como uma das ferramentas no ensino de ciências (Moreira, 1999, 2006).

Em 1987, Joseph Novak faz uma parceria com o *Florida Institute for Human Machine Cognition* (IHMC) para desenvolver o software CMapTools que se torna o principal programa computacional para o desenvolvimento de mapas conceituais (Novak & Cañas, 2006). Esse programa tem como características a simplicidade e acessibilidade que ajudaram ainda mais na popularização da técnica.

A partir de 2004, começa a ser realizada as Conferências sobre Mapeamento Conceitual (CMC). O primeiro CMC foi realizado na cidade de Pamplona (Espanha) e a partir de então se tornou um evento internacional de periodicidade bienal que agrega os principais pesquisadores da área (Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2014).

A última edição do CMC foi realizada em 2014 na cidade de Santos com a chancela da USP e a organização do IHMC e do Grupo de Pesquisa Mapas Conceituais, que tem como integrantes o autor e orientador deste trabalho. Esse evento foi de grande importância para a comunidade de mapeadores do Brasil, pois permitiu uma maior integração entre os pesquisadores nacionais com as investigações internacionais mais recentes. Além disso, foi o primeiro dos CMC que teve o português como uma das línguas oficiais, o que potencializou a participação do público nacional.

Pode-se perceber que o desenvolvimento do mapeamento conceitual tem características peculiares uma vez que esteve fortemente associada a uma teoria de aprendizagem, a um pesquisador e a um programa computacional. Entretanto, a técnica do mapeamento conceitual vem cada vez mais se diversificando e se utilizando de outras teorias assim como o desenvolvimento de novos softwares. O mapeamento conceitual é uma área de pesquisa promissora que vem aproximado diferentes áreas de conhecimento como o ensino de ciência, a computação e as ciências médicas. A realização dos CMCs ajuda a consolidar a comunidade de pesquisadores interessados em torno do tema e confirma o interesse que a técnica desperta no âmbito do ensino e da pesquisa.

2.2 Elementos do Mapeamento Conceitual

Mapa conceitual é um organizador gráfico de conhecimento que pode representar uma grande quantidade de informação de forma visual e verbal. O potencial dos organizadores gráficos reside no fato deles utilizarem, ao mesmo tempo, dois canais de comunicação. Segundo a Teoria da Dupla Codificação (Paivio, 1990), o uso de dois canais de comunicação é uma vantagem, pois o processamento das informações poderia ocorrer de forma conjunta na memória de trabalho sem aumentar a quantidade de recursos utilizados.

Existem outros organizadores gráficos além do mapa conceitual (Davies, 2011), porém a primeira característica que o distingue dos demais é a presença dos conceitos delimitados por caixas e os termos de ligação sobre as setas. Além desses constituintes, o mapa conceitual é caracterizado pela presença desses quatro elementos fundamentais (Aguilar & Correia, 2013):

1. Proposição – É a menor unidade de sentido presente em um mapa conceitual. Ele é construído a partir da união de dois conceitos por meio de um termo de ligação que explicita a relação entre eles. A proposição é o elemento mais importante, pois sua boa elaboração permite a clara e efetiva comunicação entre leitor e mapeador;
2. Pergunta Focal – É a pergunta que o mapa conceitual tenta responder, ou seja, é o objetivo pelo qual o mapa conceitual é elaborado;
3. Hierarquia – É a separação visual dos conceitos em níveis, facilitando a distinção entre os conceitos mais gerais (parte superior do mapa) e mais específicos (parte inferior do mapa). Esse recurso auxilia na organização do conhecimento, pois facilita a diferenciação progressiva, que é o mecanismo preferencial da assimilação de novas informações;
4. Revisão recursiva – É um elemento não explícito visualmente, mas que se expressa na contínua reformulação do mapa conceitual. Nada mais é do que a capacidade que o mapeador tem de modificar continuamente o mapa conceitual para cada vez mais ir se adaptando ao seu modelo mental sobre

um dado tema. Essa revisão acontece naturalmente pela passagem do tempo, pois o mapeador muda sua forma de pensar. O mapa conceitual é uma representação do conhecimento e se o conhecimento muda o mapa conceitual também deve mudar. Além disso, as mudanças nos esquemas do sujeito podem ser aceleradas pela contínua discussão com especialistas do tema.

Os elementos mostrados anteriormente são essenciais na elaboração dos mapas conceituais e todo bom mapeador deve entender cada um deles em profundidade. Entretanto, para se utilizar os mapas conceituais em sala de aula é necessário conhecer outros elementos além do mapeamento conceitual. Neste caso devemos ter um foco especial no(a):

1. Treinamento – É a sequência de atividades aplicada a um grupo de indivíduos em que se tenha por foco que eles dominem os quatro elementos fundamentais do mapa conceitual. Em geral, deve-se seguir uma sequência lógica que se inicia em reconhecer a proposição como a unidade fundamental do mapa conceitual. A não aplicação correta dessa atividade pode levar a uma ideia errônea de que os mapas conceituais construídos pelos alunos são uma boa representação dos seus modelos mentais;
2. Demanda – É a forma como o mapa conceitual é solicitado. Ao contrário do que se encontra comumente, a demanda não se restringe ao mapa conceitual sobre um tema livre para que o aluno escreva o que entende sobre o conteúdo (Figura 2.1). Há vários fatores que podem interferir nessa demanda:
 - a. Tempo disponível para a tarefa;
 - b. Número de conceitos e/ou proposições;
 - c. Presença de conceito obrigatório;
 - d. Disponibilidade de materiais para a consulta;
 - e. Presença de pergunta focal estabelecida a priori;
 - f. Estrutura hierárquica fixa.

Figura 2.1 Impacto da liberdade de estrutura e de conteúdo sobre a produção de mapas conceituais. Destaque para os extremos inferior/sem liberdade (memorize um mapa conceitual... preparado pelo professor) e superior/liberdade total (faça um mapa conceitual... sem restrição alguma). Imagem elaborada pelo autor baseado em Cañas, Novak e Reiska, (2012).

Chama-se a atenção para essas questões do mapeamento conceitual em sala de aula, pois são tópicos, em geral, negligenciados. Em geral, o que se pode constatar é que as utilizações em sala de aula do mapeamento conceitual declaram pequenos tempos de treinamentos na técnica ou atividades restritas a demonstração de mapas conceituais já feitos, sem que o aluno entenda seus elementos constituintes. Muitos professores acreditam que a simplicidade visual dos mapas conceituais e dos programas de elaboração deles permitem que eles sejam aplicados em sala de aula sem a necessidade de dedicação ao treinamento na técnica.

O treinamento na técnica é um tópico negligenciado pelos professores, porém o planejamento da demanda é ainda mais negligenciado. Muitas das propostas educacionais que utilizam os mapas conceituais utilizam demandas altamente antagônicas: de um lado temos as demandas que pedem o mapa conceitual do tema “x” sem qualquer limitação das condições, ou temos as demandas do tipo complete as lacunas na qual existe uma estrutura previamente elaborada por outro mapeador (geralmente o especialista), cabendo ao aluno completar os espaços em branco de

conceitos ou de termos de ligação. Não é que essas demandas só apresentem problemas, mas não se pode limitar toda a diversidade de mapas conceituais a essas duas condições. Além disso, o mais importante para um professor é manter sua coerência instrucional entre a forma como se ensina e as demandas feitas na avaliação da aprendizagem. É certo dizer que nem sempre o MC livre será coerente com a forma como se foi ensinado.

2.3 Objetivos, questões e hipóteses de pesquisa

O objetivo desse trabalho é verificar como os mapas conceituais auxiliam na avaliação da aprendizagem dos alunos da disciplina ACH0131 Ciências da Natureza: Ciência, Cultura e Sociedade (CN/CCS), considerando-os como representações externas dos modelos mentais (representações internas) que alunos possuem sobre as mudanças climáticas. A organização dos trabalhos de coleta, tratamento e análise dos dados obtidos em sala de aula considerou 3 estudos específicos. Eles são declarados a partir de perguntas de pesquisas que destacam suas especificidades e complementariedades, permitindo reunir os estudos para atingir o objetivo dessa dissertação.

- **Estudo I: Comparação das características estruturais (forma) e semânticas (conteúdo) de mapas conceituais obtidos a partir de demandas distintas**

Pergunta: Os mapas conceituais elaborados como **preparação para a avaliação** (MC-PREP) da disciplina CN/CCS são diferentes dos mapas conceituais elaborados **durante a avaliação** da referida disciplina (MC-AVAL)?

Hipótese de trabalho: Sim, apesar do MC-PREP e do MC-AVAL abordarem o mesmo tema (mudanças climáticas), as condições de elaboração foram diferentes (Figura 2.2). Tais diferenças tem impacto sobre a estrutura (características/forma da rede proposicional), a forma de integração dos

materiais de estudo e o conteúdo semântico (correção conceitual das proposições, natureza estática/dinâmica das proposições).

Figura 2.2 Gráfico de liberdade de estrutura e de conteúdo de demandas de mapas conceituais com os MCs de análise para o Estudo I. Pode-se observar que as duas demandas, MC-PREP e MC-AVAL, apresentam níveis de liberdade diferentes logo serão demandas que irão requerer diferentes habilidades dos alunos. Imagem elaborada pelo autor baseado em Cañas, Novak e Reiska (2012).

- **Estudo II: Efeito do MC-PREP sobre o MC-AVAL**

Pergunta: Os alunos que elaboraram o MC-PREP produziram mapas conceituais melhores durante a avaliação (MC-AVAL) da disciplina CN/CCS?

Hipótese de trabalho: Sim, porque eles organizaram seus esquemas conceituais antes da avaliação e fizeram isso na forma de mapas conceituais (mesma representação externa que foi solicitada na avaliação). Desta forma, os alunos se beneficiaram duplamente: eles estudaram o conteúdo científico (conceitual) e a técnica de elaboração de mapas conceituais (expressão representacional). Isso evitou a sobrecarga cognitiva que poderia ser causada pelo conhecimento procedimental (carga extrínseca), favorecendo a elaboração de mapas conceituais. A maior qualidade dos MC-AVAL dos alunos que elaboraram os MC-PREP deve ser revelada pelas seguintes características: (i) maior densidade proposicional (mapas conceituais na forma de rede), (ii) maior articulação dos materiais de estudo, (iii) menor

incidência de erros conceituais nas proposições, (iv) maior incidência de proposições dinâmicas (apontando relações de interdependência entre os conceitos) e (v) menor incidência de fuga da pergunta focal.

- **Estudo III: Relação entre o MC-AVAL e a aprendizagem sobre as mudanças climáticas**

Pergunta: Os alunos que apresentaram melhor compreensão conceitual sobre as mudanças climáticas elaboraram os melhores mapas conceituais na avaliação (MC-AVAL) da disciplina CN/CCS?

Hipótese de trabalho: Sim, porque os alunos já tinham domínio sobre como elaborar mapas conceituais (representações externas) sobre o tema em estudo. Nessas condições, a aprendizagem foi favorecida porque houve uma redução da carga extrínseca, permitindo a alocação de recursos cognitivos da memória de trabalho para a construção e a organização de esquemas conceituais (carga intrínseca e recursos relevantes) sobre o tema em estudo. Em outras palavras, os mapas conceituais são uma boa aproximação dos modelos mentais (representações internas) dos alunos, expressando inclusive erros conceituais e concepções alternativas na forma de enunciados proposicionais. Por esse motivo, os alunos que elaboraram mapas conceituais melhores devem ter maior conhecimento conceitual sobre as mudanças climáticas.

3 METODOLOGIA

3.1 Contexto

Nosso contexto de pesquisa é a disciplina de ACH0131 Ciências da Natureza: Ciência, Cultura e Sociedade (CN/CCS). Essa disciplina compõe o Ciclo Básico de disciplinas dos alunos ingressantes na Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP). As disciplinas do Ciclo Básico são disciplinas obrigatórias para todos os alunos. O objetivo dessas disciplinas é a iniciação acadêmica dos alunos por meio da interdisciplinaridade, permitindo o desenvolvimento crítico no espaço social onde a universidade está. A disciplina de CN/CSS assume o objetivo de aumentar o nível de alfabetização científica dos alunos para que eles compreendam as relações básicas entre ciência, tecnologia e sociedade considerando a abordagem CTSA (Correia, Valle, Dazzani & Infante-Malachias, 2010).

A coleta de dados foi feita em duas turmas dessa disciplina durante o primeiro semestre de 2013. A disciplina contava com alunos de diferentes cursos de graduação e efetivamente 64 participaram dessa pesquisa, pois eles estavam em todas as etapas de coleta de dados. O professor de ambas as turmas foi o orientador deste trabalho. Devido a homogeneidade das condições de ambas as turmas, considerou-se as duas como um único grupo de análise.

A disciplina é estruturada em um total de 15 aulas que são organizadas em 3 blocos temáticos sobre o universo (desenvolvimento histórico da ciência moderna), mudanças climáticas (impacto dos avanços científicos e tecnológicos sobre a sociedade e o ambiente) e bioética (novas implicações éticas relacionadas com o avanço das pesquisas da área de biologia molecular) (Figura 3.1).

Figura 3.1 Representação da disciplina Ciências da Natureza: Ciência, Cultura e Sociedade (CN/CCS). Cada quadrado representa uma das aulas e cada uma das unidades é composta por um bloco de 5 aulas. Os alunos foram treinados na técnica de mapeamento conceitual durante as aulas 1-4. Essa pesquisa avalia os conteúdos estudados na Parte 2.

Na Parte 2 da disciplina, os alunos estudaram questões referentes às mudanças climáticas com foco no aquecimento global. Eles tiveram acesso a 6 materiais instrucionais (3 textos e 3 vídeos) que foram discutidos entre as aulas 6-9 (Tabela 3.1). Ao final dessa unidade são feitas três coletas de dados: uma proposta no final da aula 9 e recolhida na aula seguinte e duas durante a aula 10.

Tabela 3.1 Materiais instrucionais utilizados na disciplina durante a parte 2 da disciplina. Os materiais foram passados previamente aos alunos, por meio digital, para que eles lessem/assistissem e discutissem na aula seguinte. A aula colocada na coluna 2 refere-se a aula em que o material foi discutido.

Código	Aula	Título	Autor	Tipo	Extensão
A	7	Mudanças climáticas e desenvolvimento ¹	José Goldemberg	Texto	7 páginas
B	7	Al Gore alerta sobre as últimas tendências climáticas ²	Al Gore	Vídeo	7min30s
C	8	Questões Globais: Crise ou oportunidade? ³	André Trigueiro	Texto	18 páginas
D	8	Repensar o Consumo ⁴	André Trigueiro	Vídeo	15min30s
E	9	A COP15: Apontamentos de campo ⁵	Sérgio Abranches	Texto	12 páginas
F	9	Exclusão e racismo ambiental ⁶	Paulo Saldiva	Vídeo	16min

¹ Goldemberg, J. (2000). Mudanças climáticas e desenvolvimento. Estudos Avançados, 14 (39), 77–83.

² Gore, A. (2009) Al Gore alerta sobre as últimas tendências climáticas [Vídeo]. Vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=d3B541KM3q4>.

³ Trigueiro, A. (2005) Questões Globais: Crise ou Oportunidade? In: Trigueiro, A. Mundo Sustentável: Abrindo espaço na mídia para um planeta em transformação. São Paulo: Editora Globo.

⁴ Trigueiro, A. (2010) Repensar o Consumo: Andre Trigueiro at TEDxSudeste [Vídeo]. Vídeo disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_t223swPVIA.

⁵ Abranches, S. (2010) A COP15: apontamentos de campo. Estudos Avançados, 24 (68), 121-132.

⁶ Saldiva, P. (2009) TEDxSP 2009 - Paulo Saldiva: Exclusão e racismo ambiental. Vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HfgFGsrur9w>

Abaixo segue um breve resumo do que é discutido em cada um dos materiais:

- Material A: Artigo do ano 2000 publicado na revista Estudos Avançados da USP que tem por foco apresentar os mecanismos de flexibilização proposto pelo Protocolo de Kyoto. O autor inicia a discussão mostrando as diferenças dos problemas ambientais de caráter local e os de caráter global e como esses últimos constituem uma nova situação da humanidade. Apresenta-se o conceito do efeito estufa e o agravamento causado pela emissão contínua de dióxido de carbono desde a revolução industrial. O autor explica os mecanismos de flexibilização como meios para que os países industrializados diminuam suas emissões de CO₂. Os mecanismos são a troca de emissões (mercado de carbono), a implementação conjunta (a ajuda para aplicação de iniciativas de redução de emissão de carbono de um país em outro) e o desenvolvimento limpo (desenvolvimento de programas sustentáveis que troquem matrizes energéticas “sujas” por matrizes mais “limpas”). O artigo termina com comentários sobre as propostas concretas, aqui no Brasil, e como o país pode se tornar um dos líderes do desenvolvimento limpo.
- Material B: Nessa palestra de 2009 da TED talks, o ex-vice-presidente americano discute alguns novos dados sobre o aquecimento global. O primeiro é sobre as mudanças das geleiras em todo mundo que vem levando a falta de água potável em algumas regiões. Nessa mudança das geleiras, também é discutido como o derretimento delas vem liberando o metano congelado (especialmente na Rússia), o que leva ao agravamento do aquecimento global. Fala-se de outras alterações como o aumento de queimadas e a diminuição da oxigenação da água do Oceano Pacífico. Al Gore passa a discutir a principal causa do problema que é a queima dos combustíveis fósseis. Ele mostra que algumas das alterações já foram feitas como a adoção de iniciativas mais ecologicamente viáveis. Entretanto também é mostrado como as indústrias do setor petrolífero vêm promovendo o uso do carvão mineral pela criação do conceito do carvão limpo e como este não passa de uma ilusão. Conclui-se o vídeo mostrando-se algumas das propagandas veiculadas pela Aliança pela Proteção do Clima.
- Material C: Coletânea de artigos produzidos pelo repórter André Trigueiro que tratam sobre o Aquecimento Global. Foram selecionados 7 artigos para os

alunos os quais discutem: 1. Apresentação do pensamento de Henry Thoreau e da necessária desobediência ao governo Bush sobre as questões climáticas. 2. O aumento da incidência de furacões nos EUA e do aumento do *lobby* das empresas de seguro para discussão das questões ambientais. 3. Algumas informações do relatório do IPCC sobre as mudanças climáticas que vem ocorrendo no mundo. 4. A cobertura da transformação do Protocolo de Kyoto em Tratado Internacional e quais as principais metas lançadas por ele. 5. O relato do aumento das ações locais por meio do acordo das Cidades Pela Proteção do Clima. 6. A criação da Bolsa do Clima como mecanismo de adesão das empresas às metas do Protocolo de Kyoto. 7. Sete equívocos que as notícias podem provocar nos leitores, como pensar que o aquecimento global é igual ao efeito estufa e que os EUA nunca assinaram o protocolo de Kyoto.

- Material D: Filmagem da palestra de André Trigueiro na TEDx Talk promovida aqui no Brasil. Nela, o autor começa a discutir sobre a necessidade de se pensar sobre como enfrentar a crise ambiental que se instaura e propõe que a forma seja pelo consumo consciente. Parte-se então para a explicação do que seria o consumo consciente e de sua necessidade de adesão pela população para que fosse possível ter a disponibilidade de recursos para todos. O autor dá um exemplo de como houve mudança na população pelo comportamento diante do armário embutido à necessidade do closet. Ele explica então as três armadilhas do estilo de vida consumista: 1. a ostentação da abundância; 2. a compra sem critério/necessidade; 3. ilusão de transferência de felicidade aos bens. Ele então faz uma comparação da disputa dos economistas pró-ambiente e consumistas (visão clássica) com a disputa dos escravocratas e abolicionistas. Por fim, o jornalista apresenta os argumentos para a adesão ao consumo consciente: nosso sistema "ecocída" atual faz com que humanidade consuma 30% a mais do que a natureza pode repor, a futura inclusão social demandará o consumo de mais recursos e a necessidade de se ensinar à combater os impulsos da vida consumista.
- Material E: Artigo publicado no periódico Estudos Avançados da USP, no qual o sociólogo Sérgio Abranches relata o desenrolar da Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2009 (COP15) realizada em Copenhague. A reunião fica conhecida pela presença de muitos Chefes de

Estado e da sociedade civil, porém o evento termina com um documento pouco expressivo sobre as questões climáticas e baixas metas de redução de gases-estufa. O autor atribui essas características ao documento devido ao atropelamento causado pela chegada dos chefes de estado que inviabilizam o trabalho técnico que deveria ter sido realizado pelos diplomatas. Os Chefes de Estado passam a operar com o alto grau de informalidade, dificultando a elaboração de um documento mais incisivo. A presença dessa informalidade faz com que surja uma cúpula dentro da cúpula que agrega uma pequena quantidade de países que realmente elaboram o documento final, provocando crítica pela falta de transparência do processo. O principal impasse ocorre entre Estados Unidos e China: o primeiro requer uma maior transparência das ações do segundo enquanto este preza por sua soberania. O tom assumido pelos chefes de estado é que as metas, por mais que tenham sido pequenas, abrem espaço para futuras discussões. Muitos países declararam *a posteriori* suas metas de redução, e por mais que tenham sido menores do que esperado, todos os países assumiram algum nível de compromisso. Conclui-se que o principal legado dessa reunião é o panorama deixado para as futuras reuniões em que poderão se fixar metas mais próximas ao o que é defendido pelas ciências climáticas.

- Material F: O médico Paulo Saldiva (USP) inicia sua palestra na TEDxSP colocando o ser humano como ponto central da questão ambiental. O cientista começa fazendo um paralelo entre o aquecimento global na Terra e o quadro clínico de um paciente doente e com isso levanta-se a questão de o porquê mortes relacionadas à poluição não são consideradas problemas de saúde pública. O palestrante explica que as mudanças climáticas alterariam agrupamentos humanos, criando cinturões de pobreza em torno das cidades e alastrando doenças tropicais. Surge então a questão de que nem todos os seres humanos seriam impactados de forma igual, gerando assim os conceitos de homem impactador e homem impactado. As pessoas e os lugares mais pobres sofrem mais com as questões ambientais o que faz surgir um racismo ambiental. A forma em que se organizam os espaços e as pessoas é determinada por uma ordem pela força. A força econômica determina quem será o impactador e quem será o impactado. O palestrante dá exemplos dos casos das pessoas pobres que devem esperar o ônibus

respirando ar poluído das metrópoles, ou a exportação de lixo que São Paulo realiza para cidades menores ou que a Inglaterra manda para países mais pobres. Além disso, as empresas petrolíferas e automobilísticas, mesmo sendo consideradas sustentáveis, só se preocupam com o processo de venda, e não consideram o impacto dos seus produtos no meio ambiente. Surge o dilema ético se devemos continuar atribuindo ao homem impactado as consequências dos atos do homem impactador.

3.2 Instrumentos

Para esta pesquisa foram utilizados três instrumentos de coleta de dados: a elaboração de dois mapas conceituais e um questionário de conhecimento declarativo. Nas seções seguintes tem-se um detalhamento de cada um deles.

3.2.1 MC-PREP

O primeiro mapa conceitual coletado teve sua demanda realizada ao final da aula 9 (Figura 3.2) e os alunos tiveram uma semana para elaborá-lo. O mapa conceitual deveria conter até 24 conceitos sendo, no máximo, 4 de cada material instrucional. Os conceitos de cada material deveriam ser pintados com uma mesma cor. O mapa conceitual possuía tanto a estrutura como a pergunta focal livres. Este mapa conceitual poderia ser utilizado como material de consulta durante a prova, mas deveria ter o tamanho máximo de uma página. O mapa conceitual não era de caráter obrigatório, mas valia 0,5 ponto extra na prova.

Nome:	Código
-------	--------

[P2-CN2013] Preparação do MAPA CONCEITUAL a ser utilizado como COLA OFICIAL

Considere os materiais utilizados durante as discussões nas aulas 7, 8 e 9. Faça uma (re)leitura dos textos, (re)veja os vídeos indicados, reflita sobre as nossas discussões e selecione os conceitos mais relevantes de cada aula (máximo 4 conceitos por material instrucional). Registre os seus conceitos no quadro a seguir. Você pode relacionar, no máximo, 24 conceitos diferentes. A entrega da COP2 vale 0,5 pt na P2 de CN-2013.

[A] Aula 7: Mudanças climáticas e desenvolvimento.
Texto de José Goldemberg

A1)
A2)
A3)
A4)

[C] Aula 8: Questões globais: crise ou oportunidade? Texto de André Trigueiro

C1)
C2)
C3)
C4)

[E] Aula 9: A COP 15: apontamentos de campo.
Texto de Sérgio Abranches

E1)
E2)
E3)
E4)

[B] Aula 7: Vídeo "Al Gore alerta sobre as últimas tendências climáticas". TED: Al Gore

B1)
B2)
B3)
B4)

[D] Aula 8: Vídeo "Consumo consciente". TED: André Trigueiro.

D1)
D2)
D3)
D4)

[F] Aula 9: Vídeo "Racismo ambiental ". TEDxSP: Paulo Saldiva

F1)
F2)
F3)
F4)

Figura 3.2 Instruções para elaboração do MC-PREP. O aluno deveria ler as instruções, preencher esta folha com os conceitos e no verso elaborar seu mapa conceitual que poderia ser utilizado como material de consulta da prova o que lhe conferiu o apelido de “Cola Oficial da Prova”. As cores dos conceitos de cada material instrucional eram escolhidas pelo estudante.

3.2.2 MC-AVAL

O segundo mapa conceitual foi coletado durante a aula 10 (Figura 3.3). Este mapa conceitual era parte da avaliação formal da disciplina (caráter obrigatório). Eles deveriam elaborar um mapa conceitual de 9 conceitos, sendo que um dos conceitos deveria ser “aumento das ações locais” (conceito obrigatório). A estrutura do mapa conceitual era fixa e havia a pergunta focal pré-estabelecida pelo professor (Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?). Os alunos tiveram 1h para elaborar o mapa conceitual e poderiam consultar o MC-PREP.

PERGUNTA FOCAL & INSTRUÇÕES	
<p><i>Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?</i></p> <p>[1] O retângulo pontilhado indica o conceito inicial do MC. [2] “AUMENTO DAS AÇÕES LOCAIS” é o conceito obrigatório e deve fazer parte do seu MC. [3] Numere as proposições, indicando a ordem de leitura. [4] Indique a fonte do conceito no círculo que está vinculado a cada retângulo, de acordo com a codificação utilizada para elaborar a cola oficial da P2.</p>	
A: “Mudanças climáticas e desenvolvimento” (txt, José Goldemberg)	B: “Al Gore alerta sobre as últimas tendências climáticas” (vídeo, Al Gore)
C: “Questões globais: crise ou oportunidade?” (txt, André Trigueiro)	D: “Consumo consciente” (vídeo, André Trigueiro)
E: “COP15: apontamentos campo” (txt, S. Abranches)	F: “Racismo ambiental” (vídeo, Paulo Saldiva)

Figura 3.3 Instruções para elaboração do MC-AVAL. Na parte superior havia as instruções da avaliação com foco especial à pergunta focal e a necessidade do uso do conceito obrigatório “aumento das ações locais”. Na parte inferior era apresentada a estrutura fixa do mapa conceitual, sendo os retângulos destinados aos conceitos e os círculos para indicar qual o material instrucional de origem daquele conceito.

A presença do conceito obrigatório se baseia na ideia dos conceitos portais (Meyer & Land, 2003). Segundo esses autores, existem dois tipos principais de conceitos: os conceitos-núcleo (*core concepts*) e os conceitos-portal (*threshold concepts*). Conceitos-núcleo seriam os conceitos básicos para se compreender um determinado conteúdo, enquanto que os conceitos-portais apresentam a possibilidade de transformação do conhecimento do aluno sobre aquele conteúdo. Essa transformação permite com que o aluno consiga acessar novos conceitos e por

isso ele atua como um “portal” para “deslocar” o aluno de um nível de conhecimento para outro. Os conceitos-portais apresentam as seguintes características:

1. São transformadores, ou seja, modificam como o aluno compreendia os conceitos anteriores ou como percebia a realidade;
2. Geralmente provoca alterações irreversíveis no processo de aprendizagem;
3. São integrativos, conseguem associar conceitos/conteúdos que antes estavam desconectados;
4. Geralmente tornam compreensíveis uma nova área de conhecimento, pois com a transformação dos conceitos/forma de ver a realidade tornam acessíveis conceitos que não podiam ser compreendidos;
5. São potencialmente problemáticos, pois podem trazer um conflito para que o aluno passe a compreender aquele novo conceito, já que em geral faz com que o aluno modifique/abandone conhecimentos/formas de ver que possuía anteriormente.

A escolha do conceito obrigatório “aumento das ações locais” deve-se ao fato de ele ser um conceito-portal, pois permite uma compreensão mais profunda das mudanças climáticas pela relação entre seu aspecto local e global. Podia-se ter escolhido um conceito-núcleo como mudanças climáticas, aquecimento global ou até mesmo ciência e tecnologia, porém esses conceitos já são esperados na resposta (eles são mencionados na pergunta focal). Além disso, esses conceitos só teriam o efeito de estimular a recuperação de informações por parte dos alunos. A função de recuperação de informação é o uso mais frequente dos conceitos obrigatórios. Entretanto, a adição de um conceito-portal requer do aluno um entendimento profundo para que ele possa utilizá-lo de forma adequada além de requerer que o aluno reflita mais profundamente sobre como utilizá-lo, em vez de simplesmente reproduzir as relações estabelecidas nos materiais de estudo. O uso de conceitos-portais no momento de avaliação pode torná-la também em uma situação de aprendizagem. O conceito-portal torna-se importante nesse processo avaliativo, pois permite oferecer indícios da diferença de compreensão entre os estudantes que pode ser utilizado como um *feedback* a eles (Correia & Cicuto, 2014).

Além do conceito obrigatório, foi pedido na demanda a pergunta focal iniciada por “como” e havia a presença estrutura cíclica como base (Figura 3.3). Junto com a

quantificação do conceito obrigatório (aumento), esses elementos da demanda estimulam o desenvolvimento de proposições dinâmicas. As relações dinâmicas são necessárias na ciência, pois ela não deve se limitar a uma simples descrição dos fenômenos, mas deve também procurar relações de causa e consequência. No estudo realizado por Derbentseva, Safayeni e Cañas (2007) ficou evidente que uma tendência geral dos mapas conceituais é a descrição, porém a adição dos elementos citados anteriormente estimula o desenvolvimento de proposições dinâmicas.

Proposições estáticas são aquelas que conectam dois conceitos por meio de uma descrição, definição ou classificação. Já as proposições dinâmicas são aquelas que estabelecem uma correlação entre os dois conceitos e a alteração de um influencia no outro. Essa alteração pode ser provocada pela utilização de um quantificador. Proposições estáticas não sofrem alterações substanciais pela inserção de um quantificador. Por exemplo, a proposição “carro tem rodas” é estática, pois a substituição pelo conceito quantificado “o aumento do número de carros” não permite criar uma proposição totalmente coesa. Já a proposição “carro provoca acidentes” estabelecem uma correlação, pois quando utilizamos “o aumento do número de carros” podemos dizer que “o aumento do número de carros provoca mais acidentes”.

Podemos ver que as duas demandas são distintas (Tabela 3.2), sendo MC-AVAL mais restritiva. Ela impõe ao aluno uma maior necessidade de síntese, assim como o obriga desenvolver um pensamento mais dinâmico devido aos elementos discutidos anteriormente. Com demandas distintas, assume-se por hipótese que os mapas conceituais produzidos nessas condições apresentarão diferenças estruturais e semânticas.

Tabela 3.2 Condições de elaboração de MC-PREP e MC-AVAL. Vale a pena destacar como a segunda condição é mais restritiva do que a primeira já que temos menos materiais de consulta, menos conceitos (maior síntese), a pergunta focal é declarada pelo professor e o tempo é bem menor.

	MC-PREP	MC-AVAL
Objetivo	Material de estudo que pode ser utilizado como consulta durante a avaliação	Mapa conceitual de caráter avaliativo formal
Material utilizado na elaboração	Textos e vídeos estudados das aulas 6-10	MC-PREP
Número máximo de conceitos (limitação de estrutura)	24 conceitos	9 conceitos, sendo 1 obrigatório e com uma configuração estrutural fixa
Pergunta focal (limitação de conteúdo)	Definida pelo aluno	Definida pelo professor
Tempo Limite	Uma semana	Uma hora

3.2.3 Q-POS

O questionário de conhecimento declarativo consistia de 25 proposições sobre o tema estudado. Os alunos utilizaram a escala de *Likert* para julgar as proposições, concordando ou discordando delas. O questionário foi aplicado antes da elaboração do MC-AVAL e também possui caráter avaliativo formal da disciplina. Os alunos tiveram um tempo de 20 min para respondê-lo.

Julgue as afirmativas abaixo marcando a opção correta em que

0 = não sei/não quero responder; 1 = discordo totalmente; 2 = discordo parcialmente;
3 = concordo parcialmente; 4 = concordo totalmente.

AFIRMAÇÃO	0	1	2	3	4
1) A poluição da água é um problema ambiental que pode ser resolvido localmente.					
2) As mudanças climáticas são um problema ambiental que pode ser resolvido localmente.					
3) A coleta seletiva de lixo é um problema ambiental que pode ser resolvido localmente.					
4) Aquecimento global é sinônimo de efeito estufa.					
5) A busca de uma solução para as mudanças climáticas por meios políticos é coerente com os conhecimentos científicos atuais sobre o clima.					
6) O Proálcool é um exemplo de projeto que reduz as emissões de carbono.					
7) Um carro movido a etanol não emite gás carbônico.					
8) As mudanças climáticas tem relação com o aumento da incidência de furacões.					
9) As mudanças climáticas tem relação com o aumento da incidência de tsunamis.					
10) O protocolo de Kyoto é um compromisso internacional para reduzir a emissão de gases que degradam a camada de ozônio.					
11) O efeito estufa é importante para a manutenção da vida na Terra.					
12) A COP15 contou com uma ampla cobertura da mídia.					
13) A COP15 contou com uma ampla participação da sociedade civil.					
14) A queima de combustíveis fósseis é apontada como a principal causa das mudanças climáticas.					
15) O IPCC é formado por políticos.					
16) O efeito estufa deve-se à radiação ultravioleta que é proveniente do Sol.					
17) Os mecanismos de desenvolvimento limpo foram propostos no Protocolo de Kyoto.					
18) Os países em desenvolvimento não tem que reduzir suas emissões de carbono, segundo o Protocolo de Kyoto.					
19) A emissão de poluentes atmosféricos afeta somente o país poluidor.					
20) O Brasil é um grande emissor de gases do efeito estufa por causa das queimadas de florestas.					
21) A COP15 apresentou avanços relevantes na negociação sobre as mudanças climáticas.					
22) Há uma cobrança para que os países em desenvolvimento, como o Brasil, assumam um compromisso de redução das suas emissões de gases do efeito estufa.					
23) É possível comercializar créditos de carbono em bolsa de valores.					
24) Os EUA assinaram e ratificaram o Protocolo de Kyoto.					
25) Cidades americanas assumiram o compromisso de reduzir suas emissões de gases do efeito estufa, como se elas participassem do Protocolo de Kyoto.					

Figura 3.4 Questionário de conhecimento declarativo utilizando escala de Likert. As proposições referem-se a temas estudados em sala de aula que envolve questões de ciência, tecnologia e sociedade sobre as mudanças climáticas. As proposições 2, 4, 5, 7, 9, 10, 15, 16, 19, 21 e 24 são falsas, portanto nestes casos inverte-se a escala recebendo a maior pontuação os alunos que discordassem delas.

3.3 Análises dos dados

Foram feitas 8 análises e cada uma corresponde a um dos subtópicos dessa seção. Cinco análises foram realizadas nos mapas conceituais das duas demandas (MC-PREP e MC-AVAL), e mais duas foram feitas exclusivamente para o MC-AVAL. A última análise foi exclusiva para o questionário de conhecimento declarativo.

3.3.1. Análise Estrutural

A Análise Estrutural foi desenvolvida pelo nosso grupo de pesquisa (Silva Jr, Romano Jr & Correia, 2010). A ideia dessa análise é que a forma que o mapa conceitual assume pode guardar relação com o nível de aprendizagem que o aluno apresenta. Segundo o trabalho de Kinchin, Hay e Adams (2000) haveria uma relação entre os tipos de estrutura de mapas conceituais e o nível de aprendizagem (Figura 3.5).

Pode-se observar que quanto maior o nível de integração dos conceitos dentro de um mapa conceitual, maior será o nível de aprendizagem. O mapa conceitual do tipo radial seria um momento inicial da aprendizagem, no qual o aluno apreende o significado do termo central. No mapa conceitual tipo linear haveria já um processo de encadeamento de raciocínio, porém de forma sequencial, sem interconexões. Já no mapa conceitual tipo rede haveria tanto o encadeamento de raciocínio como a relação interna entre os conceitos.

Figura 3.4 Relação entre integração da rede proposicional (formas canônicas) com a aprendizagem. Os Cn representam os conceitos e os TLs os termos de ligação. A estrutura representada em 1 é do tipo radial, em 2 do tipo linear e em 3 do tipo em rede. Figura baseada no trabalho Silva Jr, Romano Jr e Correia (2010).

A ideia básica dessa análise é que existem três tipos de estruturas fundamentais de conceitos (Figura 3.5), aqueles que apenas iniciam proposições (J), aqueles que apenas finalizam proposições (K) e aqueles que iniciam e finalizam proposições ao mesmo tempo (L). Além disso, cada conceito possui duas variáveis fundamentais, p e q , que representam, respectivamente, o número de proposições iniciadas com aquele conceito e o número de proposições finalizadas com aquele conceito.

Figura 3.5 Blocos fundamentais que compõem um mapa conceitual.

A partir das estruturas fundamentais mostradas na Figura 3.5 podemos construir categorias de análise que classificam os conceitos em um mapa conceitual segundo sua função (Tabela 3.3). Esse sistema de classificação tem por objetivo identificar a função dos conceitos em inicializar e/ou finalizar proposições e no papel dos conceitos de iniciarem/finalizarem várias proposições ao mesmo tempo. Esses parâmetros se tornam importante, pois permitem obter uma descrição completa da estrutura da rede proposicional do mapa.

Tabela 3.3 Parâmetros absolutos da análise estrutural. Esses parâmetros podem ser obtidos pela relação com os blocos fundamentais assim como pela contagem direta feita no mapa conceitual.

Parâmetro	Descrição	Correspondência com blocos estruturais fundamentais
Conceitos (Ct)	Número total de conceitos presentes em um mapa conceitual.	J + K + L
Proposição (P)⁷	Número total de setas presentes em um mapa conceitual.	-
Conceitos exclusivamente iniciais (SóCi)	Apresentam pelo menos uma seta saindo da caixa do conceito, sem apresentar setas chegando à caixa do conceito.	J
Conceitos exclusivamente finais (SóCf)	Apresentam pelo menos uma seta chegando à caixa do conceito, sem apresentar setas saindo da caixa do conceito.	K
Conceitos iniciais e finais (CiCf)	Apresentam pelo menos uma seta saindo e pelo menos uma seta chegando à caixa do conceito.	L
Conceitos iniciais (Ci)	Apresentam pelo menos uma seta saindo da caixa do conceito, podendo apresentar setas chegando à caixa do conceito.	J + L
Conceitos iniciais múltiplos (Cim)	Apresentam mais de uma seta saindo da caixa do conceito, podendo apresentar setas chegando à caixa do conceito.	J + L, para todo $p \geq 2$
Conceitos finais (Cf)	Apresentam pelo menos uma seta chegando à caixa do conceito, podendo apresentar setas saindo da caixa do conceito.	K + L
Conceitos finais múltiplos (Cfm)	Apresentam mais de uma seta chegando à caixa do conceito, podendo apresentar setas saindo da caixa do conceito.	K + L, para todo $q \geq 2$

⁷ Vale destacar que o conceito de proposição utilizado aqui difere do conceito de proposição apresentado anteriormente. Nesta análise setas sem termo de ligação ou termos de ligação sem verbos são consideradas proposições, mas não podem ser consideradas proposições no sentido estrito uma vez que não transmitem uma relação semântica entre os dois conceitos.

Os valores obtidos na Tabela 3.3 são absolutos, pois podem ser obtidos através da contagem direta no mapa conceitual. Entretanto, para a comparação de mapas conceituais de diferentes tamanhos torna-se essencial a utilização de valores relativos que são obtidos pela divisão dos valores obtidos pela Tabela 3.3 pelo número total de conceitos que o mapa conceitual possui (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 Parâmetros relativos da análise estrutural. Esses parâmetros são obtidos pela divisão dos valores absolutos pelo número total de conceitos que um mapa conceitual apresenta. Com esses valores relativos torna-se possível comparar mapas conceituais com números totais de conceitos diferentes (tamanhos diferentes).

Parâmetro	Cálculo
Densidade Proposicional (DP)	P / Ct
Conceitos exclusivamente iniciais relativo (SóCir)	$SóCi / Ct$
Conceitos exclusivamente finais relativo (SóCfr)	$SóCf / Ct$
Conceitos iniciais e finais relativo (CiCfr)	$CiCf / Ct$
Conceitos iniciais relativo (Cir)	Ci / Ct
Conceitos iniciais múltiplos relativo (Cimr)	Cim / Ct
Conceitos finais relativo (Cfr)	Cf / Ct
Conceitos finais múltiplos relativo (Cfmr)	Cfm / Ct

Considerando as três formas canônicas de mapas conceituais de 9 conceitos (Figura 3.4), podemos obter os valores relativos da análise estrutural (Tabela 3.5). Assume-se que a variação do comportamento da estrutura radial para a estrutura em rede corresponde a um ganho de aprendizagem do aluno. Com essas estruturas canônicas e seus respectivos valores da análise estrutural podemos descrever as alterações de valores com:

1. O aumento da densidade proposicional (DP) é um indicativo da formação da estrutura do tipo rede que corresponde a um maior ganho de aprendizagem do aluno, pois ele consegue fazer mais proposições com o mesmo número de conceitos;
2. A quantidade de conceitos apenas iniciadores de proposições (SóCir) mantêm-se constante durante os três casos, pois o procedimento de iniciar qualquer estrutura dos mapas conceituais é a mesma: escolhe-se o conceito mais relevante e a partir dele começa a elaboração de proposições. Devido a essa característica, em geral, todos os mapas conceituais devem apresentar somente um conceito apenas iniciador de proposição;
3. A diminuição drástica da quantidade de conceitos apenas finalizadores de proposições (SóCfr) com o aumento do percentual de conceitos iniciadores e finalizadores (CiCfr) é um indicativo de transformação de um tipo de conceito

em outro. Essa transformação permite uma maior ligação interna, pois passa a se ter menos conceitos que apenas finalizam e que passam a se reintegrar a rede conceitual realizando mais ligações e consequentemente demonstram um maior domínio conceitual do aluno;

4. A quantidade de conceitos iniciais (Cir) segue a mesma tendência apresentada no ponto anterior: há uma mudança dos conceitos que apenas iniciam proposições (SóCir) para conceitos que iniciam e finalizam proposições (CiCfr) o que faz ocorrer um aumento significativo do tipo de conceito que inicia qualquer proposição;
5. A quantidade de conceitos finais (Cfr) se mantém constante em todos os três casos, pois ele é resultado da soma daqueles que apenas finalizam (SóCfr) com aqueles iniciam e finalizam (CiCfr). É importante notar que mesmo a quantidade de conceitos finais sendo constante, seus constituintes se modificam muito como mostrado no terceiro ponto;
6. Por fim há um aumento expressivo do número de conceitos múltiplos (Cimr e Cfmr) comparado as estruturas radial e em rede. Esse é um dos fatores mais contundentes para mostrar a configuração de uma estrutura do tipo rede, pois indica que um mesmo conceito pode se ligar com vários conceitos. Partindo do pressuposto de quanto mais proposições maior o domínio do aluno sobre o conteúdo, temos que o aumento desses parâmetros indicam um maior grau de aprendizagem.

Tabela 3.5 Parâmetros da análise estrutural realizada para as três formas canônicas. É importante observar as tendências das alterações dos valores entre os três casos (Figura 3.4), pois a partir dele podemos identificar tendências dos mapas conceituais dos alunos que apresentam uma complexidade maior ou menor.

	Estruturas		
	Radial	Linear	Rede
DP	0,89	0,89	1,56
SóCir	0,11	0,11	0,11
SóCfr	0,89	0,11	0,11
CiFr	0	0,78	0,78
Cir	0,11	0,89	0,89
Cimr	0,11	0	0,56
Cfr	0,89	0,89	0,89
Cfmr	0	0	0,56

Para analisar estes dados foi feita uma tabela com 19 colunas das quais:

- a primeira correspondia ao código do aluno;
- a segunda à situação de elaboração (1. MC-PREP; 2. MC-AVAL de alunos que fizeram MC-PREP; 3. MC-AVAL de alunos que não fizeram MC-PREP);
- a terceira à décima primeira aos valores absolutos da Tabela 3.3;
- a décima segunda à décima oitava aos valores relativos da Tabela 3.4.

A análise foi feita para cada mapa conceitual individualmente, gerando um total de 113 linhas (49 na situação 1, 49 na situação 2, 15 na situação 3). Nosso grupo de pesquisa desenvolveu um software específico para desenvolver esses cálculos. Posteriormente foram feitas as médias e os desvios-padrão para cada grupo de análise de interesse. De posse dos valores médios e desvios-padrão de cada variável, segundo cada agrupamento de interesse, foi feito o teste-*t* para verificar igualdades ou diferenças entre os grupos. O teste-*t* foi feito utilizando o software SPSS versão 22 (IBM, New York, EUA).

3.3.2 Análise de Integração entre Materiais Instrucionais

Cicuto, Mendes e Correia (2013) discutem como os alunos utilizam os diferentes materiais instrucionais na elaboração do mapa conceitual. Essa análise é possível porque na demanda feita é pedido que os alunos declarem de que material instrucional eles retiram cada um dos conceitos utilizados. A partir desta declaração podemos classificar as proposições com conceitos de materiais instrucionais iguais (MI) ou proposições com conceitos de materiais instrucionais diferentes (MD) (Figura 3.6).

Figura 3.6 Os dois tipos de proposição na Análise de Integração entre Materiais Instrucionais. Vemos que para a situação A, tanto o conceito inicial quanto o conceito final são retirados do material instrucional A. Já na situação B, o conceito inicial é retirado do material A e o conceito final é retirado do material B. No MC-PREP, em vez de usarem círculos, os alunos pintavam a caixa do conceito segundo uma cor específica para cada material.

A hipótese seria que quanto maior a quantidade de proposições com conceitos de materiais instrucionais diferentes (MD), maior é o nível de conhecimento do aluno. A utilização de proposições com conceitos de materiais iguais (MI) seria um indício de reprodução da linha de raciocínio já apresentada pelo material instrucional. Para se utilizar proposições do tipo MD seria necessário um entendimento profundo dos materiais para que fosse possível relacioná-los entre si.

Para efeito de análise por grupo construímos uma matriz que estabelece a relação entre materiais instrucionais dos conceitos iniciais e dos materiais instrucionais dos conceitos finais (Tabela 3.6). Com isso obtemos uma matriz 6x6, onde a soma da diagonal principal representa o MI enquanto que a soma do quartil superior e do inferior representa MD. Para feito de análises por grupo, é construída uma tabela igual, porém com o somatório dos valores de todos os mapas conceituais que constituem aquele grupo.

Tabela 3.6 Matriz utilizada para analisar o uso dos conceitos dos materiais instrucionais na elaboração de proposições. A diagonal principal da matriz reúne as proposições que envolvem conceitos de material instrucional iguais (MI). As demais células da matriz reúnem as proposições que envolvem conceitos de materiais instrucionais diferentes (MD). A-F são letras que representam os materiais de estudo utilizados nas aulas 6-9 da disciplina CN (Tabela 3.1).

		Conceito inicial						
		Material de estudo						
Conceito final	Material de estudo	-	A	B	C	D	E	F
		A	MI	MD	MD	MD	MD	MD
		B	MD	MI	MD	MD	MD	MD
		C	MD	MD	MI	MD	MD	MD
		D	MD	MD	MD	MI	MD	MD
		E	MD	MD	MD	MD	MI	MD
		F	MD	MD	MD	MD	MD	MI

A partir dos valores obtidos para cada um dos mapas conceituais (Tabela 3.6), foi construída uma tabela com os valores de proposições com conceitos de mesmo material (MI), das proposições com conceitos de materiais instrucionais diferentes (MD) e seus respectivos valores relativos obtidos pela divisão pelo número total de proposições em cada um dos mapas conceituais (MIr e MDr) (Tabela 3.7). Com esses valores absolutos e relativos para cada um dos mapas conceituais, foi calculada a média e o desvio-padrão para cada um dos grupos de interesses. A partir das médias e do desvio-padrão foi realizado o teste-*t* para verificação de similaridades e diferenças entre os grupos de interesse. O teste-*t* foi feito utilizando o software SPSS versão 22 (IBM, New York, EUA).

Tabela 3.7 Tabela construída com valores de média, desvio-padrão e t do teste-t para Análise de Integração entre Materiais Instrucionais. Os grupos de interesse nesse caso podem ser MC-PREP x MC-AVAL ou MC-AVAL de alunos que fizeram MC-PREP x MC-AVAL de alunos que não fizeram MC-PREP.

	Grupo de interesse A	Grupo de interesse B	Teste-t
Proposições com conceitos de materiais instrucionais iguais (MI)	Média (Desvio-Padrão)	Média (Desvio-Padrão)	Valor t
Proposições com conceitos de materiais instrucionais diferentes (MD)	Média (Desvio-Padrão)	Média (Desvio-Padrão)	Valor t
Valores relativos as proposições com conceitos de materiais instrucionais iguais (MIr)	Média (Desvio-Padrão)	Média (Desvio-Padrão)	Valor t
Valores relativos as proposições com conceitos de materiais instrucionais diferentes (MDr)	Média (Desvio-Padrão)	Média (Desvio-Padrão)	Valor t

3.3.3 Análise de Correção Conceitual

Esta análise se baseia no trabalho de Novak (2002) que afirma que os mapas conceituais podem revelar a existência de estruturas proposicionais limitadas ou inapropriadas (*Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies*, LIPHs). Para Novak, as proposições poderiam ser classificadas de três formas:

1. Limitada – A proposição estaria semanticamente incorreta, ou seja, se torna incompreensível o que o mapeador quer dizer. Isso poderia ocorrer pela inexistência do termo de ligação, falta do verbo no termo de ligação ou por problemas de concordância entre os elementos que compõem a proposição. Como não é possível estabelecer a comunicação entre mapeador e leitor, não é possível julgar a proposição como correta ou incorreta segundo o conhecimento de referência. Ex: Planetas – girando em torno do → Sol.
2. Inapropriada – A proposição está semanticamente correta, permitindo o entendimento da proposição por parte do leitor, porém ela está

conceitualmente incorreta, considerando o conhecimento de referência. Ex: Sol – é um → Planeta.

3. Apropriada – A proposição está semanticamente e conceitualmente correta. Ex: Sistema Solar – é formado por → Planetas.

A ideia básica da análise é: quanto maior o número de proposições apropriadas maior o conhecimento que aluno possui sobre o conteúdo. Proposições inapropriadas revelam concepções alternativas e até mesmo erros conceituais que o aluno possui. As proposições limitadas revelariam problemas de utilização da técnica de mapeamento conceitual (problemas de treinamento ou de demanda). A utilização das categorias Inapropriadas e Limitadas pode promover a Aprendizagem Significativa nos estudantes. A ideia é que a identificação dessas proposições ajuda ao professor em corrigir os problemas conceituais dos alunos em partes específicas do conteúdo. Essa interação mais precisa permitiria a aluno e professor chegar a um estado de entendimento mútuo mais rapidamente (Cicuto & Correia, 2013).

Entretanto devido a grande diversidade dos dados obtidos, decidimos por ampliar as categorias de análises em subcategorias:

1. Limitada tipo 1 (L1) – Proposições que não possui termo de ligação. Também considera os casos de proposições com mais de um conceito inicial ou conceito final. É a categoria que mostra se o aluno teve problemas de treinamento em compreender os constituintes básicos de uma proposição. Ex: Sol – ???? → Terra. Sol e Terra – são → Astros (sendo que Sol e Terra estão na mesma caixa de conceito);
2. Limitada tipo 2 (L2) – Proposições sem verbo no termo de ligação. Sem a presença deste fica impossível compreender que relação é feita entre os dois conceitos, comprometendo a comunicação do autor da proposição. Ex: Terra – através de → Planetas;
3. Limitada tipo 3 (L3) – Proposições que apresentam problemas de concordância verbal. Neste caso torna-se mais clara qual a relação entre os dois conceitos, porém não é totalmente compreensível, pois não se identifica em qual tempo verbal ou qual o sujeito de cada um dos casos. Ex: Sol – girando na → Via Láctea.

4. Limitada tipo 4 (L4) – Proposições que apresentam conectivos desnecessários, indicando a construção das proposições por meio de fragmentos de texto. Ex: Sol – que é uma → Estrela.
5. Limitada tipo 5 (L5) – Proposições com outros problemas de concordância. Específico para cada proposição. Ex: Planetas – são → Astro.
6. Proposições em dúvida (D) – Proposições que estão semanticamente corretas, mas que não permitem uma clara classificação delas como apropriadas e inapropriadas. Isso ocorre, pois elas podem fugir muito do que é discutido nos textos, apresentam uma opinião pessoal ou porque não é consenso no conhecimento científico que o embasa. Ex: Terra – é o mais belo → Planeta.
7. Proposições Inapropriadas (I) – Proposições semanticamente corretas, porém incorretas segundo o conhecimento científico de referência. Ex: Sol – é um → Planeta.
8. Proposições Apropriadas (A) – Proposições semanticamente e conceitualmente corretas. Ex: Terra – é um → Planeta.

Todas as proposições do tipo Limitada revelam problemas de treinamento, porém estes diferem bastante entre si, sendo que os primeiros impedem um mínima compreensão da relação do que está sendo estabelecida enquanto que as últimas estão mais relacionadas a detalhes técnicos. A criação da categoria das proposições em dúvida (D) tornou-se necessário depois do trabalho feito pelos analisadores que não conseguiram estabelecer claramente algumas como corretas e incorretas, pois as proposições se afastavam muito do discutido em aula ou revelavam algum juízo de valor.

A análise foi feita por dois analisadores independentes para que se diminuísse o caráter subjetivo da análise. O sistema de classificação desenvolvido seguia um protocolo padrão (Figura 3.7). A análise foi feita para cada proposição independentemente e de forma aleatória. Ao final, os resultados das análises eram agrupados por mapas conceituais. Construiu-se assim uma tabela de 10 colunas na qual a primeira referiu-se ao código do aluno, a segunda a situação de elaboração do mapa conceitual (1. MC-PREP; 2. MC-AVAL de alunos que fizeram MC-PREP; 3. MC-AVAL de alunos que não fizeram MC-PREP) e as 8 últimas a cada uma das

subcategorias de análise. Foram obtidas 226 linhas, 1 para cada mapa conceitual, lembrando que a análise foi feita por dois analisadores.

Ao final, os mapas conceituais foram agrupados conforme os grupos de interesses e foram calculados os valores médios e o desvio-padrão para cada uma das categorias. Com esses valores foi feito o teste-*t* para verificação de semelhanças e diferenças estatisticamente relevantes entre os grupos (Tabela 3.8).

Tabela 3.8 Tabela construída com valores de média, desvio-padrão e *t* do teste-*t* para Análise de Correção Conceitual. Os grupos de interesse nesse caso podem ser MC-PREP x MC-AVAL ou MC-AVAL de alunos que fizeram MC-PREP x MC-AVAL de alunos que não fizeram MC-PREP.

	Grupo de Interesse A	Grupo de Interesse B	Teste- <i>t</i>
Limitadas: Ausência/Excesso de Conceitos (L1)	Média (desvio-padrão)	Média (desvio-padrão)	Valor <i>t</i>
Limitadas: Ausência de verbo (L2)	Média (desvio-padrão)	Média (desvio-padrão)	Valor <i>t</i>
Limitadas: Problemas de conjugação dos verbos (L3)	Média (desvio-padrão)	Média (desvio-padrão)	Valor <i>t</i>
Limitadas: Presença de conectivos desnecessários (L4)	Média (desvio-padrão)	Média (desvio-padrão)	Valor <i>t</i>
Limitadas: Outros problemas de concordância (L5)	Média (desvio-padrão)	Média (desvio-padrão)	Valor <i>t</i>
Dúvida: Limitação da situação em julgar a proposição como correta ou incorreta (D)	Média (desvio-padrão)	Média (desvio-padrão)	Valor <i>t</i>
Inapropriada: Semanticamente compreensível, conceitualmente incorreta (I)	Média (desvio-padrão)	Média (desvio-padrão)	Valor <i>t</i>
Apropriada: Semanticamente compreensível, conceitualmente correta (A)	Média (desvio-padrão)	Média (desvio-padrão)	Valor <i>t</i>

Posteriormente foi utilizado os valores relativos de cada uma das categorias, os quais foram obtidos pela divisão dos valores absolutos pelo número total de proposições em cada um dos mapas conceituais. Com os valores relativos são feitos as médias e os desvios-padrão dos grupos de interesse para a realização do teste-*t*. O teste-*t* foi feito utilizando o software SPSS versão 22 (IBM, New York, EUA).

Figura 3.7 Fluxograma utilizado para realização da Análise de Correção Conceitual. A utilização de perguntas apenas com respostas do tipo S/N ajudam a diminuir o caráter subjetivo da análise. O fluxograma atuava apenas como recomendação para o analisador, a decisão final cabia a ele considerando a definição de cada uma das categorias.

3.3.4 Análise da Natureza das Proposições

A partir da pesquisa realizada por Derbentseva, Safayeni e Cañas (2007) sobre formas de estímulo do pensamento dinâmico, discutida na seção 3.2.2, nosso grupo de pesquisa desenvolveu esta análise (Romano Jr & Correia, 2010) para classificar as proposições segundo seu caráter estático ou dinâmico. A ideia geral dessa análise é: quanto maior o número de proposições dinâmicas, maior o domínio conceitual do aluno, pois permite que ele consiga estabelecer relações de correlação entre os conceitos e não apenas uma relação direta de descrição entre eles.

Para este trabalho reduzimos o número de categorias propostas pelo trabalho original, pois não havia necessidade da realização de uma análise com tanta profundidade. Estabelecemos assim três categorias de classificação das proposições:

- Estáticas (E) – Proposições que descrevem um conceito em função do outro. Em geral, são formados pelos verbos ser, estar ou ter. Ex: Mar – é → azul.
- Dinâmicas (D) – Proposições que estabelecem relações de correlação entre os conceitos. Ex: Mar – abriga → vida; Mar – pode gerar → energia; Mar – é influenciado pela → Lua.
- Outras (O) – Proposições que apresentam problemas de estruturas que comprometem o entendimento e/ou a classificação. Ex: Mar – de acordo com a → Terra.

O processo de análise foi feita por dos analisadores independentes, seguindo um procedimento padrão predeterminado (Figura 3.8). A análise foi feita para cada proposição independentemente e de forma aleatória. Ao final, os resultados das análises eram agrupados por mapas conceituais. Construiu-se assim uma tabela de 5 colunas na qual a primeira referia-se ao código do aluno, a segunda a situação de elaboração do mapa conceitual (1. MC-PREP; 2. MC-AVAL de alunos que fizeram MC-PREP; 3. MC-AVAL de alunos que não fizeram MC-PREP) e as 3 últimas a cada

uma das subcategorias de análise. Foram feitas 226 linhas, 1 para cada mapa conceitual, lembrando que a análise era feita por dois analisadores.

Figura 3.8 Fluxograma utilizado para realização da Análise da Natureza das Proposições. A utilização de perguntas apenas com respostas do tipo S/N ajudam a diminuir o caráter subjetivo da análise. O fluxograma atuava apenas como recomendação para o analisador, a decisão final cabia a ele considerando a definição de cada uma das categorias.

A partir da classificação das proposições de cada um dos mapas conceituais, foi feito o cálculo dos valores relativos que a divisão do número de proposições em cada uma das categorias pelo número total de proposições presentes no mapa conceitual. Ao final, foi feita uma tabela para comparar as condições de interesse a partir da média e do desvio-padrão das proposições em para cada um dos parâmetros (Tabela 3.9). Para comparar as médias e o desvio-padrão dos grupos de interesse foi feito o teste-*t*. O teste-*t* foi feito utilizando o software SPSS versão 22 (IBM, New York, EUA).

Tabela 3.9 Tabela com os valores absolutos e relativos obtidos pela análise da natureza das proposições. Os grupos de interesse nesse caso podem ser MC-PREP x MC-AVAL ou MC-AVAL de alunos que fizeram MC-PREP x MC-AVAL de alunos que não fizeram MC-PREP.

	<i>Grupo de Interesse A</i>	<i>Grupo de Interesse B</i>	<i>Teste-t</i>
<i>Proposições Estáticas (E)</i>	<i>Média (desvio-padrão)</i>	<i>Média (desvio-padrão)</i>	<i>Valor t</i>
<i>Proposições Dinâmicas (D)</i>	<i>Média (desvio-padrão)</i>	<i>Média (desvio-padrão)</i>	
<i>Proposições de Outra Natureza (O)</i>	<i>Média (desvio-padrão)</i>	<i>Média (desvio-padrão)</i>	<i>Valor t</i>
<i>Proposições Estáticas Relativas (Er)</i>	<i>Média (desvio-padrão)</i>	<i>Média (desvio-padrão)</i>	<i>Valor t</i>
<i>Proposições Dinâmicas Relativas (Dr)</i>	<i>Média (desvio-padrão)</i>	<i>Média (desvio-padrão)</i>	<i>Valor t</i>
<i>Proposições de Outra Natureza Relativa (Or)</i>	<i>Média (desvio-padrão)</i>	<i>Média (desvio-padrão)</i>	<i>Valor t</i>

3.3.5. Análise de Aderência à Pergunta Focal

Os mapas conceituais devem ser elaborados com intuito de atender a um objetivo que é expresso por meio da pergunta focal. Baseado no trabalho de Xavier (2015), esta análise consiste em avaliar a coerência entre a pergunta focal estabelecida e o mapa conceitual elaborado.

A análise é feita pela leitura da pergunta focal e do mapa conceitual em que o analisador deve atribuir se o mapa conceitual responde ou não a pergunta focal estabelecida. A análise foi feita por dois analisadores independentes com intuito de diminuir o caráter subjetivo da análise. No caso de conflito entre os analisadores, primeiramente era feita uma negociação dos casos díspares e na persistência da discordância a análise era feita por um terceiro analisador.

Essa foi uma análise exclusiva para os mapas conceituais da condição MC-AVAL, pois todos os mapas conceituais deveriam responder a mesma pergunta focal. Os dados foram organizados numa tabela com 3 colunas em que a primeira continha o código do aluno, a segunda sua condição de elaboração (1 para MC-AVAL elaborado com auxílio de MC-PREP; 2 para MC-AVAL elaborado sem auxílio de MC-PREP) e uma terceira coluna que tinha o resultado do julgamento dos

analisadores. A tabela continha um total de 64 linhas, uma para cada caso de MC-AVAL.

Os mapas conceituais foram agrupados segundo os grupos de interesse. O resultado obtido (sim/não) foram comparados entre os grupos por meio de um teste de χ^2 (chi-quadrado) devido a natureza qualitativa do resultado (Tabela 3.10). O teste de χ^2 foi feito utilizando o software SPSS versão 22 (IBM, New York, EUA).

Tabela 3.10 Tabela construída para a realização do teste de χ^2 (chi-quadrado) para Análise de Aderência à Pergunta Focal. Os grupos de interesse foram MC-AVAL de alunos que fizeram MC-PREP x MC-AVAL de alunos que não fizeram MC-PREP.

Condição	Aderência à Pergunta	Resultado
Condição 1	Responde	Número de Casos
Condição 1	Não Responde	Número de Casos
Condição 2	Responde	Número de Casos
Condição 2	Não Responde	Número de Casos

3.3.6. Análise de Esforço Mental

No livro *Cognitive Load Theory* (Sweller, Ayres & Kalyuga, 2011), os autores dedicam um capítulo especialmente para formas de medição da carga cognitiva. Uma das medidas mostradas no livro é a Medida Subjetiva de Esforço Mental. A ideia básica é que o aluno, utilizando uma escala de Likert de 9 pontos, atribua o grau de esforço mental para a atividade realizada. Segundo os autores, quanto maior o índice de esforço mental, maior seria o uso de recursos da memória de trabalho para as cargas cognitivas, quanto menor o índice menor seriam essas cargas.

Ao final da elaboração do MC-AVAL, foi pedido que os alunos atribuíssem um valor de esforço mental para a execução desse mapa conceitual. De posse dos valores que os alunos haviam atribuído a seu esforço mental, eles foram agrupados conforme o grupo de interesse e foi feita a média e o desvio-padrão dos valores de interesse. Os grupos foram então comparados entre si por meio do teste-*t* com uso do software SPSS versão 22 (IBM, New York, EUA)

3.3.7. Análise de Agrupamentos

A Análise Exploratória de Agrupamentos é uma análise multivariada que utiliza a Análise por Agrupamento Hierárquico (AAH) e a Análise do Componente Principal (ACP). A utilização do termo exploratória reside na ideia de que não conhecemos de que forma os mapas conceituais possam se agrupar e se realmente existirão agrupamentos naturais nesse conjunto de dados. O princípio da análise multivariada é utilizar variáveis das diferentes análises mostradas anteriormente ao mesmo tempo. A utilização de variáveis de análises diferentes podem gerar a formação de grupos que não podiam ser visualizados pelas análises individuais (Moita Neto & Moita, 1998).

A Análise por Agrupamento Hierárquico considera a distância dos valores para todas as variáveis utilizadas em um grupo de indivíduos. Indivíduos que apresentam valores mais parecidos terão distância menores e serão propensos a formação de um grupo. A AAH gera um dendograma que mostra a distância relativa entre os indivíduos (Correia & Ferreira, 2007).

A Análise do Componente Principal busca por fatores que possam explicar o comportamento das variáveis. Cada fator pode explicar parte da variância encontrada dentro de um grupo de indivíduos sendo que este fator está correlacionado com uma ou um grupo de variáveis. A ACP gera uma tabela com os fatores que explicam a variância dentro daquele grupo, assim como gráficos que relacionam os fatores (Correia & Ferreira, 2007; Field, 2009).

Para esta análise utilizamos todas as variáveis utilizadas nas análises anteriores. A análise foi feita com o software Pirouette versão 3.11 (Infometrix, Bothell, EUA).

3.3.8. Análise dos questionários

A análise foi feita para cada um dos questionários seguindo o sistema de pontuação mostrado na Tabela 3.11 que gera um valor numérico entre 0 e 100, sendo que o maior valor corresponde a um maior entendimento do conteúdo e um menor valor a um menor entendimento do conteúdo. Para cada grupo de interesse é feito o valor médio e o desvio-padrão da pontuação obtida pelos alunos daquele grupo. Os alunos com valores acima da média foram classificados com alto conhecimento e os alunos com valores abaixo da média foram classificados com baixo conhecimento.

Tabela 3.11 Distribuição da pontuação do julgamento das proposições. A pontuação obtida por um aluno poderia variar de 0 pontos a 100 pontos.

	Proposições verdadeiras (Proposições 1, 3, 6, 8, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 20, 22, 23 e 25)	Proposições falsas (Proposições 2, 4, 5, 7, 9, 10, 15, 16, 19, 21 e 24)
0 – Não sei / não quero responder	+2 pontos	+2 pontos
1 – Discordo totalmente	+0 pontos	+4 pontos
2 – Discordo parcialmente	+1 ponto	+3 pontos
3 – Concordo parcialmente	+3 pontos	+1 ponto
4 – Concordo totalmente	+4 pontos	+0 pontos

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este trabalho foi desenvolvido a partir de 3 estudos que se complementam na tentativa de responder a questão colocada inicialmente sobre como os mapas conceituais podem ser utilizados como um dos instrumento avaliativos na disciplina da ACH0131 Ciências da Natureza: Ciência, Cultura e Sociedade (CN/CCS). As análises apresentadas no capítulo 3 servem de base para responder aos estudos, pois elas permitem identificar padrões de similaridade e diferença entre os grupos de análise. O que muda de um estudo para o outro é a forma de agregar os alunos em cada um dos casos. De maneira geral tivemos quatro grupos de mapas conceituais de interesse, sendo que um deles é a junção dos outros dois:

1. Mapas conceituais elaborados como material de estudo feito para preparação da prova que receberam a denominação de MC-PREP;
2. Mapas conceituais elaborados durante a avaliação formal da disciplina, com o auxílio do MC-PREP, que receberam a denominação MC-AVAL com MC-PREP;
3. Mapas conceituais elaborados durante a avaliação formal da disciplina, sem o auxílio do MC-PREP, que receberam a denominação MC-AVAL sem MC-PREP;
4. Um grupo que agregava todos os mapas conceituais utilizados para avaliação formal da disciplina, independentemente do uso do MC-PREP, que receberam a denominação de MC-AVAL.

As subseções desse capítulo serão apresentadas conforme a indicação dos estudos realizados na seção 2.3. Cada um dos estudos tentará responder uma questão de pesquisa, verificando se as hipóteses iniciais se confirmaram ou não.

4.1 Estudo I Comparação das características estruturais (forma) e semânticas (conteúdo) de mapas conceituais obtidos a partir de demandas distintas.

O objetivo desse estudo é verificar a existência de diferenças estruturais e semânticas entre os mapas conceituais elaborados na condição de MC-PREP (n = 49) e MC-AVAL (n = 64). O aspecto estrutural foi analisado conforme a Análise Estrutural (seção 3.3.1) e o caráter semântico foi analisado conforme a Análise de Integração de entre Materiais Instrucionais (seção 3.3.2), a Análise de Correção Conceitual (seção 3.3.3) e a Análise da Natureza das Proposições (seção 3.3.4). Também foi realizada a Análise de Agrupamentos (seção 3.3.7). Os resultados desse estudo permitem identificar se as demandas de elaboração dos mapas conceituais são realmente orientadoras do produto obtido. Partiu-se da hipótese de que a demanda seria orientadora do produto obtido, onde a condição de MC-AVAL seria mais restritiva e complexa do que a condição de MC-PREP.

4.1.1 Análise Estrutural

Em um primeiro momento foi realizada uma observação geral dos dados para se verificar se haveriam valores atípicos que pudessem distorcer as tendências gerais dos dados (Figura 4.1). Podemos ver que na Figura 4.1.a há um único mapa conceitual (3237P) que apresenta valores extremamente fora dos valores esperados, em especial no valor de densidade proposicional. Podemos ver que este valor se apresenta extremamente dissonante dos outros valores, mesmo daqueles que já se encontram acima dos valores esperados. Por esse motivo, decidiu-se retirar o mapa conceitual 3237P (Figura 4.2) da análise, pois ele distorce a tendência da amostra devido ao seu alto valor de densidade proposicional (Tabela 4.1).

Na Figura 4.1.b vemos também a existência de vários valores fora (círculos) e extremamente fora (estrelas) dos valores esperados. Entretanto devido a existência de um grande número de valores que estão fora dos valores esperados, eles já constituem agrupamentos os quais não devem ser negligenciados. Ao contrário do caso da Figura 4.1.a, não há um mapa conceitual que isoladamente possa ser reconhecido como um valor atípico, por isso decidiu-se por manter todos eles neste segundo caso. Os princípios de escolha dos valores atípicos mostrados aqui foram utilizados em todo o restante do trabalho.

Tabela 4.1 Valores de densidade proposicional (média e desvio-padrão) antes e depois da retirada do MC-PREP do aluno 3237. Pode-se observar que a manutenção desse aluno acrescentaria uma tendência dissonante na tendência média e, especialmente, no desvio-padrão do restante do grupo. Por mais que esteja representado apenas o valor de densidade proposicional, o aluno 3237 também foi retirado da análise dos outros parâmetros estruturais para a situação de MC-PREP.

	MC-PREP com aluno 3237	MC-PREP sem aluno 3237
Densidade proposicional	1,279 (0,387)	1,235 (0,246)

A análise foi feita em duas partes uma para os valores absolutos e outra para os valores relativos. Na análise dos valores absolutos (Tabela 4.2), torna-se claro que todos os parâmetros diferem, pois possuem valores de t que diferem para $p < 0,005$. Essa clara diferença entre os valores absolutos pode ser atribuído ao número máximo de conceitos em cada demanda, sendo o limite de 24 conceitos para o MC-PREP e de apenas 9 conceitos para o MC-AVAL.

Figura 4.1 Gráfico do tipo caixa com bigode, contendo os valores normalizados para cada um dos parâmetros da análise estrutural na condição de MC-PREP (figura a) e MC-AVAL (figura b). A caixa delimita 50% dos valores distribuídos em torno da média e os traços representam o restante dos 50% dos valores, sendo 25% na parte superior e os outros 25% na parte inferior. Os valores representados por círculos são os valores **fora do esperado**, enquanto os representados por estrelas são aqueles **extremamente fora do esperado**. Cada código de 4 dígitos e uma letra representa um MC de um estudante. Todos os valores foram normalizados (valores delimitados de 0 a 1) para que fosse possível uma melhor comparação entre eles. Foram utilizados apenas os valores relativos da análise, pois a maioria deles já estava normalizada e que foram calculados em função dos valores absolutos.

Figura 4.2 MC-PREP elaborado pelo aluno 3237. O mapa conceitual entregue pelo aluno teve a hierarquia alterada para facilitar a leitura. Pode-se perceber que há uma grande densidade proposicional (77 proposições para 23 conceitos), dificultando a leitura e o entendimento das proposições criadas pelo aluno. Esse mapa conceitual destoava dos outros quando analisado sob os parâmetros estruturais e, portanto, ele foi excluído do grupo de análise.

Tabela 4.2: Valores Absolutos da Análise Estrutural (média e desvio-padrão) para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-PREP ($n = 48$, 24 conceitos) e MC-AVAL ($n = 64$, 9 conceitos) com seus respectivos valores de t . Os valores de t sem asterisco indicaria que os parâmetros mantêm-se constantes durante as duas condições. Os valores de t positivo indicam uma diminuição do parâmetro de MC-PREP para MC-AVAL, enquanto que os valores de t negativo indicariam um aumento de MC-PREP para MC-AVAL.

	MC-PREP M (DP)	MC-AVAL M (DP)	t
Conceitos Totais (Ct)	22,92 (2,789)	9,02 (0,125)	34,502*
Proposições (P)	28,25 (6,346)	12,45 (2,702)	16,180*
Conceitos exclusivamente iniciais (SóCi)	2,81 (2,411)	0,97 (0,734)	5,122*
Conceitos exclusivamente finais (SóCf)	7,35 (3,317)	1,45 (0,890)	12,007*
Conceitos iniciais e finais (CiCf)	12,75 (4,255)	6,59 (1,365)	9,658*
Conceitos iniciais (Ci)	15,56 (3,578)	7,56 (0,906)	15,130*
Conceitos iniciais múltiplos (Cim)	6,81 (2,312)	3,42 (1,456)	8,919*
Conceitos finais (Cf)	20,10 (3,347)	8,05 (0,765)	24,484*
Conceitos finais múltiplos (Cfm)	5,54 (3,445)	3,16 (1,576)	4,460*

* Valores diferem para $p < 0,005$.

Mostrar essa diferença dos valores absolutos obtidos torna-se importante para discutir a utilização dos mapas conceituais em sala de aula: o professor deve estar atento à demanda feita. As demandas distintas geraram mapas conceituais que são absolutamente diferentes. Metodologicamente relativizou-se os valores para que se pudesse encontrar similaridades não visíveis de forma absoluta. Entretanto esse artifício não pode ser empregado em sala de aula pois gera um processamento extra o qual o professor não pode lidar. A conclusão que fica para o contexto educacional é que demandas distintas não podem ser comparadas, pois atendem objetivos educacionais distintos.

A utilização dos valores relativos (Tabela 4.3) facilita a comparação entre as duas condições. Uma primeira análise dos valores relativos obtidos para ambas as condições permitem verificar que os parâmetros de SóCir ($t(110)=0,930$, $p=0,355$) e Cfr ($t(110)= -0,889$, $p=0,377$) não se alteram. Essa não alteração já havia sido prevista na seção 3.3.1 com a análise das formas canônicas. A forma de elaboração de diferentes formas de mapas conceituais, sejam eles do tipo radial, linear ou rede, partem do mesmo princípio da existência de um único conceito inicial que vai se detalhando conforme o desenvolvimento do mapa conceitual, o que faz com que o valor de SóCi seja constante. Conforme apresentado na seção 3.3.1, o valor de Cfr também se mantém constante entre os diferentes tipos de mapas conceituais, pois

há uma tendência da grande presença de conceitos finais, sendo que a alteração ocorre no tipo dos conceitos que compõem esses conceitos finais.

Tabela 4.3: Valores Relativos da Análise Estrutural (média e desvio-padrão) para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-PREP ($n = 48$, 24 conceitos) e MC-AVAL ($n = 64$, 9 conceitos) com seus respectivos valores de t .

	MC-PREP M (DP)	MC-AVAL M (DP)	t
Densidade proposicional (DP)	1,235 (0,246)	1,380 (0,295)	-2,764*
Conceitos exclusivamente iniciais relativo (SóCir)	0,123 (0,102)	0,107 (0,081)	0,930
Conceitos exclusivamente finais relativo (SóCfr)	0,320 (0,136)	0,160 (0,098)	6,947**
Conceitos iniciais e finais relativo (CiCfr)	0,558 (0,170)	0,733 (0,150)	-5,765**
Conceitos iniciais relativo (Cir)	0,680 (0,135)	0,839 (0,099)	-6,888**
Conceitos iniciais múltiplos relativo (Cimr)	0,299 (0,099)	0,377 (0,159)	-3,186**
Conceitos finais relativo (Cfr)	0,877 (0,101)	0,893 (0,081)	-0,889
Conceitos finais múltiplos relativo (Cfmr)	0,246 (0,153)	0,349 (0,176)	-3,212**

*Valores diferem para $p < 0,05$. ** Valores diferem para $p < 0,005$.

Observa-se um aumento de densidade proposicional de MC-PREP para MC-AVAL, sendo que a diferença é estatisticamente significativa entre os dois grupos para DP ($t(110) = -2,764$, $p = 0,007$). Para explicar esse comportamento podemos listar os seguintes motivos:

1. MC-AVAL é uma condição avaliativa e os alunos acreditam que quanto mais proposições feitas, maior será a demonstração de entendimento do conteúdo. Entretanto esse valor acaba sendo limitado pela necessidade da elaboração de proposições relevantes e corretas.
2. MC-AVAL tem uma restrição de conceitos maior do que MC-PREP. Com isso os alunos irão escolher os conceitos mais relevantes que permitem o desenvolvimento de mais proposições. Já em MC-PREP, alguns conceitos acabaram sendo escolhidos para completar o limite dos 24 conceitos e devido a sua grande especificidade acabam dificultando a geração de novas proposições.
3. A estrutura cíclica presente no MC-AVAL induz a geração de novas proposições já que existe uma proximidade física entre os conceitos e poucos níveis de hierarquia. Conceitos que se encontram fisicamente distantes ou mapas conceituais com vários níveis hierárquicos podem diminuir o número

de proposições feitas, pois se torna mais difícil para o aluno encontrar relações entre elementos que estão fisicamente distantes.

Considerando as condições listadas anteriormente era esperado que a diferença de densidade proposicional fosse bem maior do que a obtida. Entretanto, deve ser lembrado que os alunos na condição de MC-PREP também escrevem bastante proposições, pois será um instrumento de consulta na avaliação. Ao contrário do MC-AVAL, o MC-PREP não foi lido pelo professor o que faz com que os alunos não tenham muita seleção sobre o que escrever. Surge como hipótese de que por mais que as duas condições possam apresentar densidades proposicionais parecidas, semanticamente MC-AVAL terá uma maior complexidade do que MC-PREP.

A diferença existente para o parâmetro SóCfr ($t(110) = 6,947$, $p = 0,000$) entre as duas condições pode ser explicada também pela alteração do parâmetro CiCfr ($t(110) = -5,765$, $p = 0,000$). As duas categorias citadas anteriormente junto com SóCir constituem as três categorias fundamentais de conceitos e que são excludentes entre si, logo o aumento de uma corresponde a diminuição da outra. Como SóCir não apresenta diferença significativa entre as duas condições, toda alteração do parâmetro CiCfr pode ser explicado em função do SóCfr e vice-versa. Os conceitos do tipo CiCfr são aqueles que iniciam e terminam uma proposição, sendo ele um dos parâmetros essenciais que indica uma grande conectividade interna do mapa conceitual (estrutura tipo rede). Já o parâmetro SóCfr indica o percentual de conceitos que apenas finalizam proposições, ou seja conceitos que finalizam linhas de raciocínios nos mapas conceituais. Conceitos que apenas finalizam proposições e que não iniciam novas são, em geral, muito específicos. Um maior valor de SóCfr em MC-PREP indica uma maior presença de conceitos muito específicos, os quais podem ter sido escolhidos com intuito de completar a marca dos 24 conceitos obrigatórios. Já o menor valor do mesmo parâmetro em MC-AVAL indica que esses conceitos mais específicos são evitados devido a maior limitação do número máximo de conceitos permitidos. Com conceitos mais gerais utilizados em MC-AVAL, o aluno pode gerar mais proposições com esses conceitos impedindo a ocorrência de conceitos que apenas finalizem proposições. A transformação de SóCfr em CiCfr provoca uma maior conectividade interna do mapa conceitual e um

maior uso de todos os conceitos, indicando que MC-AVAL possui uma estrutura mais próxima da de rede (ou seja, de maior complexidade) do que MC-PREP.

Como discutido no parágrafo anterior, o aumento de CiCfr também provoca um aumento de Cir ($t(110) = -6,888$, $p = 0,000$), pois $Cir = SóCir + CiCfr$. Como não há alteração significativa no parâmetro SóCir, pode-se atribuir toda alteração de Cir ao processo de transformações de conceitos SóCfr em CiCfr. Esse processo de transformação desse tipo de conceito confere um maior grau de interrelação dentro da rede conceitual e um maior acionamento dos conceitos selecionados para compor o mapa.

Por fim, temos um processo de aumento dos conceitos do tipo múltiplos (que iniciam e/ou finalizam mais de uma proposição ao mesmo tempo) que são representadas pelos parâmetros Cimir ($t(110) = -3,186$, $p = 0,002$) e Cfmr ($t(110) = -3,212$, $p = 0,002$). O aumento desses dois parâmetros da condição de MC-PREP para MC-AVAL é uma das principais evidências do ganho de complexidade da segunda condição. Um maior número de conceitos múltiplos (sejam eles finais ou iniciais) corresponde a um maior número de interrelações dentro da rede. O aumento do percentual de conceitos múltiplos pode ser explicado principalmente pela redução drástica do número máximo de conceitos permitidos, o que faz com que os alunos escolham conceitos mais gerais e os reutilizem várias vezes para elaborar novas proposições.

A utilização dos valores absolutos indicou a existência de diferença entre as condições. Caso a única diferença entre as características dos mapas conceituais nas duas condições fosse o número máximo de conceitos permitidos, esta diferença desapareceria com a utilização de valores relativos, já que ela é função do número máximo de conceitos. Entretanto, a diferença persistiu mesmo com a relativização dos valores, o que leva a inferir que os mapas conceituais são estruturalmente diferentes e que essa diferença é oriunda da demanda.

Pode-se ver que a variação dos parâmetros dos mapas conceituais ocorreu em função de dois comportamentos:

1. A transformação de conceitos apenas finais em MC-PREP para conceitos iniciais e finais em MC-AVAL;

2. O aumento do número de conceitos múltiplos de MC-PREP para MC-AVAL.

Esses comportamentos também são condizentes com a maior complexidade adotada por MC-AVAL que havia sido explicado na seção 3.3.1. Essa diferença de comportamento e a maior complexidade de MC-AVAL podem estar em função da demanda as quais atendem objetivos educacionais diferentes: enquanto a primeira é um material de estudo, a segunda faz parte do processo avaliativo formal da disciplina. Como material de consulta com um limite de 24 conceitos, os alunos continuam a utilizar o raciocínio empregado pelos materiais de estudo e tentam manter sua estrutura, pois o MC-PREP será utilizado como material de consulta na avaliação. Já MC-AVAL tem como objetivo responder uma pergunta colocada pelo professor numa condição extremamente limitada seja por número de conceitos seja pela estrutura fixa, o que faz surgir uma maior complexidade. MC-AVAL acaba tendo um objetivo distinto e mais complexo, pois o aluno deve integrar vários conceitos de diferentes momentos da unidade.

Podemos ver nos mapas conceituais elaborados pelo aluno 3217 (figura 4.2) que algumas das características discutidas no parágrafo anterior. A primeira delas seria a clara diferença de tamanho entre os dois mapas conceituais, resultado do número máximo de conceitos permitidos para cada situação. Depois, pode-se observar que nas duas condições há um predomínio dos conceitos iniciais/finais (caixas em cinza), porém na condição de MC-AVAL o número de conceitos que somente finalizam proposições (SóCf) é reduzido drasticamente seja em número absolutos, seja em número relativo. Por fim, a dissonância entre o percentual de conceitos do tipo múltiplos (iniciais e/ou finais) entre as duas condições é muito grande: na condição de MC-PREP, 10 dos 24 conceitos são múltiplos enquanto que no MC-AVAL 7 dos 9 conceitos são múltiplos, o que se torna uma evidência de que os mapas conceituais elaborados na condição de MC-AVAL apresentam uma maior complexidade estrutural do que aqueles da condição de MC-PREP.

(A)

Figura 4.2 Exemplo de análise estrutural feita nos mapas conceituais do aluno 3217. Na parte A observa-se o MC-PREP, enquanto que na parte B observa-se o MC-AVAL. A coloração das caixas indica sua função, enquanto que os símbolos que acompanham os conceitos indicam a existência de múltiplas proposições sendo iniciadas e/ou finalizadas com aquele conceito. (Continua na próxima página)

(B)

Figura 4.2 (Continuação) Exemplo de análise estrutural feita nos mapas conceituais do aluno 3217.

4.1.2 Análise de Integração entre Materiais Instrucionais

Nesta análise foi visto como ocorre a escolha dos conceitos segundo seus materiais instrucionais de origem. Vale lembrar que há dois tipos de proposições, aquelas com conceitos de materiais instrucionais iguais (MI) e aquelas com conceitos de materiais instrucionais diferentes (MD), e que elas são excludentes. Parte-se da hipótese de que no MC-PREP haveria mais proposições com conceitos de materiais instrucionais iguais (maior MI) do que o MC-AVAL, pois esse seria um material de estudo onde os alunos reproduziriam a linha de raciocínio criada pelos textos. Portanto considera-se que o MC-AVAL teria mais proposições do tipo MD, pois o aluno faria uma maior tentativa de integrar conceitos de materiais diferentes para elaborar sua resposta.

Foi pedido que os próprios alunos declarassem os materiais instrucionais de onde cada um dos conceitos foi retirado. Poder-se-ia ter estabelecido a priori qual a origem de cada um dos conceitos segundo os materiais instrucionais, mas

considerou-se mais interessante pedir para os alunos declarassem por si próprios. Fazendo a declaração da origem de cada conceito segundo os materiais instrucionais, os alunos, além de desenvolverem seu processo metacognitivo por reconhecer em qual momento eles construiriam sua definição para o conceito em estudo, forneceriam informações mais fidedignas sobre como eles usaram os materiais instrucionais. Com essas declarações podemos identificar quais os materiais mais impactantes na aprendizagem dos alunos segundo eles próprios. A declaração dos materiais instrucionais de origem dos conceitos era uma atividade optativa e que não acarretava em alterações em suas notas, mas a maioria dos alunos declarou o material de origem de todos os conceitos.

Fazendo uma análise inicial da distribuição dos casos obtidos (Figura 4.3), pode-se ver que apenas o caso do 3202A se apresenta extremamente distante do valor médio obtido, sendo que ele foi retirado (o aluno não declarou os materiais de origem dos conceitos utilizados durante a prova).

Figura 4.3 Gráfico do tipo caixa com bigodes com os valores normalizados para cada um dos parâmetros da análise de relação de materiais na condição de MC-PREP e MC-AVAL.

A partir dos dados coletados, eles foram agrupados conforme a condição de elaboração e contabilizados o total de proposições para cada um dos materiais instrucionais (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 Valores obtidos da classificação das proposições segundo os materiais de origem/destino. A tabela 4a representa os valores obtidos na condição de MC-PREP enquanto que a 4b representa os valores obtidos em MC-AVAL. Os valores da diagonal principal (sublinhados) expressam os valores de proposições com conceitos de mesmo material enquanto que os valores fora da diagonal principal expressam os valores de proposições de conceitos de materiais diferentes.

(a)

MC-PREP (total=1569)		Conceito Inicial					
		A	B	C	D	E	F
Conceito Final	A	<u>98</u>	47	43	20	36	27
	B	50	<u>77</u>	36	20	21	22
	C	62	41	<u>94</u>	28	55	16
	D	46	33	47	<u>101</u>	35	29
	E	25	17	47	12	<u>116</u>	16
	F	32	30	37	36	32	<u>85</u>

(b)

MC-AVAL (total=752)		Conceito Inicial					
		A	B	C	D	E	F
Conceito Final	A	<u>42</u>	34	29	22	28	13
	B	35	<u>32</u>	29	19	13	16
	C	32	16	<u>30</u>	16	16	10
	D	24	24	22	<u>25</u>	15	17
	E	20	17	20	11	<u>23</u>	9
	F	19	13	14	19	11	<u>17</u>

Com os valores por cada um dos materiais, podemos construir a distribuição das proposições conforme os materiais e o tipo de proposição, Material Igual e Material Diferente, para verificar quais os materiais instrucionais são mais utilizados (Figura 4.4). Na condição de MC-PREP não é possível observar uma preferência na utilização dos materiais. Entretanto em MC-AVAL pode-se ver que há uma preferência da utilização dos primeiros materiais instrucionais em comparação com os últimos. Isso pode ter ocorrido, pois os alunos tiveram um maior tempo para

compreender os materiais instrucionais iniciais em relação ao tempo disponível para o estudo dos últimos. Além disso, o processamento dos conceitos apresentados nos primeiros materiais instrucionais era mais simples e com uma maior familiaridade para o aluno, porém os conceitos apresentados nos últimos materiais eram tanto mais complexos como precisam de um conhecimento referente aos materiais instrucionais anteriores, logo há uma prevalência dos primeiros materiais devido a sua facilidade na condição de MC-AVAL.

Figura 4.4 Gráfico de distribuição do percentual de proposições para cada um dos materiais instrucionais divididos por tipo de proposição para as condições de MC-PREP e MC-AVAL. As caixas pretas indicam proposições que possuem conceitos de materiais instrucionais iguais (MI) enquanto que as caixas brancas indicam proposições que possuem conceitos de materiais instrucionais diferentes (MD). As letras no eixo das ordenadas indicam cada um dos códigos utilizados para se referenciar os materiais instrucionais enquanto que no eixo das abcissas temos o percentual de recorrência a cada um desses materiais.

Assim como discutido na seção anterior, a utilização dos valores absolutos para a comparação das demandas que possuem o número máximo de conceitos diferentes torna difícil a comparação entre eles. O que se pode concluir a partir dos valores absolutos (Tabela 4.5) é que as demandas geram mapas conceituais muito diferentes para esses parâmetros. Portanto, torna-se necessário o uso valor relativo para que se possa fazer a comparação entre eles.

Tabela 4.5 Valores Absolutos da Análise de Integração entre Materiais Instrucionais (média e desvio-padrão) para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-PREP ($n = 49$, 24 conceitos) e MC-AVAL ($n = 63$, 9 conceitos) com seus respectivos valores de t .

	MC-PREP M (DP)	MC-AVAL M (DP)	t
Proposições com conceitos de materiais instrucionais iguais (MI)	10,78 (4,331)	2,68 (1,389)	12,585*
Proposições com conceitos de materiais instrucionais diferentes (MD)	18,47 (9,798)	9,25(2,800)	6,384*

*Valores diferem para $p < 0,005$.

Os valores relativos foram calculados pela divisão do número absoluto de proposições pelo número total de proposições presente em cada um dos mapas conceituais. A partir desses valores de cada um dos mapas conceituais eles foram agrupados conforme grupo de interesse gerando o valor da média e de desvio-padrão (Tabela 4.6).

Mesmo com o uso desses valores relativizados, ainda percebe-se que há uma diferença entre as condições de MC-PREP e MC-AVAL. Neste caso, observa-se que em MC-AVAL há um aumento do percentual de proposições com conceitos de materiais instrucionais diferentes (MDr, $t(110) = -4,248$, $p = 0,000$) com uma consequente diminuição do percentual de proposições com conceitos de materiais instrucionais iguais (MIr, $t(110) = 6,053$, $p = 0,000$). A persistência dessa diferença mesmo com os valores relativizados indicam uma diferença de perfil entre os mapas conceituais nas duas condições.

Tabela 4.6 Valores Relativos da Análise de Integração entre Materiais Instrucionais (média e desvio-padrão) para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-PREP ($n = 49$, 24 conceitos) e MC-AVAL ($n = 63$, 9 conceitos) com seus respectivos valores de t .

	MC-PREP M (DP)	MC-AVAL M (DP)	t
Proposições com conceitos de materiais instrucionais iguais relativo (MIr)	0,389 (0,169)	0,219 (0,114)	6,053*
Proposições com conceitos de materiais instrucionais diferentes relativo (MDr)	0,611 (0,169)	0,738 (0,147)	-4,248*

*Valores diferem para $p < 0,005$.

Podemos atribuir essa diferença aos objetivos assumidos por cada uma das demandas. Vale destacar que a demanda mudou muito o perfil dos tipos de proposições obtidas, sendo que no MC-PREP a relação conceitos de materiais iguais/ conceitos de materiais diferentes foi de 40%/60% enquanto que no MC-AVAL

a diferença entre os dois foi acentuada sendo de 25%/75%. O MC-PREP é um mapa conceitual utilizado como material de estudo e como material de consulta na prova, portanto os alunos preferem manter a estrutura presente nos textos nos quais há um grande domínio de proposições de materiais instrucionais iguais. Já o MC-AVAL requer que os alunos demonstrem domínio sobre alguns conceitos-chaves que podem perpassar diferentes materiais instrucionais, os quais aumentam o valor de MDr.

Complementando os dados obtidos por meio do teste-t, foi feito o cálculo da porcentagem total de proposição em cada uma das situações (desconsiderando-se o que foi feito por cada aluno, Tabela 4.7). Obteve-se que em ambas as situações há uma prevalência das proposições com conceitos de materiais instrucionais diferentes, o que já era esperado, pois estatisticamente há mais chances de se relacionarem conceitos de materiais diferentes do que de materiais iguais. Entretanto, mesmo com a prevalência de proposições MD há uma grande distinção entre os percentuais nas duas condições, a qual já se revelou como um perfil de diferença pelo teste-t. É importante notar que de MC-PREP para MC-AVAL há uma diminuição da porcentagem das proposições com conceitos de materiais instrucionais iguais e seu correspondente aumento nas proposições do tipo MD.

Tabela 4.7 Contagem da ocorrência das proposições de conceitos de materiais iguais e de materiais diferentes conforme a condição de elaboração dos MCs (MC-PREP e MC-AVAL). O valor total (2321) não é igual ao valor total de proposições (2359), pois a indicação do material de origem dos conceitos não era compulsória.

TOTAL 2321	Materiais Iguais Absoluto (Percentual)	Materiais Diferentes Absoluto (Percentual)	Total
MC-PREP	571 (36,4%)	998 (63,6%)	1569 (100%)
MC-AVAL	169 (22,5%)	583 (77,5%)	752 (100%)

Nos mapas conceituais elaborados pelo aluno 3217 pode ser visto a distribuição das proposições em MI e MD em cada uma das condições (Figura 4.5). Assim como assinalado anteriormente, pode ser visto o grande aumento relativo de proposições de conceitos de materiais diferentes de MC-PREP para MC-AVAL mostrando uma maior integração de diferentes materiais nessa condição.

(A)

Figura 4.5 Exemplo de Análise de Integração entre Materiais de Estudo feita nos mapas conceituais do aluno 3217. Na parte A observa-se o MC-PREP, enquanto que na parte B observa-se o MC-AVAL. As proposições ligadas por linhas pontilhadas indicam que a origem dos conceitos são de materiais iguais enquanto as linhas cheias correspondem às proposições com conceitos de materiais diferentes. Junto a cada um dos conceitos foi colocado uma letra que indica o material instrucional do qual o conceito foi retirado, o qual foi atribuído pelo próprio aluno. (Continua na próxima página)

(B)

Figura 4.5 (Continuação) Exemplo de análise estrutural feita nos mapas conceituais do aluno 3217.

4.1.3 Análise de Correção Conceitual

Na seção 3.3.3 foi apresentado os fundamentos dessa análise e como expandimos as categorias propostas por Novak (2002) devido a diversidade encontrada nos dados analisados. Para essa análise existem quatro grandes categorias de proposições: limitadas, em dúvida, inapropriadas e apropriadas. Das proposições limitadas podemos identificar essas limitações em cinco níveis (L1 a L5), como foi apresentado na seção 3.3.3. A análise foi realizada por dois analisadores independentes os quais obtiverem um Kappa de Cohen de concordância substancial ($K = 0,7276$). O Kappa de Cohen mede o grau de concordância entre dois analisadores e é mais robusto do que a medida de simples percentual de concordância, pois considera a chance da concordância ter acontecido por acaso. Segundo Field (2009), temos que:

- $K = 0$, concordância em nenhum caso;
- K maior que 0 à 0,20, concordância mínima;
- K maior que 0,20 à 0,40, concordância baixa;
- K maior que 0,40 à 0,60, concordância moderada;
- K maior que 0,60 à 0,80, concordância substancial;
- K maior que 0,80, concordância quase perfeita;
- K igual a 1, concordância total.

Vale destacar que para uma análise que foi proposta nesse trabalho e o qual não era o objetivo principal dele considera-se satisfatório o índice de concordância obtido e que futuros trabalhos podem levar a um maior refinamento da análise. Destaca-se também que o percentual de discordância adicionado pelas novas categorias foi irrisório próximo a discordância pelo uso das categorias de Novak (2002). Esse maior detalhamento da categoria limitada permite inferir melhor os problemas de treinamento na técnica de mapeamento conceitual.

A seguir, foi elaborado um gráfico do tipo caixa com bigodes para visualizar a existência de valores atípicos que pudessem inserir uma tendência nos dados. (Figura 4.6).

(a)

(b)

Figura 4.6 Gráfico do tipo caixa com bigodes com os valores normalizados para cada um dos parâmetros da análise de correção conceitual na condição de MC-PREP (figura a) e MC-AVAL (figura b).

Por mais que se observe a existência de vários valores atípicos, foi desconsiderado apenas os casos de valores extremos isolados ou valores atípicos em variáveis que apresentem grande desvio-padrão. Decidiu-se retirar os mapas conceituais 2309A, 2312P e 3210P para não adicionar tendências nos dados.

A seguir temos os valores médios absolutos das proposições segundo suas classificações (Tabela 4.8). Pela primeira vez encontramos valores absolutos significativamente semelhantes para a comparação entre essas duas condições (L1, $t(108) = 0,947$, $p = 0,346$; L2, $t(108) = 1,728$, $p = 0,089$; L4, $t(108) = 1,755$, $p = 0,084$). Isso ocorreu, pois o número de algumas proposições limitadas não apresentou distinção seja na MC-PREP e na MC-AVAL. Entretanto, só se torna possível tirar conclusões quanto ao perfil de cada um dos mapas conceituais de cada demanda quando considerado os valores relativos.

Tabela 4.8 Valores Absolutos da Análise de Correção Conceitual (média e desvio-padrão) para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-PREP ($n = 47$, 24 conceitos) e MC-AVAL ($n = 63$, 9 conceitos) com seus respectivos valores de t .

	MC-PREP M (DP)	MC-AVAL M (DP)	t
Proposições Limitadas Tipo 1 (L1)	0,30 (0,596)	0,20 (0,055)	0,947
Proposições Limitadas Tipo 2 (L2)	0,77 (1,635)	0,32 (0,815)	1,728
Proposições Limitadas Tipo 3 (L3)	1,24 (1,335)	0,42 (0,957)	3,587**
Proposições Limitadas Tipo 4 (L4)	0,31 (1,734)	0,33 (0,862)	1,755
Proposições Limitadas Tipo 5 (L5)	0,32 (0,638)	0,02 (0,126)	3,213**
Proposições em Dúvida (DUV)	2,12 (2,435)	1,02 (1,024)	2,915*
Proposições Inapropriadas (INA)	2,35 (1,766)	0,76 (0,702)	5,865**
Proposições Apropriadas (APR)	21,52 (8,038)	9,45 (3,510)	9,657**

*Valores diferem para $p < 0,05$. **Valores diferem para $p < 0,005$.

Já os valores relativos permitem uma melhor comparação entre as situações (Tabela 4.9). Pode-se observar que 7 dos 8 parâmetros dessa análise não apresentam diferença significativa entre as condições de MC-PREP e MC-AVAL. Apenas a variável Proposições Limitadas do Tipo 5 relativo que apresentou uma diferença significativa entre essas duas condições (L5r, $t(108) = 2,993$, $p = 0,004$). Por mais que L5 tenha apresentado diferença nas duas situações, vale destacar que ela foi a categoria que apresentou as menores médias, então seria mais suscetível a apresentar diferença pela presença de erros aleatórios, como por exemplo, discordância de classificação entre os analisadores. Para efeito de análise, é mais

simples considerar que todas as categorias apresentaram semelhança entre as duas situações.

Tabela 4.9 Valores Relativos da Análise de Correção Conceitual (média e desvio-padrão) para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-PREP ($n = 47$, 24 conceitos) e MC-AVAL ($n = 63$, 9 conceitos) com seus respectivos valores de t .

	MC-PREP M (DP)	MC-AVAL M (DP)	t
Proposições Limitadas Tipo 1 relativo (L1r)	0,01 (0,018)	0,02 (0,053)	-1,471
Proposições Limitadas Tipo 2 relativo (L2r)	0,03 (0,064)	0,03 (0,073)	0,156
Proposições Limitadas Tipo 3 relativo (L3r)	0,04 (0,449)	0,03 (0,083)	0,595
Proposições Limitadas Tipo 4 relativo (L4r)	0,03 (0,058)	0,03 (0,078)	-0,006
Proposições Limitadas Tipo 5 relativo (L5r)	0,01 (0,021)	0,00 (0,008)	2,993*
Proposições em Dúvida relativo (DUVr)	0,07 (0,052)	0,08 (0,074)	-1,127
Proposições Inapropriadas relativo (INAr)	0,08 (0,060)	0,06 (0,062)	1,557
Proposições Apropriadas relativo (APRr)	0,74 (0,161)	0,75 (0,209)	-0,376

*Valores diferem para $p < 0,005$.

As categorias limitadas relativo (L1r a L5r) possuem proposições que apresentam compreensão comprometida que são oriundas de problemas de treinamento. Como essas categorias se mantiveram constante entre as duas condições pode-se inferir que a realização do MC-PREP não altera o grau de proficiência dos alunos. Isso era de certo modo esperado, pois acreditamos que o treinamento realizado nas 4 primeiras aulas do curso não sofreria grandes oscilações pela elaboração de um mapa conceitual a mais ou a menos no final da parte 2 (aulas 6-10). O que vale a pena destacar também é que essas 5 categorias juntas correspondem em média a somente 12% das proposições totais feitas, estando concentradas em um grupo de mapas conceituais. Essa é mais uma evidência da eficiência do treinamento realizado.

As categorias de proposições em dúvida, inapropriadas e apropriadas também se mantiveram constante. Inicialmente tínhamos a hipótese de que os alunos teriam mais proposições apropriadas na condição de MC-AVAL, pois o estudo dos materiais instrucionais levariam os alunos a corrigirem seus erros conceituais. Entretanto, frente aos dados obtidos levanta-se as seguintes hipóteses:

- Os alunos corrigem seus erros conceituais antes mesmo de fazer o MC-PREP, pois a leitura do material antes de fazer o mapa conceitual é suficiente para corrigir o erro conceitual que possuía. Essa hipótese explicaria muito bem porque as proposições inapropriadas se mantem

constantes, pois quando a leitura do material não é suficiente para sanar o erro ela acaba aparecendo no MC-PREP e persiste na estrutura cognitiva do sujeito, sendo novamente posto no MC-AVAL;

- No MC-AVAL os alunos estão em uma situação avaliativa em que proposições inapropriadas podem corresponder à diminuição de suas notas. Tendo isso em mente os alunos utilizam proposições que acham conceitualmente mais corretas e não se arriscam a utilizar proposições mais complexas que podem estar erradas. Essa hipótese explicaria a grande quantidade de proposições apropriadas nas duas situações: no MC-PREP eles copiariam dos materiais instrucionais as proposições tal como elas estão (pois estão corretas) e no MC-AVAL eles recorreriam as proposições corretas para não receberem diminuição da nota.

A segunda hipótese levaria a acreditar que os alunos que tinham o MC-PREP como material de consulta acabariam obtendo mais proposições apropriadas do que aqueles que não tiveram o MC-PREP no MC-AVAL. Assim como um desempenho igual dos dois grupos seria mais um fruto da primeira hipótese, em que a leitura dos materiais instrucionais seria mais relevante na construção de proposições apropriadas. Esse aspecto será melhor analisado no Estudo II.

Dando continuidade as análises, foi feito o cálculo da porcentagem total de proposição em cada uma das categorias para o total de proposições (Tabela 4.10). Há nas duas situações uma maioria de proposições apropriadas, e as demais categorias (com exceção da L5) são muito próximas entre as duas situações. A diferença do número de L5 pode corresponder a uma diferença dos perfis de mapas conceituais ou pode ser um problema na definição da categoria ou da própria classificação dos analisadores. É importante destacar que mesmo ocorrendo variação nessa categoria, o seu percentual é muito irrisório frente ao número total de proposições.

Tabela 4.10 Contagem da ocorrência de cada um das proposições segundo sua categoria na Análise de Correção Conceitual conforme a condição de elaboração dos MCs. O valor total (4718) corresponde ao dobro das proposições elaboradas, já que foram analisadas por dois analisadores independentes.

TOTAL	MC-PREP	MC-AVAL
Proposições Limitadas Tipo 1 (L1)	40 (1,3%)	23 (1,5%)
Proposições Limitadas Tipo 2 (L2)	114 (3,6%)	40 (2,5%)
Proposições Limitadas Tipo 3 (L3)	179 (5,7%)	63 (4,0%)
Proposições Limitadas Tipo 4 (L4)	96 (3,0%)	41 (2,6%)
Proposições Limitadas Tipo 5 (L5)	30 (1,0%)	2 (0,1%)
Proposições em Dúvida (DUV)	210 (6,7%)	128 (8,1%)
Proposições Inapropriadas (INA)	229 (7,3%)	96 (6,1%)
Proposições Apropriadas (APR)	2240 (71,4%)	1187 (75,1%)
Total	3138 (100%)	1580 (100%)

Nos mapas conceituais elaborados pelo aluno 3217 pode ser visto como a as proposições foram classificadas segundo as categorias da Análise de Correção Conceitual (Figura 4.7). Neste caso, todos os conflitos presente neste mapa conceitual foram solucionados com uma discussão entre os analisadores para se chegar a um consenso.

É importante destacar que há uma prevalência das proposições apropriadas nas duas situações. Neste caso específico, a grande maioria da quantidade de proposições limitadas que surgem no MC-PREP são frutos de uma tentativa de manutenção da estrutura de texto na forma de mapa conceitual. Os termos de ligações utilizados são muito extenso e não se limitam a construção de uma proposição entre dois conceitos, chegando a aparecer novos conceitos dentro dos termos de ligação. Vale destacar que no MC-PREP não apareceu nenhuma proposição inadequada, sendo que há um caso no MC-AVAL. Isso pode ter ocorrido, pois o MC-AVAL faz com que o aluno saia mais de sua região de domínio conceitual e tenha que elaborar proposições mais distante daquilo que ele conhece.

(A)

Figura 4.7 Exemplo de Análise de Correção Conceitual das proposições feita nos mapas conceituais do aluno 3217. Na parte A observa-se o MC-PREP, enquanto que na parte B observa-se o MC-AVAL. A coloração das proposições e o número que os acompanha indica sua categoria. A marcação foi feita depois de elaborado o consenso entre os dois analisadores para os casos em conflito. (Continua na próxima página)

(B)

Figura 4.7 (Continuação) Exemplo de Análise de Correção Conceitual das proposições feita nos mapas conceituais do aluno 3217.

4.1.4 Análise da Natureza das Proposições

Conforme discutido na seção 3.3.4, essa análise considera a existência de três tipos de proposições: estáticas, dinâmicas e outras. Essa análise foi realizada por dois analisadores independentes os quais obtiverem um Kappa de Cohen de concordância moderada ($K = 0,5542$). Por mais que o valor do Kappa obtido tenha sido relativamente baixo (pouca concordância) decidiu-se manter esta análise pois ela permitiu desenvolver uma série de inferências que complementam as análises obtidas anteriormente.

A seguir, foi elaborado um gráfico do tipo caixa com bigodes para visualizar a existência de valores atípicos que pudessem inserir uma tendência nos dados. (Figura 4.8).

Figura 4.8 Gráfico do tipo caixa com bigodes com os valores normalizados para cada uma das categorias da análise da natureza das proposições na condição de MC-PREP e MC-AVAL. Os códigos de alunos podem aparecer duas vezes pois cada um representa a classificação dada por cada um dos analisadores.

Para esse caso, desconsideramos da análise todos os mapas conceituais que se apresentam como casos isolados. Retirou-se assim o mapa conceitual do aluno 2312 e 3210 do grupo de MC-PREP, pois se acredita que eles possam adicionar um desvio da média nessa condição já que se apresenta distante dos outros grupos de mapas conceituais.

A seguir temos os valores médios absolutos das proposições segundo suas classificações (Tabela 4.11). A utilização dos valores absolutos para comparar mapas conceituais feitos em demandas distintas, especialmente considerando número máximo de conceitos diferentes, torna-se inviável, pois irá tender a revelar sempre um padrão de diferença como pode ser evidenciado pelos testes-*t* obtidos.

Tabela 4.11 Valores Absolutos da Análise da Natureza das Proposições (média e desvio-padrão) para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-PREP ($n = 47$, 24 conceitos) e MC-AVAL ($n = 64$, 9 conceitos) com seus respectivos valores de t .

	MC-PREP M (DP)	MC-AVAL M (DP)	t
Proposições Estáticas (E)	7,67 (3,621)	1,51 (1,311)	11,143**
Proposições Dinâmicas (D)	19,52 (9,843)	9,91 (3,090)	6,467**
Proposições de Outra Natureza (O)	2,26 (3,222)	1,04 (1,678)	2,366*

*Valores diferem para $p < 0,05$. **Valores diferem para $p < 0,005$.

Obtemos valores para uma melhor comparação entre as situações quando dividimos os valores absolutos pelo número total de proposições (Tabela 4.12). Podemos ver que em ambas as condições há um predomínio das proposições dinâmicas, porém em MC-AVAL há um grande aumento do percentual de proposições nessa condição o que revela uma diferença de perfil comparado ao MC-PREP (Dr , $t(110) = -5,158$, $p = 0,000$). Isso ocorre, pois a demanda de MC-AVAL possui mais elementos que estimulam a criação de proposições dinâmicas pela presença do quantificador no conceito obrigatório, a pergunta focal iniciada por “como” e a estrutura cíclica do mapa conceitual. Acreditamos que se fosse alterado algum dos estímulos dinâmico para um estático, por exemplo, a pergunta focal “o que são as mudanças climáticas?” em uma mesma estrutura cíclica teríamos uma maior quantidade de proposições estáticas.

As proposições de Outra Natureza são aquelas que não conseguem ser classificadas como estáticas ou dinâmicas e indicam na maioria dos casos problema de construção proposicional pelo aluno (falta de verbo, relações com mais de dois conceitos, conjugação verbal inadequada, etc). A igualdade das médias das proposições do tipo de Outra Natureza relativo ($t(110) = -0,318$, $p = 0,751$) indicam que a proficiência dos alunos nas duas condições são iguais.

Tabela 4.12 Valores Relativos da Análise da Natureza das Proposições (média e desvio-padrão) para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-PREP ($n = 48$, 24 conceitos) e MC-AVAL ($n = 64$, 9 conceitos) com seus respectivos valores de t .

	MC-PREP M (DP)	MC-AVAL M (DP)	t
Proposições Estáticas relativo (Er)	0,273 (0,130)	0,119 (0,096)	6,837*
Proposições Dinâmicas relativo (Dr)	0,647 (0,129)	0,792 (0,168)	-4,958*
Proposições de Outra Natureza relativo (Or)	0,081 (0,119)	0,089 (0,148)	-0,308

*Valores diferem para $p < 0,005$.

Dando continuidade as análises, foi feito o cálculo da porcentagem total de proposição em cada uma das categorias para o total de proposições (Tabela 4.13). Há nas duas situações uma maioria de proposições dinâmicas, mas como mostrado pelo teste- t , apresentam diferenças estatisticamente significativas, e a condição de MC-AVAL possui mais proposições dinâmicas do que MC-PREP.

Tabela 4.13 Contagem da ocorrência de cada um das proposições segundo sua natureza, conforme a condição de elaboração dos MCs. O valor total (4718) corresponde ao dobro das proposições elaboradas, já que foram analisadas por dois analisadores independentes.

TOTAL 4718	MC-PREP Absoluto (Percentual)	MC-AVAL Absoluto (Percentual)
Proposições Estáticas	763 (24,3%)	193 (12,2%)
Proposições Dinâmicas	2038 (65,0%)	1258 (79,6%)
Proposições Outra Natureza	337 (10,7%)	129 (8,2%)
Total	3138 (100%)	1580 (100%)

Nos mapas conceituais elaborados pelo aluno 3217 pode ser visto como a as proposições foram classificadas segundo sua natureza (Figura 4.9). Neste caso, todos os conflitos presente neste mapa conceitual foram solucionados com uma discussão entre os analisadores para se chegar a um consenso.

(A)

Figura 4.9 Exemplo de análise da natureza das proposições feita nos mapas conceituais do aluno 3217. Na parte A observa-se o MC-PREP; na parte B observa-se o MC-AVAL. A coloração das proposições indica sua natureza. A marcação foi feita depois de elaborado o consenso entre os dois analisadores para os casos em conflito. (Continua na próxima página)

(B)

Figura 4.9 (Continuação) Exemplo de análise da natureza das proposições feita nos mapas conceituais do aluno 3217.

4.1.5 Análise de Agrupamento

Conforme apresentado na seção 3.3.7, essa análise tem por intuito identificar a formação de agrupamentos pelo uso de variáveis de diferentes análises ao mesmo tempo. Neste caso utilizamos as 21 variáveis relativas às 4 análises desenvolvidas nas seções anteriores (8 da Análise Estrutural, 2 da Análise de Integração entre Materiais Instrucionais, 8 da Análise de Correção Conceitual e 3 da Análise da Natureza das Proposições). Nesta análise foi desenvolvida a Análise por Agrupamento Hierárquico (AAH) e a Análise por Componentes Principais (ACP).

Primeiramente foi desenvolvida a análise com intuito de identificar valores atípicos na amostra (Figura 4.10). Neste caso, os valores atípicos se tornam mais complexos, pois são utilizados vários parâmetros ao mesmo tempo.

Figura 4.10 Identificação de valores atípicos pela Análise de Agrupamento do Estudo I. Valores com altos resíduo (quadrante 4) e valores com altas distâncias de Mahalanobis (quadrante 2) foram considerados atípicos. Foram desconsiderados 18 mapas conceituais (2309P, 2312P, 2316P, 3210P, 3213P, 3234P, 3237P, 3239P, 2301A, 2309A, 2318B, 2320A, 3202A, 3210A, 3214B, 3215A, 3237A e 3257A) em que 8 eram da condição MC-PREP e 10 eram da condição MC-AVAL.

Foram considerados atípicos os valores que apresentam resíduo de amostra maior que 0,0125 ou que tinham distância de Mahalanobis maior que 25. Foram identificados um total de 18 mapas conceituais considerados como valores atípicos (2309P, 2312P, 2316P, 3210P, 3213P, 3234P, 3237P, 3239P, 2301A, 2309A, 2318B, 2320A, 3202A, 3210A, 3214B, 3215A, 3237A e 3257A) sendo 8 da condição MC-PREP e 10 da condição MC-AVAL. Vale a pena destacar que os 5 mapas conceituais que foram considerados como valores atípicos nas análises anteriores aparecem dentro desse conjunto de 18 mapas conceituais.

A elaboração de um dendograma com os dados restantes permitiu a identificação visual da formação de agrupamentos. Foi utilizado um fator de similaridade de 0,355 que permite identificar a formação de 6 grupos (Figura 4.11). As características de cada um dos grupos estão descritas na Tabela 4.14.

Figura 4.11 Dendograma dos 95 casos considerados para o Estudo I. Com um fator de similaridade de 0,355 pode-se ver a formação de 6 grupos (Roxo: 27 elementos, Azul: 26 elementos, Vermelho: 16 elementos, Laranja: 18 elementos, Verde: 4 elementos e Amarelo: 4 elementos).

Tabela 4.14 Descrição de média e desvio-padrão para cada um dos grupos obtidos na AAH. Os valores de média e desvio-padrão de cada grupo foram comparados com os valores de média e desvio-padrão de todo o conjunto por meio de teste-t. Os valores que se encontram em destaque (sublinhado) apresentaram $p < 0,05$ na realização do teste-t. Esses valores em destaque são os principais atributos que caracterizam aquele grupo comparado aos demais.

Variável	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Todos
Cor	Roxo	Azul	Vermelho	Laranja	Verde	Amarelo	-
N	27	26	16	18	4	4	95
MC-PREP	2	6	12	16	1	4	41
MC-AVAL	25	20	4	2	3	0	54
DP	<u>1,58(0,23)</u>	<u>1,20(0,15)</u>	1,26(0,29)	1,24(0,19)	1,59(0,24)	<u>0,91(0,10)</u>	1,33(0,28)
SóCir	0,10(0,06)	0,09(0,06)	<u>0,25(0,09)</u>	<u>0,07(0,06)</u>	0,07(0,05)	0,16(0,12)	0,12(0,09)
SóCfr	<u>0,13(0,07)</u>	0,18(0,10)	<u>0,31(0,12)</u>	<u>0,31(0,11)</u>	0,12(0,07)	<u>0,42(0,17)</u>	0,22(0,13)
CiCfr	<u>0,78(0,10)</u>	0,73(0,12)	<u>0,45(0,12)</u>	0,63(0,13)	0,81(0,11)	<u>0,43(0,14)</u>	0,67(0,17)
Cir	<u>0,87(0,07)</u>	0,82(0,10)	<u>0,70(0,11)</u>	<u>0,69(0,11)</u>	0,88(0,07)	<u>0,59(0,17)</u>	0,78(0,13)
Cimr	<u>0,47(0,16)</u>	<u>0,27(0,10)</u>	0,32(0,13)	0,32(0,10)	0,42(0,12)	<u>0,19(0,07)</u>	0,35(0,15)
Cfr	0,90(0,06)	0,91(0,06)	<u>0,75(0,09)</u>	<u>0,93(0,06)</u>	0,93(0,05)	0,84(0,11)	0,88(0,09)
Cfmr	<u>0,47(0,13)</u>	<u>0,22(0,11)</u>	0,34(0,15)	0,23(0,13)	0,44(0,16)	<u>0,04(0,03)</u>	0,31(0,17)
Mlr	<u>0,19(0,10)</u>	0,25(0,13)	0,35(0,09)	<u>0,44(0,15)</u>	0,17(0,08)	<u>0,62(0,16)</u>	0,30(0,16)
MDr	<u>0,79(0,11)</u>	0,73(0,14)	0,63(0,10)	<u>0,55(0,14)</u>	0,83(0,08)	<u>0,38(0,16)</u>	0,69(0,16)
L1r	0,01(0,02)	0,01(0,03)	0,01(0,01)	0,01(0,01)	0,01(0,01)	0,00(0,00)	0,01(0,02)
L2r	0,02(0,05)	0,00(0,01)	0,03(0,07)	0,00(0,01)	0,08(0,06)	<u>0,19(0,04)</u>	0,02(0,06)
L3r	0,01(0,03)	0,04(0,06)	0,03(0,04)	0,03(0,03)	<u>0,20(0,18)</u>	0,08(0,03)	0,03(0,06)
L4r	<u>0,00(0,01)</u>	0,01(0,03)	0,01(0,03)	0,02(0,02)	<u>0,11(0,12)</u>	<u>0,14(0,10)</u>	0,02(0,05)
L5r	0,00(0,00)	0,00(0,00)	0,00(0,01)	0,00(0,01)	0,00(0,01)	0,01(0,01)	0,00(0,01)
DUVr	0,07(0,06)	0,09(0,06)	0,05(0,03)	0,05(0,03)	<u>0,14(0,08)</u>	0,07(0,05)	0,07(0,06)
INAr	<u>0,04(0,04)</u>	0,08(0,07)	<u>0,11(0,07)</u>	0,08(0,05)	0,04(0,03)	0,03(0,01)	0,07(0,06)
APRr	<u>0,85(0,10)</u>	0,77(0,15)	0,75(0,11)	0,82(0,10)	<u>0,42(0,10)</u>	<u>0,48(0,12)</u>	0,77(0,16)
ESTr	0,17(0,10)	<u>0,09(0,08)</u>	0,24(0,14)	<u>0,33(0,11)</u>	0,11(0,01)	0,20(0,15)	0,19(0,13)
DINr	0,80(0,11)	<u>0,86(0,12)</u>	0,71(0,14)	<u>0,64(0,10)</u>	<u>0,53(0,13)</u>	<u>0,43(0,04)</u>	0,74(0,16)
OUTr	0,04(0,06)	0,05(0,06)	0,05(0,08)	0,04(0,05)	<u>0,36(0,13)</u>	<u>0,36(0,13)</u>	0,07(0,11)

O grupo 1 é formado principalmente por mapas conceituais da condição MC-AVAL (25 dos 27 mapas conceituais). A característica que define esse grupo são as variáveis indicando uma maior complexidade do que a média, como uma maior

densidade proposicional (DP), maior quantidade de conceitos múltiplos (Cimr e Cfmr), maior número de conceitos iniciais e finais (CiCfr), assim como mais proposições com conceitos de materiais instrucionais diferentes (MDr) e uma maior quantidade de Proposições Apropriadas (APRr). Todos esses fatores em conjunto indicam que esse grupo de mapas conceituais são mais complexos que a média já que tem uma maior conexão interna, mais uso de materiais instrucionais e mais proposições corretas.

Essa maior complexidade já era esperada para a condição de MC-AVAL, pois a demanda dela apresenta diversos elementos que deveriam estimular uma maior densidade proposicional e o uso de materiais instrucionais diferentes. O elevado número de Proposições Apropriadas também era esperado por se tratar de uma situação avaliativa. Apenas o parâmetro que indica o número de Proposições Dinâmicas (DINr) era esperado ser maior que a média nesse grupo de mapas conceituais mais complexos, porém acabou sendo semelhante a média.

O grupo 2 possuía 26 elementos sendo 20 deles mapas conceituais da condição MC-AVAL. Este grupo é caracterizado por valores menores para os parâmetros de conceitos múltiplos (Cimr e Cfmr), implicando em uma menor densidade proposicional. Entretanto, o que o torna interessante é que apesar de ser menos denso, esse grupo de mapas conceituais apresenta um maior percentual de proposições dinâmicas em relação a média e até mesmo do grupo 1 (o com maior complexidade).

A hipótese para explicar tal fenômeno é de que talvez todos os MC-AVAL apresentem um número absoluto de Proposições Dinâmicas igual, porém os mapeadores do grupo 1 tem a tendência de adicionar uma maior quantidade de proposições estáticas o que eleva a densidade proposicional, porém diminui o número de proposições dinâmicas relativo. Podemos avaliar essa hipótese fazendo um teste-t entre o grupo 1 e o grupo 2 para o parâmetro absoluto de proposições estáticas e dinâmicas (Tabela 4.15). Por mais que a hipótese levantada não possa ser comprovada com um rigor de 95%, podemos ver grande diferença no valor de significância dos dois testes (EST: $t(51) = 1,616$, $p = 0,112$; DIN: $t(51) = 0,264$, $p = 0,793$). O número de proposições Dinâmicas dos dois grupos são mais próximos entre si do que o número de proposições Estáticas.

Tabela 4.15 Valores Absolutos de alguns parâmetros da Análise da Natureza das Proposições (média e desvio-padrão) para mapas conceituais dos grupos 1 ($n = 27$) e 2 ($n = 26$) com seus respectivos valores de t .

	Grupo 1	Grupo 2	t
Estáticas (EST)	5,59(4,97)	3,35(5,12)	1,616
Dinâmicas (DIN)	25,15(8,73)	24,42(11,3)	0,264

Os grupos 3 e 4 são formados em sua maioria por mapas conceituais na condição de MC-PREP, sendo no grupo 3, 12 dos 16 mapas conceituais e no grupo 4, 16 dos 18 mapas conceituais. O que caracteriza o grupo 3 é alta quantidade de conceitos que apenas iniciam proposições (SóCir) e que apenas finalizam proposições (SóCfr) e uma menor quantidade de proposições que iniciam e finalizam proposições (CiCfr). Além desses fatores principais, o grupo é caracterizado por uma maior quantidade proposições inapropriadas.

O grupo 4 tem por característica um menor número de proposições apenas iniciadores de proposições (SóCir), porém um maior número de proposições apenas finalizadoras de proposições (SóCfr), além de uma maior relação entre conceitos de mesmo material instrucional (MIr) e conseqüentemente uma menor relação entre conceitos de materiais instrucionais diferentes (MDr). Por fim o grupo 4 tem mais proposições Estáticas (ESTr) e uma menor quantidade de proposições dinâmicas (DINr) comparado a média.

Torna-se claro que os dois grupos tratam majoritariamente de mapas conceituais elaborados como ferramentas de estudo. A característica que une os dois é uma quantidade elevada de conceitos apenas finalizadores (SóCfr). Isso pode ser observado, pois quando estão estudando os alunos tendem a formar estruturas semelhantes a árvores em que começam com poucos conceitos e apresentam muitos conceitos no final (parte inferior). Esses conceitos na parte final são, em geral, conceitos que apenas finalizam proposições.

Entretanto a observação de como são usados os materiais instrucionais pode ser uma explicação da diferença das proposições inapropriadas (para o grupo 3) e das proposições estáticas e dinâmicas (para o grupo 4). A hipótese seria que o grupo 3 integra mais os materiais do que o grupo 4 (maior valor de MDr). Essa maior integração requereria que o aluno saísse da região do que “o texto/vídeo disse” para a região em que ele constrói suas próprias proposições. Quando ele sai de sua

região de segurança, o mapeador do grupo 3 tende mais a errar, por isso surge uma maior quantidade de proposições inapropriadas. Os mapeadores do grupo 4 tendem mais a reproduzir as estruturas presentes nos materiais instrucionais (por isso um maior valor de MIR comparado ao grupo 3). Como ele reproduziria mais as estruturas, ele tenderia ao processo descritivo o qual explicaria tanto um maior valor de proposições estáticas (ESTr) como um menor número de proposições dinâmicas (DINr).

Os grupos 5 e 6 são caracterizados especialmente pelo elevado valor do parâmetro proposições de Outra Natureza (OUTr). Essa característica é marcante, pois indica problemas na técnica de mapeamento conceitual. Para reforçar tal achado, é apenas nessa categoria que encontramos valores de proposições limitadas (L1r a L5r) estatisticamente diferente quando comparadas a média e com valores acima dela. Vale lembrar que assim como o OUTr, as categorias L1r a L5r são indicativos de problemas de treinamento. Esses dois grupos são formados por apenas 4 mapas conceituais cada, sendo para o grupo 5, 3 de MC-AVAL e 1 de MC-PREP e no grupo 6, 4 da condição MC-PREP.

O grupo 5 apresenta problemas relacionados apenas ao treinamento. A menor quantidade de proposições apropriadas e dinâmicas é fruto muito de um maior peso nas proposições limitadas e de outra natureza. Já o grupo 6 apresenta tanto uma menor densidade proposicional, como uma menor quantidade de conceitos múltiplos, além dos altos valores para as categorias que indicam problemas de treinamento. A diferença entre os grupos 5 e 6 pode ser especialmente atribuído as condições de elaboração para cada uma delas (MC-AVAL para grupo 5 e MC-PREP para o grupo 6).

Considerarmos o comportamento majoritário de cada um dos grupos, podemos considerar que os grupos 1 e 2 apresentam as características de MC-AVAL (sendo que eles contêm 45 de todos os 54 MC-AVAL avaliados nesse estudo), assim como os grupos 3 e 4 apresentam as características do MC-PREP (sendo que eles contêm 28 de todos os 41 MC-PREP avaliados nesse estudo). Os grupos 5 e 6 concentram os casos de mapeadores que apresentam problemas de treinamento. Mais adiante voltaremos a esse ponto para mostrar que por mais que não tenha surgido naturalmente, é possível identificar os MC-PREPs e os MC-AVALs nesse estudo.

Junto a AAH, foi feita uma ACP utilizando as 21 variáveis descritas anteriormente. O intuito desse ACP era identificar quais os fatores preponderantes para explicar as variações dentro dos grupos (Figura 4.12). Foram identificados 6 fatores principais que explicam até 92,73% da variância total obtida no conjunto de dados (Tabela 4.16).

Figura 4.12 Gráfico de número de fatores x Variância na ACP do Estudo I. Foram considerados 6 fatores como relevantes (Variância > 1,000) para explicar a variância. (destaque no gráfico).

Pela análise dos valores da Tabela 4.16, podemos ver que o fator 1 sofre influência principal da densidade proposicional. O que se torna mais marcante é que o fator 1 sozinho explica mais de 40% da variância obtida (43,71%) para esse grupo de amostras e ele tem como relevante (maior do que 0,400) a densidade proposicional. Podemos dizer que a densidade proposicional é a variável que melhor permite diferenciar os mapas conceituais entre os grupos propostos na AAH, ou seja, ele permitiria diferenciar MC-PREP do MC-AVAL, assim como os subgrupos que surgem dentro deles. Vale destacar que quando foi feito o teste-*t* entre as duas condições, a densidade proposicional apresenta diferença entre elas, porém essa diferença foi a menor entre todos os parâmetros estruturais. A AAH permitiu identificar que dentro dos MC-AVAL (nesse caso, grupos 1 e 2) tivemos grandes diferenças na densidade proposicional, sendo que o grupo 1 estava bem acima da média enquanto o grupo 2 estava abaixo dela.

Tabela 4.16 *Resumo da Análise de Fatores Exploratória para o Estudo I. Os valores acima de 0,4 estão destacados (sublinhado) e mostram os parâmetros estatisticamente relevantes para cada fator analisado.*

Parâmetro	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6
DP	<u>0,640</u>	<u>0,447</u>	-0,046	0,041	-0,039	0,178
SóCir	-0,073	0,075	-0,185	-0,066	-0,345	-0,383
SóCfr	-0,232	0,196	-0,143	-0,257	0,015	<u>0,408</u>
CiCfr	0,306	-0,270	0,329	0,321	0,329	-0,028
Cir	0,232	-0,196	0,142	0,256	-0,015	<u>-0,407</u>
Cimr	0,275	0,259	-0,073	0,039	-0,042	0,272
Cfr	0,073	-0,075	0,185	0,065	0,347	0,381
Cfmr	0,352	0,282	-0,121	-0,068	-0,177	-0,283
Mlr	-0,262	0,277	-0,004	<u>0,567</u>	-0,063	0,026
MDr	0,243	-0,283	0,022	<u>-0,595</u>	0,122	-0,083
L1r	0,001	0,003	0,008	-0,007	0,008	0,009
L2r	-0,033	0,057	0,156	-0,051	-0,088	0,037
L3r	-0,014	0,044	0,187	-0,060	-0,052	-0,024
L4r	-0,024	0,054	0,116	0,002	-0,077	0,034
L5r	-0,003	0,007	-0,003	-0,005	-0,001	0,002
DUVr	0,023	-0,023	0,112	-0,040	-0,022	0,004
INAr	-0,022	0,012	0,053	0,022	-0,056	-0,062
APRr	0,074	-0,153	<u>-0,623</u>	0,142	0,284	0,006
ESTr	-0,114	0,308	-0,141	-0,075	<u>0,563</u>	-0,312
DINr	0,165	<u>-0,438</u>	-0,284	0,172	-0,386	0,276
OUTr	-0,052	0,130	<u>0,429</u>	-0,097	-0,178	0,036
Autovalores	14,841	5,591	4,339	3,02	1,996	1,690
% de variância	43,71	16,47	12,78	8,91	5,88	4,98

O fator 2 consegue explicar 16,47% da variância obtida no conjunto de dados. Ainda pode-se notar o grande peso que a densidade proposicional tem para distinguir os grupos obtidos. Surge nesse fator também o parâmetro das proposições dinâmicas como diferenciador de grupos. É importante destacar que os dois valores dos parâmetros tem sinais diferentes entre si, ou seja, são grandezas inversamente proporcionais. A hipótese inicial levantada é que essas grandezas seriam

diretamente proporcionais: quanto mais proposições o aluno consegue dizer mais proposições dinâmicas ele teria.

Diante desse fator 2, e como havia sido discutido na análise do grupo 2, torna-se mais robusto dizer que fazer mais proposições não gera mais proposições dinâmicas. Uma análise mais pormenorizada de nossa hipótese inicial de que haveria uma relação entre densidade e dinamicidade mostrou que ela só seria válida se o aluno possuir um alto grau de conhecimento no assunto e na técnica. Entretanto, como já havia sido demonstrada por Derbentseva, Safayeni e Cañas (2007) a tendência padrão de elaboração de proposições é a descrição. Seria mais seguro de dizer que, por padrão, quanto mais proposições mais provável que elas sejam descritivas, por isso que essas duas grandezas guardam relações inversas de crescimento.

O fator 3 acaba também atribuindo peso as proposições apropriadas e as proposições de outra natureza de forma inversamente proporcional. Esse fator conseguiria explicar 12,78% da variância obtida. O fator 3 mostra a complementaridade das análises. A categoria proposições de outra natureza (OUTr) da Análise da Natureza das Proposições equivaleria as categorias Limitadas (L1r a L5r) da Análise de Correção Conceitual. A medida que você aumenta o número relativo de proposições que apresentam problemas de comunicação (limitadas ou de outra natureza) é esperado que se diminua o número relativo de proposições apropriadas.

O fator 4 é especialmente voltado para explicar o uso de materiais instrucionais. Esse fator consegue explicar 8,91% da variância obtida. Esse fator torna-se especialmente relevante para explicar a diferença de comportamento entre MC-PREPs e MC-AVALs.

O fator 5 tem como principal contribuinte o parâmetro do número de proposições estáticas. O fator 5 explica 5,88% da variância total obtida. Esse fator consegue explicar a diferença do grupo 2 que é menos denso tendo uma maior peso nas proposições relativas. Assim como esse fator consegue diferenciar o grupo 4 em que os alunos tendem a descrever mais e de acordo com os materiais instrucionais enquanto elaboram o MC-PREP.

Para finalizar, explicando 4,98% da variância obtida, o fator 6 tem como principais parâmetros o número de conceitos que apenas finalizam proposições e aqueles conceitos que iniciam alguma proposição. Torna-se relevante mostrar que

os dois parâmetros são inversamente proporcionais, já que quando um deixa de ser contabilizado apenas como final ele passa necessariamente a começar alguma proposição. Valores de SóCfr elevados e de Cir baixos é uma forte características dos MC-PREPs.

O poder preditivo dos fatores vai diminuindo conforme a quantidade de variância ele pode explicar, sendo mais alto no fator 1 e menor no fator 6, o importante é destacar como cada uma dos fatores está relacionado com um parâmetro: Fator 1 – densidade proposicional; Fator 2 – proposições dinâmicas (inversamente); Fator 3 – proposições de outra natureza (e inversamente a proposições apropriadas); Fator 4 – uso dos materiais instrucionais (diretamente a Mlr e inversamente a MDr); Fator 5 – proposições estáticas; Fator 6 – tipos de conceitos (diretamente ao SóCfr e inversamente ao Cir).

O intuito dessa análise foi de verificar se os agrupamentos naturais que surgem dos dados correspondem aos grupamentos propostos pela teoria (o MC-PREP e o MC-AVAL). Por mais que os dois grupos não tenham sido diretamente identificados, pode-se ver que a aglomeração de certo subgrupos poderiam reestruturar em grande parte os grupamentos propostos teoricamente (MC-PREP = Grupos 3+4; MC-AVAL = Grupos 1+2). Utilizando a ACP feita para o Estudo I, refizemos os mesmo gráfico dos principais fatores (fator 1 x fator 2) agora dividindo-os segundo as categorias teóricas (Figura 4.13). O intuito desse gráfico seria identificar quais fatores/parâmetros que melhor distinguiriam esses dois grupos de interesse.

Utilizando a conclusão obtida anteriormente sobre os fatores, podemos dizer que o que distingue principalmente o MC-PREP do MC-AVAL é a densidade proposicional, o número de proposições dinâmicas e o número de proposições estáticas. Então o MC-AVAL ele desempenharia o papel proposto: gerar uma maior densidade e estimular a formação de mais proposições dinâmicas.

Considerando esses resultados sob a ótica da teoria da carga cognitiva, como o MC-AVAL realmente estimula uma maior densidade proposicional e mais proposições dinâmicas, o MC-AVAL geraria uma maior carga extrínseca no indivíduo. Já havíamos levantado a hipótese de que fatores emocionais (por se tratar de uma atividade avaliativa) fazem com que o aluno crie uma maior resistência em desistir da tarefa e tente cumpri-la de alguma forma. A análise da formação dos 6 grupos, especialmente quando se trata dos grupos 1 e 2, mostra que por mais que o MC-AVAL estimula os alunos a aumentarem a densidade de seus mapas conceituais como a fazerem mais proposições dinâmicas. Entretanto os alunos acabam optando por uma das duas possibilidades. Praticamente metade dos MC-AVAL analisados tiveram alta densidade porém proposições mais estáticas do que a média, enquanto outra metade teve densidade normal com proposições mais dinâmica do que a média. A carga extra gerada pelo processo avaliativo faz com que o aluno opte por uma das simplificações possíveis da tarefa. Esse recurso acaba diminuindo a carga gerada pela tarefa.

4.1.6 Considerações sobre as análises do Estudo I

Em três análises realizadas (Análise Estrutural, Análise de Integração entre Materiais Instrucionais e Análise da Natureza das Proposições) ficou evidente a distinção entre os mapas conceituais elaborados na condição de MC-PREP e de MC-AVAL. Somente na Análise de Correção Conceitual parecia haver uma similaridade entre os mapas conceituais elaborados nas duas condições. Em todas as análises realizadas, os valores absolutos apresentaram distinção entre as duas demandas devido ao número máximo de conceitos permitidos serem diferentes para cada uma delas. Quando feita a análise dos valores relativos, que elimina o efeito do número máximo de conceitos, a diferença entre as demandas persistia em grande parte dos parâmetros analisados. A persistência dessa diferença evidencia que as características dos mapas conceituais elaborados eram diferentes para cada uma das situações. A hipótese inicial acabou sendo confirmada, visto que há uma

diferença entre os mapas conceituais elaborados nas duas condições que pode ser atribuída as demandas.

Como não houve uma grande diferença temporal na elaboração dos mapas conceituais nas duas condições (no máximo uma semana de diferença entre a execução de MC-PREP e MC-AVAL), fica difícil atribuir grande parte da diferença do perfil dos mapas conceituais ao conhecimento dos alunos sobre o tema, o que reforça ainda mais o papel da demanda nas diferenças obtidas.

A igualdade dos valores das categorias Proposições Limitadas (L1r a L5r) na Análise de Correção Conceitual e Proposições de Outra Natureza (OUTr) relativo na Análise de Natureza das Proposições nas duas condições é um forte indício de que a não há alterações significativas do grau de proficiência dos mapeadores. Rejeitamos que a diferença seja ocasionada por questões de treinamento, pois os alunos tiveram um longo treinamento na parte inicial da disciplina assim como já haviam utilizado o mapeamento conceitual como instrumento avaliativo na primeira unidade.

Com a Análise de Agrupamentos podemos detalhar melhor esses grupos comparados. Os grupos 1 e 2 descrevem, em grande parte, os mapas conceituais da condição MC-AVAL. O grupo 1 apresentava uma maior densidade do que o grupo 2, assim como um maior uso integrado dos materiais instrucionais e mais proposições corretas. O grupo 2 acabava por ser menos denso, menos integrado estruturalmente, mas com uma maior quantidade de proposições dinâmicas. Como mostrado na Tabela 4.15, não havia uma diferença no número absoluto de proposições dinâmicas entre os grupos 1 e 2. Essa similaridade entre o número absoluto de proposições dinâmicas demonstra o perfil de elaboração de proposições desse tipo nos dois grupos é igual, mas o que muda é que o grupo 1 tem a tendência de preencher com mais proposições estáticas/corretas. Somente com Análise de Aderência à Pergunta Focal no Estudo II poderemos dizer que essas novas proposições postas são realmente relevantes para se responder a pergunta focal posta.

Os grupos 3 e 4 foram considerados como descritores dos mapas conceituais da condição MC-PREP. Primeiramente o que os distinguiam era que o grupo 3 era muito menos complexo estruturalmente do que o grupo 4, além do grupo 3

apresentar mais proposições inapropriadas. Entretanto o grupo 3 fazia uma maior integração dos materiais instrucionais como o grupo 4 tinham mais proposições estáticas. A hipótese que surge para explicar os dois grupos é que o grupo 3 utiliza o MC-PREP mais como um material de estudo para a prova em que os mapeadores leem os materiais e tentam fazer um mapa conceitual que os integre. Essa tentativa de integrar os mapas conceituais faz com ocorra mais proposições inapropriadas e uma menor integração estrutural, pois eles se concentram em poucos aspectos de cada vez.

O grupo 4 tem uma menor integração dos materiais instrucionais, pois eles utilizam mais o mapa conceitual como uma referência para prova. Neste caso, o foco desses alunos é que o MC-PREP recupere rapidamente as ideias centrais de cada material. Portanto no processo de elaboração, os alunos tentam ser o mais fidedignos aos materiais. Esse processo explicaria porque os alunos integram menos os materiais, assim como eles possuem mais proposições estáticas (eles descrevem mais os textos e os vídeos) como possuem uma rede mais integrada (manutenção da estrutura mais complexa dos textos e dos vídeos).

Por fim os grupos 5 e 6 indicam problemas dos alunos na técnica de mapeamento conceitual. O que é interessante notar é que se formam exatamente dois grupos, pois o primeiro compartilha características do MC-AVAL e o segundo do MC-PREP, o que seria mais um indicativo de que a demanda é fortemente orientadora do perfil de mapa conceitual obtido. Também vale destacar que os grupos apresentaram a menor quantidade de mapeadores, o que é um indicativo que o treinamento na técnica foi adequado.

A conclusão é que a demanda é um dos fatores que influencia a elaboração dos mapas conceituais. Essa conclusão torna-se importante uma vez que realça a importância de um fator comumente negligenciado na utilização dos mapas conceituais em sala de aula. A forma como o professor pede a elaboração do mapa conceitual, acaba por influenciar o produto obtido. A demanda pode então promover a elaboração de melhores mapas conceituais e com isso trazer um maior entendimento sobre o tema estudado (como será investigado no Estudo III).

Além da constatação de diferença dos mapas conceituais das duas demandas, foi possível verificar os mapas conceituais da condição de MC-AVAL são

mais complexos. Essa complexidade pode ter sido estimulada por sua maior limitação, como também pela presença de elementos que incentivaram a uma elaboração de proposições dinâmicas. Fatores como a presença de conceitos múltiplos, maior integração entre materiais instrucionais e aumento das proposições dinâmicas podem explicar esse ganho de complexidade do mapa conceitual. Com isso, se fortalece o argumento que a demanda pode promover uma melhor produção de mapas conceituais, pois faz com que o aluno reflita de forma mais profunda sobre o conteúdo estudado.

Considerando a Teoria da Carga Cognitiva, entra-se no seguinte problema: se o MC-AVAL possui uma maior carga extrínseca (maior restrição do número de conceitos, de tempo, de acesso aos materiais instrucionais, pergunta focal pré-estabelecida, conceito obrigatório, etc) como nessa condição produziu-se, em geral, mapas conceituais de maior complexidade como mostrado pelas análises?

Primeiro devemos considerar que a carga intrínseca deve ser semelhante para ambas as condições, pois trata do mesmo conteúdo para a elaboração de ambos os mapas conceituais. Partindo para a análise da carga extrínseca, podemos dizer que as condições mais restritivas do MC-AVAL acabaram gerando uma carga extrínseca maior do que em MC-PREP.

A partir dessas conclusões, pode-se ver em um primeiro momento que o MC-AVAL levaria a uma maior quantidade de cargas cognitivas que dificultariam a elaboração de mapas conceituais complexos, contradizendo o que foi achado experimentalmente. Entretanto, devemos considerar as condições de elaboração de cada um dos mapas conceituais: MC-PREP era um mapa conceitual preparatório para a avaliação, usado como material de consulta e o qual os alunos sabiam que não iriam receber uma avaliação do professor sobre o seu conteúdo. MC-AVAL era o processo avaliativo em si, no qual seu conteúdo seria lido pelo professor, com isso podemos levantar dois cenários:

1. Ao contrário do que está sendo assumido, talvez a diferença de carga intrínseca não seja tão pequena para as duas condições. Como no MC-PREP o aluno deve ler e processar diferentes textos e organizá-los, ele acaba por aglutinar vários conceitos criando novos esquemas que sistematizam os diferentes textos lidos. Com esses esquemas construídos, a carga intrínseca

do MC-AVAL torna-se menor, permitindo com que o professor possa aumentar a extrínseca sem comprometimento da geração dos recursos generativos. O estudo II dessa pesquisa permitirá responder se essa hipótese é verdadeira, uma vez que se espera que os alunos que elaboraram MC-AVAL sem MC-PREP tenham mapas conceituais menos complexos.

2. Aspectos não cognitivos podem influenciar na execução da atividade. Como a Teoria da Carga Cognitiva se limita a explicar aspectos cognitivos, pode ser que essa diferença de complexidade pode ser explicada dentro de outros aspectos. Vale lembrar que o MC-AVAL é o momento de avaliação em que o aluno orienta toda sua memória de trabalho para a execução da atividade. Por mais que o excesso de cargas possa causar a sobrecarga do aluno, no momento da prova, desistir da tarefa não será uma das primeiras opções. Na execução de MC-PREP, não se pode afirmar que o aluno orienta toda sua capacidade cognitiva para a execução da tarefa. Na elaboração do MC-PREP podem ter outros aspectos que possam comprometer sua execução como o desenvolvimento de outra atividade em paralelo, pouco espaço de tempo para a execução da tarefa e aspectos emocionais que podem diminuir o recurso da memória de trabalho o que provocaria uma diminuição forçada dos recursos envolvidos para a elaboração do MC-PREP.

Dentro de dois os aspectos levantados, talvez o que aconteça na realidade seja uma combinação deles. O que é importante destacar é que a Teoria da Carga Cognitiva é orientada às tarefas de instrução enquanto que aqui a utilizamos para explicar aspectos da instrução e da avaliação. Além disso, a TCC é orientada à cognição enquanto aspectos emocionais e comportamentais acabam sendo desconsiderados, mas que devem ser muito atuantes em um ambiente real, especialmente quando se fala sobre processos de avaliação formal.

Para finalizar, temos a Taxonomia Revisada de Bloom (Krathwohl, 2002; Airasian & Miranda, 2002) que pode explicar que essa maior complexidade, tendo como indício de que os alunos conseguiram executar um processo cognitivo mais complexo. Dentro dessa taxonomia, há 6 grandes grupos de processos cognitivos que se focam em: 1. Lembrar (mais simples); 2. Compreender; 3. Aplicar; 4. Analisar; 5. Avaliar; 6. Criar (mais complexo).

Quando o aluno elabora o MC-PREP com intuito de reproduzir as estruturas presentes nos materiais instrucionais, ele estaria focado no **Lembrar**. Quando ele já utiliza o MC-PREP como material de estudo, o foco seria no **Aplicar** (usar o conhecimento dos materiais em uma nova situação). Já o uso do MC-AVAL superaria os outros dois, pois não é uma questão de apenas Lembrar dos materiais, e é mais além do Aplicar, já que o aluno deve também **Avaliar** o que é mais relevante a ser dito, já que o número de conceitos é mais reduzido. A demanda poderia assim desenvolver os processos cognitivos que o aluno utiliza na elaboração do mapa conceitual.

O que se torna claro é que as demandas influenciam no perfil dos mapas conceituais elaborados. Enquanto houver a predominância do pensamento no ambiente educacional de que a melhor forma de elaboração de mapas conceituais seja em deixar o aluno livre para escrever o que ele queira, estamos limitando em muito as potencialidades desse recurso em promover a aprendizagem dos conteúdos aos nossos estudantes.

4.2 Estudo II Efeito do MC-PREP sobre o MC-AVAL

O objetivo desse estudo é verificar a existência de diferenças estruturais e semânticas entre os mapas conceituais de avaliação (MC-AVAL) considerando a elaboração do mapa conceitual de preparação (MC-PREP). Para isso tivemos dois grupos de interesse: MC-AVAL com elaboração do MC-PREP (n= 49) e MC-AVAL sem elaboração do MC-PREP (n=15). Vale lembrar que o MC-PREP pode ter influenciado no MC-AVAL no momento de estudo já que o MC-PREP estrutura aspectos que podem ser retomados no MC-AVAL. No momento da avaliação aqueles que preparam o MC-PREP podiam utilizá-lo como material de consulta.

Igual ao que foi feito no estudo I, temos as mesmas análises estruturais e semânticas. Além disso, tivemos neste caso a Análise de Aderência a Pergunta Focal (seção 3.3.5) assim como a Análise de Esforço Mental (já que na avaliação pedimos para que eles indicassem esse parâmetro, seção 3.3.6). Por mais que tenha sido feita, a Análise de Agrupamentos não foi mostrada pois os dados obtidos não trazem novas informações para a discussão já que não foram obtidos grupos relevantes.

Os resultados obtidos permitem identificar se o MC-PREP é realmente um facilitador do processo de elaboração do MC-AVAL e se ele permite mostrar complexidades diferentes entre os MC-AVAL elaborado pelos alunos que preparam ou não o MC-PREP. Partiu-se da hipótese de que o MC-PREP seria capaz de gerar melhorar a aprendizagem do conteúdo que transpareceria por MC-AVAL mais complexos.

4.2.1 Análise Estrutural

Primeiramente buscou-se por valores atípicos nos dados como foi feito em todas as análises no Estudo I (Figura 4.14). Considerando os valores presentes na Figura 4.14, decidiu-se retirar apenas o valor do mapa conceitual do aluno 3243.

A análise foi feita em duas partes: uma para os valores absolutos e outra para os valores relativos. Ao contrário do Estudo I, neste caso os valores tanto absolutos como relativos apresentaram resultados de comparação parecidos (teste- t). Isso ocorre, pois o número de conceitos em todos os mapas conceituais analisados foi o mesmo (9 conceitos) e a transformação em valor relativo só coloca os valores entre 0 e 1. Na análise dos valores absolutos (Tabela 4.17), torna-se claro que todos os parâmetros são iguais, pois possuem valores de t que são estatisticamente semelhantes com $p > 0,05$.

Tabela 4.17: Valores Absolutos da Análise Estrutural (média e desvio-padrão) para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-AVAL c/ MC-PREP ($n = 48$) e MC-AVAL s/ MC-PREP ($n = 15$) com seus respectivos valores de t .

	MC-AVAL c/ MC-PREP M (DP)	MC-AVAL s/ MC-PREP M (DP)	t
Conceitos Totais (Ct)	9,00 (0,000)	9,07 (0,258)	-1,000
Proposições (P)	12,27 (2,377)	12,53 (3,114)	-0,300
Conceitos exclusivamente iniciais (SóCi)	1,02 (0,668)	0,80 (0,941)	1,009
Conceitos exclusivamente finais (SóCf)	1,35 (0,887)	1,80 (0,862)	-1,710
Conceitos iniciais e finais (CiCf)	6,63 (1,265)	6,47 (1,727)	0,387
Conceitos iniciais (Ci)	7,65 (0,887)	7,27 (0,961)	1,417
Conceitos iniciais múltiplos (Cim)	3,29 (1,237)	3,60 (1,844)	-0,606
Conceitos finais (Cf)	7,98 (0,668)	8,27 (1,033)	-1,014
Conceitos finais múltiplos (Cfm)	3,13 (1,511)	3,07 (1,710)	0,127

A utilização dos valores relativos (Tabela 4.18) facilita a comparação entre as duas condições, pois os valores estão normalizados. Assim como a comparação dos valores absolutos, todos os parâmetros apresentam valores estatisticamente semelhantes entre as situações de MC-AVAL com e sem MC-PREP, com $p > 0,05$.

(a)

(b)

Figura 4.14 Gráfico do tipo caixa com bigodes com os valores normalizados para cada um dos parâmetros da análise estrutural na condição de MC-AVAL c/ MC-PREP (figura a) e MC-AVAL s/ MC-PREP (figura b).

Tabela 4.18: Valores Relativos da Análise Estrutural (média e desvio-padrão) para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-AVAL com MC-PREP ($n = 48$) e MC-AVAL sem MC-PREP ($n = 15$) com seus respectivos valores de t .

	MC-PREP M (DP)	MC-AVAL M (DP)	t
Densidade proposicional (DP)	1,363 (0,264)	1,379 (0,324)	-0,192
Conceitos exclusivamente iniciais relativo (SóCir)	0,112 (0,073)	0,088 (0,104)	0,845
Conceitos exclusivamente finais relativo (SóCfr)	0,149 (0,098)	0,197 (0,096)	-1,684
Conceitos iniciais e finais relativo (CiCfr)	0,738 (0,141)	0,713 (0,184)	0,542
Conceitos iniciais relativo (Cir)	0,850 (0,098)	0,801 (0,096)	1,684
Conceitos iniciais múltiplos relativo (Cimr)	0,364 (0,139)	0,394 (0,193)	-0,564
Conceitos finais relativo (Cfr)	0,887 (0,074)	0,911 (0,104)	-0,842
Conceitos finais múltiplos relativo (Cfmr)	0,346 (0,170)	0,337 (0,190)	0,174

Essa similaridade entre os valores nas duas condições vai contra a hipótese inicial de que o MC-PREP favorece a formação de um MC-AVAL estruturalmente mais complexo. Entretanto uma análise mais profunda da condição de MC-AVAL nos fez perceber que a estrutura hierárquica fixa na qual os alunos deveriam construir seus mapas conceituais poderia ser muito orientadora do perfil de mapa conceitual obtido. Neste caso haveria mais uma homogeneidade entre os MC-AVAL devido a demanda (especialmente pela estrutura fixa, como mostrado na seção 3.2.2) do que pela influência do MC-PREP. Surge como uma nova hipótese de que mesmo esses mapas conceituais sejam estruturalmente semelhantes, suas diferenças serão observadas apenas em aspectos semânticos.

Vale a pena destacar que a complexidade estrutural dos dois grupos de MC-AVAL é bastante elevada com valores altos de CiCfr, baixos valores SóCir/SóCfr e consideráveis valores para conceitos múltiplos (Cimr e Cfmr). Isso seria um indicativo de que o MC-PREP tem pouca importância no desenvolvimento da técnica de mapeamento conceitual já que os alunos que fazem ou não obtêm escores semelhantes. Porém os escores elevados trazem uma evidência do domínio da produção de mapas conceituais complexos pelos alunos. Se os alunos não tivessem um longo processo de treinamento na técnica, a diferença do aspecto estrutural entre esses dois grupos poderia ser mais notável.

4.2.2 Análise de Integração entre Materiais Instrucionais

Conforme mostrado na seção 3.3.2, foi analisado como os estudantes utilizaram os materiais instrucionais na elaboração das proposições. Nessa condição (MC-AVAL) os alunos não tinham acesso aos materiais instrucionais, mas mesmo assim 63 dos 64 alunos analisados declararam a origem dos conceitos utilizados. O único mapa conceitual que não participou da análise foi o do aluno 3202 (Figura 4.15).

A hipótese de trabalho é que os alunos que utilizaram o MC-PREP tenham mais proposições com conceitos de materiais diferentes do que aqueles que não usaram o MC-PREP. Um maior uso de proposições com conceitos de materiais diferentes seria um indício de maior complexidade do mapa conceitual elaborado. A preparação do MC-PREP permitiria que os alunos possuíssem um maior domínio do material instrucional utilizado e suas formas de interação.

Figura 4.15 Gráfico do tipo caixa com bigodes com os valores normalizados para cada um dos parâmetros da análise de relação de materiais na condição de MC-AVAL com MC-PREP e MC-AVAL sem MC-PREP.

A partir dos dados coletados, eles foram agrupados conforme a condição de elaboração e contabilizados o total de proposições para cada um dos materiais instrucionais (Tabela 4.19).

Tabela 4.19 Valores obtidos a partir da classificação das proposições segundo os materiais de origem/destino. A tabela 4.17a representa os valores obtidos na condição de MC-AVAL com MC-PREP enquanto que a 4.17b representa os valores obtidos em MC-AVAL sem MC-PREP. Os valores da diagonal principal (sublinhados) expressam os valores de proposições com conceitos de mesmo material enquanto que os valores fora da diagonal principal expressam os valores de proposições de conceitos de materiais diferentes.

(a)

MC-PREP (total=578)		Conceito Inicial					
		A	B	C	D	E	F
Conceito Final	A	<u>34</u>	26	21	14	23	18
	B	23	<u>23</u>	20	14	8	12
	C	25	13	<u>24</u>	13	12	10
	D	23	19	16	<u>21</u>	11	14
	E	13	12	17	6	<u>17</u>	8
	F	18	12	10	14	8	<u>15</u>

(b)

MC-AVAL (total=174)		Conceito Inicial					
		A	B	C	D	E	F
Conceito Final	A	<u>8</u>	8	8	8	5	1
	B	12	<u>9</u>	9	5	5	4
	C	7	3	<u>6</u>	3	4	2
	D	1	5	6	<u>4</u>	4	3
	E	7	5	3	5	<u>6</u>	2
	F	1	1	4	5	3	<u>2</u>

De posse dos valores da tabela 4.19 são obtidos os valores de proposições com conceitos de materiais instrucionais iguais (MI) e de materiais instrucionais diferentes (MD). Com esses valores, para cada uma das condições, podemos construir um gráfico que representa o uso dos materiais instrucionais nas condições (Figura 4.16).

Figura 4.16 Gráfico de distribuição do percentual de proposições para cada um dos materiais instrucionais divididos por tipo de proposição na condição MC-AVAL com MC-PREP x MC-AVAL sem MC-PREP. As caixas pretas indicam proposições que possuem conceitos de materiais instrucionais iguais (MI) enquanto que as caixas brancas indicam proposições que possuem conceitos de materiais instrucionais diferentes (MD). As letras no eixo das ordenadas indicam cada um dos códigos utilizados para se referenciar os materiais instrucionais enquanto que no eixo das abcissas temos o percentual de recorrência a cada um desses materiais.

Conforme discutido no Estudo I, pode-se observar que há uma prevalência do uso dos três primeiros materiais instrucionais nos dois grupos de análise. Isso deve ter ocorrido, pois os primeiros materiais são mais simples e servem como conhecimento básico para aprendizagem dos conceitos nos 3 últimos materiais, além de que os alunos tiveram um maior tempo de contato com os primeiros materiais do que com os últimos.

Na condição de MC-AVAL com MC-PREP vê-se especialmente nas proposições com conceitos de materiais instrucionais diferentes (MD, caixas brancas) de que houve uma tendência quase linear na utilização dos materiais instrucionais. Na condição de MC-AVAL sem MC-PREP não podemos ver essa tendência de forma linear, mas com a formação de dois níveis (nos 3 primeiros materiais e depois nos 3 últimos). Essa diferença do uso dos materiais pode ser mais um resultado da diferença do número de casos utilizados, 48 para o primeiro gráfico e apenas 15 para o segundo caso, do que uma diferença real no perfil de uso dos materiais instrucionais.

Na tabela abaixo (Tabela 4.20) são comparados os valores absolutos (média e desvio-padrão) obtidos dos dois grupos de análise. Neste caso as duas demandas tinha um número fixo de conceitos, então não foi visto grande distinção entre a análise dos valores absolutos e relativos (Tabela 4.21).

Tabela 4.20 Valores Absolutos da Análise de Integração entre Materiais Instrucionais (média e desvio-padrão) para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-AVAL com MC-PREP ($n = 48$) e MC-AVAL sem MC-PREP ($n = 15$) com seus respectivos valores de t .

	MC-AVAL com MC-PREP M (DP)	MC-AVAL sem MC-PREP M (DP)	t
Proposições com conceitos de materiais instrucionais iguais (MI)	2,79 (1,368)	2,33 (1,447)	1,118
Proposições com conceitos de materiais instrucionais diferentes (MD)	9,25 (2,662)	9,27 (3,305)	-0,020

Tabela 4.21 Valores Relativos da Análise de Integração entre Materiais Instrucionais (média e desvio-padrão) para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-AVAL com MC-PREP ($n = 48$) e MC-AVAL sem MC-PREP ($n = 15$) com seus respectivos valores de t .

	MC-AVAL com MC-PREP M (DP)	MC-AVAL sem MC-PREP M (DP)	t
Proposições com conceitos de materiais instrucionais iguais relativo (MIr)	0,227 (0,112)	0,192 (0,119)	1,069
Proposições com conceitos de materiais instrucionais diferentes relativo (MDr)	0,739 (0,145)	0,735 (0,159)	0,106

A similaridade dos valores nas duas condições indica que independentemente de fazer ou não o MC-PREP, os alunos acabam integrando conceitos de diferentes materiais da mesma maneira. Como esperado estatisticamente, o valor de proposições com conceitos de materiais diferentes é bem maior do que aquelas com conceitos de materiais iguais.

Quando construímos a hipótese de que os alunos que elaboram o MC-PREP integrariam mais os conceitos, tinha-se a ideia de que o MC-PREP atuaria como um forte recurso para a recuperação e integração de informações destes materiais. Entretanto foi observado que os dois grupos relacionam os materiais de forma parecida, o que seria um indicativo de que a leitura e discussão em sala de aula dos materiais tenha sido mais relevante na definição dos conceitos a serem utilizados.

Por fim foi feito o cálculo da porcentagem total de proposição em cada uma das situações (Tabela 4.22). Obteve-se que em ambas as situações há uma prevalência das proposições com conceitos de materiais instrucionais diferentes e não há diferença estatística entre perfil de proposição feita em cada um dos grupos.

Tabela 4.22 Contagem da ocorrência das proposições de conceitos de materiais iguais e de materiais diferentes conforme a condição de elaboração dos MCs (MC-AVAL com MC-PREP x MC-AVAL sem MC-PREP). O valor total (752) não é igual ao valor total de proposições (790), pois a indicação do material de origem dos conceitos não era compulsória.

TOTAL 2321	Materiais Iguais Absoluto (Percentual)	Materiais Diferentes Absoluto (Percentual)	Total
MC-AVAL com MC-PREP	134 (23,2%)	444 (76,8%)	578 (100%)
MC-AVAL sem MC-PREP	35 (20,1%)	139 (79,9%)	174 (100%)

4.2.3 Análise de Correção Conceitual

Utilizando a Análise de Correção Conceitual expandida (seção 3.3.3), fez-se a análise das proposições dos dois grupos de alunos de interesse. Lembrando que as proposições podiam ser classificadas como Limitadas (L1 a L5), em Dúvida, Inapropriadas e Apropriadas. Com os valores obtidos dessa análise, foi feita um gráfico tipo caixa com bigodes para observar a ocorrência de valores atípicos (Figura 4.17). Decidiu-se retirar os mapas conceituais 2301A e 2318B para não adicionar tendências nos dados.

A seguir temos os valores médios absolutos das proposições segundo suas classificações (Tabela 4.23). Conforme mostrado nas seções anteriores desse estudo, pode-se observar uma semelhança entre os dois grupos, já que não se obtêm nenhum valor de t que indique uma diferença estatisticamente notável.

Tabela 4.23 Valores Absolutos da Análise de Correção Conceitual (média e desvio-padrão) para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-AVAL com MC-PREP ($n = 48$) e MC-AVAL sem MC-PREP ($n = 14$) com seus respectivos valores de t .

	MC-AVAL com MC-PREP M (DP)	MC-AVAL sem MC-PREP M (DP)	t
Proposições Limitadas Tipo 1 (L1)	0,22 (0,545)	0,15 (0,363)	0,489
Proposições Limitadas Tipo 2 (L2)	0,16 (0,557)	0,60 (1,130)	-1,443
Proposições Limitadas Tipo 3 (L3)	0,46 (1,237)	0,42 (0,693)	-0,17
Proposições Limitadas Tipo 4 (L4)	0,12 (0,330)	0,50 (0,855)	-1,651
Proposições Limitadas Tipo 5 (L5)	0,02 (0,145)	0,00 (0,000)	0,537
Proposições em Dúvida (DUV)	0,85 (1,068)	1,22 (0,873)	-0,849
Proposições Inapropriadas (INA)	0,72 (0,729)	0,93 (0,584)	-0,987
Proposições Apropriadas (APR)	9,83 (3,306)	8,93 (3,240)	0,894

Por mais que os valores absolutos sejam semelhantes entre os dois grupos, é mais robusto utilizar os valores relativos, pois padroniza todos os dados (Tabela 4.24). Mesmo com a utilização dos valores relativos, pode-se observar que os dois grupos mantêm-se estatisticamente semelhantes para todos os parâmetros analisados.

Tabela 4.24 Valores Relativos da Análise de Correção Conceitual (média e desvio-padrão) para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-AVAL com MC-PREP ($n = 48$) e MC-AVAL sem MC-PREP ($n = 14$) com seus respectivos valores de t .

	MC-AVAL com MC-PREP M (DP)	MC-AVAL sem MC-PREP M (DP)	t
Proposições Limitadas Tipo 1 relativo (L1r)	0,02 (0,057)	0,02 (0,038)	0,353
Proposições Limitadas Tipo 2 relativo (L2r)	0,01 (0,045)	0,05 (0,108)	-1,290
Proposições Limitadas Tipo 3 relativo (L3r)	0,04 (0,110)	0,04 (0,061)	0,052
Proposições Limitadas Tipo 4 relativo (L4r)	0,01 (0,026)	0,04 (0,061)	-1,861
Proposições Limitadas Tipo 5 relativo (L5r)	0,00 (0,010)	0,00 (0,000)	0,537
Proposições em Dúvida relativo (DUVr)	0,08 (0,078)	0,09 (0,058)	-0,550
Proposições Inapropriadas relativo (INAr)	0,06 (0,063)	0,08 (0,056)	-0,816
Proposições Apropriadas relativo (APRr)	0,78 (0,181)	0,69 (0,179)	1,616

Com essa análise pode-se perceber que não há grande diferença entre os perfis de mapas conceituais elaborados pelos estudantes entre aqueles que elaboraram o MC-PREP e os que não elaboraram. Primeiramente não houve diferença entre as categorias de Proposições Limitadas (L1r: $t(60) = 0,353$, $p = 0,725$; L2r: $t(60) = -1,290$, $p = 0,218$; L3r: $t(60) = 0,052$, $p = 0,958$; L4r: $t(60) = -1,861$, $p = 0,083$; L5r: $t(60) = 0,537$, $p = 0,593$). As semelhanças nas categorias limitadas são um forte indício de que os dois grupos de mapeadores são igualmente aptos na técnica de mapeamento conceitual. Esse valor era de certo modo esperado, pois a elaboração de um mapa conceitual a mais (o MC-PREP) não seria muito relevante considerando o grande período de treinamento que os alunos tiveram na técnica.

A hipótese inicial era que haveria diferença do número de proposições em Dúvida, Inapropriadas e Apropriadas, mas que acabou não sendo confirmada (DUVr: $t(60) = -0,550$, $t = 0,585$; INAr: $t(60) = -0,816$, $p = 0,418$; APRr: $t(60) = 1,616$, $p = 0,111$). Esperava-se que os alunos que elaborassem o MC-PREP possuísem uma maior média de proposições apropriadas na prova.

Reverendo a hipótese inicial pode-se notar que nem sempre pode-se dizer que uma proposições apropriada é complexa ou chega a ser relevante. Uma constatação simples do tipo “EUA –investe em → Tecnologia” não pode ser considerada errada, mas em geral, também não pode ser considerada relevante. Houve esse efeito em que a grande maioria das proposições foi apropriada, mas faltou também um fator avaliativo da complexidade e da relevância dessas proposições, por isso que foram feitos as Análises de Natureza das Proposições (seção 4.2.4) e Análise de Aderência à Pergunta Focal (seção 4.2.5).

Também foi feito o cálculo da porcentagem total de proposição em cada uma das categorias para o total de proposições (Tabela 4.25). Pode-se observar que em ambos os grupos há um predomínio das proposições apropriadas, o que era esperado por se tratar de uma situação avaliativa em que os alunos sabem que cada proposição incorreta corresponde a uma menor nota. As proposições limitadas correspondem a menos de 15% do número total de proposições, o que é um indicativo de que os alunos estejam altamente treinados na técnica de mapeamento conceitual.

Tabela 4.25 Contagem da ocorrência de cada um das proposições segundo sua categoria na Análise de Correção Conceitual conforme a condição de elaboração dos MCs. O valor total (1540) corresponde ao dobro das proposições elaboradas, já que foram analisadas por dois analisadores independentes.

TOTAL	MC-AVAL com MC-PREP	MC-AVAL sem MC-PREP
Proposições Limitadas Tipo 1 (L1)	19 (1,6%)	4 (1,1%)
Proposições Limitadas Tipo 2 (L2)	15 (1,3%)	17 (4,7%)
Proposições Limitadas Tipo 3 (L3)	43 (3,6%)	13 (3,6%)
Proposições Limitadas Tipo 4 (L4)	11 (0,9%)	14 (3,9%)
Proposições Limitadas Tipo 5 (L5)	2 (0,2%)	0 (0,0%)
Proposições em Dúvida (DUV)	89 (7,5%)	34 (9,5%)
Proposições Inapropriadas (INA)	69 (5,8%)	26 (7,3%)
Proposições Apropriadas (APR)	934 (79,1%)	250 (69,9%)
Total	1182 (100%)	358 (100%)

4.2.4 Análise da Natureza das Proposições

Nas seções anteriores desse estudo, vimos que há uma tendência de semelhança entre os perfis de MC-AVAL independentemente da elaboração do MC-PREP ou não. Nesta seção consideraremos fatores semânticos relacionados a natureza das proposições para verificar se temos um perfil de MC-AVAL com MC-PREP mais complexo.

Primeiramente foi elaborado um gráfico do tipo caixa com bigodes para visualizar a existência de valores atípicos que pudessem inserir uma tendência nos dados. (Figura 4.18). Retirou-se o mapa conceitual dos alunos 2301, 2309 e 2312, pois se acredita que eles possam adicionar um desvio da média nessa condição.

Figura 4.18 Gráfico do tipo caixa com bigodes com os valores normalizados para cada uma das categorias da análise da natureza das proposições na condição de MC-AVAL com MC-PREP e MC-AVAL sem MC-PREP.

Construiu-se uma tabela com os valores absolutos das proposições segundo suas classificações (Tabela 4.26). Pode-se observar que os valores absolutos são estatisticamente semelhantes para as categorias de proposições Estáticas e Dinâmicas (EST: $t(59) = 0,359$, $p = 0,721$; DIN: $t(59) = 1,066$, $p = 0,291$), porém diferem na categoria de Outra natureza (OUT: $t(59) = -2,307$, $p = 0,034$).

Tabela 4.26 Valores Absolutos da Análise da Natureza das Proposições (média e desvio-padrão) para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-AVAL com MC-PREP ($n = 46$) e MC-AVAL sem MC-PREP ($n = 15$) com seus respectivos valores de t .

	MC-AVAL com MC-PREP M (DP)	MC-AVAL sem MC-PREP M (DP)	t
Proposições Estáticas (E)	1,58 (1,342)	1,44 (1,321)	0,359
Proposições Dinâmicas (D)	10,39 (2,807)	9,47 (3,249)	1,066
Proposições de Outra Natureza (O)	0,54 (0,945)	1,64 (1,768)	-2,307

*Valores diferem para $p < 0,05$.

Realizamos a comparação com os valores relativos para verificar se a semelhança e diferenças ainda persistem (Tabela 4.27). A análise desses valores reforça a semelhança entre as categorias Estáticas e Dinâmicas (ESTr: $t(59) = 0,740$, $p = 0,462$; DINr: $t(59) = 1,923$, $p = 0,059$) e a diferença na categoria de Outra Natureza (OUTr: $t(59) = -2,223$, $p = 0,041$;). Esse seria um indicativo de que haveria uma diferença de proficiência entre os mapeadores dos dois grupos.

Tabela 4.27 Valores Relativos da Análise da Natureza das Proposições (média e desvio-padrão) para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-AVAL com MC-PREP ($n = 46$) e MC-AVAL sem MC-PREP ($n = 15$) com seus respectivos valores de t .

	MC-PREP M (DP)	MC-AVAL M (DP)	t
Proposições Estáticas relativo (Er)	0,127 (0,102)	0,105 (0,079)	0,740
Proposições Dinâmicas relativo (Dr)	0,831 (0,132)	0,748 (0,175)	1,923
Proposições de Outra Natureza relativo (Or)	0,042 (0,076)	0,146 (0,175)	-2,223*

*Valores diferem para $p < 0,05$.

Ao final do Estudo I, havia-se concluído que não havia diferença do grau de proficiência na técnica de mapeamento conceitual entre os alunos nas condições MC-PREP e MC-AVAL. Entretanto aqui encontramos que o MC-PREP influenciaria exatamente neste aspecto citado, o que induz que as duas conclusões sejam contraditórias. Devemos lembrar que a condição de MC-PREP é mais heterogênea e a de MC-AVAL é mais homogênea. A comparação do Estudo I é feita entre dois grupos grandes em que casos mais anômalos (menor proficiência) acabam se diluindo dentro de todos os casos. A comparação do Estudo II já é feita entre dois grupos menores e em uma condição bem mais homogênea dos casos, aqui a anomalia seria mais marcante indicando a diferença. O que é a grande indicação do Estudo II é que os casos anômalos se concentram mais nos alunos que não estudaram usando o MC-PREP, fortalecendo o argumento de que esse instrumento auxilia no treinamento da técnica. Inicialmente esse efeito não era tão esperado já que o longo período de treinamento, mais a realização de uma prova anterior com o uso de mapas conceituais fosse o suficiente para tornar os alunos proficientes na técnica. O que se configura é que uma minoria ainda se encontrava com problemas de treinamento e que a elaboração do MC-PREP ajudou-lhes a superar suas deficiências.

Foi feito também o cálculo da porcentagem das categorias de proposição em relação ao total de proposições (Tabela 4.28). Nas duas situações há uma maioria de proposições dinâmicas, mas como mostrado pelo teste-*t*, apresentam diferenças estatisticamente significativas na condição de proposições de Outra Natureza.

Tabela 4.28 Contagem da ocorrência de cada um das proposições segundo sua natureza conforme a condição de elaboração dos MCs (MC-AVAL com MC-PREP x MC-AVAL sem MC-PREP). O valor total (4718) corresponde ao dobro das proposições elaboradas, já que foram analisadas por dois analisadores independentes.

TOTAL	MC-AVAL com MC-PREP Absoluto (Percentual)	MC-AVAL sem MC-PREP Absoluto (Percentual)
Proposições Estáticas	145 (12,8%)	43 (11,4%)
Proposições Dinâmicas	946 (83,2%)	284 (75,6%)
Proposições de Outra Natureza	45 (4,0%)	49 (13,0%)
Total	1136 (100%)	376 (79,6%)

4.2.5 Análise de Aderência à Pergunta Focal

Essa análise foi feita exclusivamente para os mapas conceituais elaborados na condição de MC-AVAL, por isso ela só foi feita nesse Estudo II. A condição de MC-AVAL possuía uma pergunta focal estabelecida *a priori*, o que permitiu uma comparação entre todos os mapas conceituais. Como ferramenta avaliativa o MC-AVAL deve atender a um objetivo que é estabelecido por meio da pergunta focal.

Esta análise foi feita por dois analisadores independentes e por um terceiro analisador que decidiu os casos de conflito entre os dois primeiros analisadores. O resultado dessa análise é a atribuição ao mapa conceitual se ele responde ou não a pergunta focal estabelecida *a priori*.

A hipótese inicial estabelece que os mapas conceituais do grupo de alunos que havia estudado com a elaboração de um mapa conceitual (MC-AVAL com MC-

PREP) teria um maior foco na pergunta e seria menos propenso a fugir do objetivo ao qual o mapa conceitual havia sido elaborado.

A tabela 4.29 mostra os resultados da Análise da Aderência à Pergunta Focal. Como o resultado obtido é de natureza qualitativa (sim/não) foi feito um teste de χ^2 (chi-quadrado). Obtivemos que $\chi^2(62) = 0,188$, $p = 0,665$ que indica que os dois grupos são semelhantes entre si. Ao contrário do que havia sido levantado pela hipótese inicial, a elaboração do MC-PREP não altera a aderência à Pergunta Focal dos estudantes durante o MC-AVAL.

Tabela 4.29 Valores da Análise de Aderência à Pergunta Focal para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-AVAL com MC-PREP ($n = 49$) e MC-AVAL sem MC-PREP ($n = 15$).

	MC-AVAL com MC-PREP	MC-AVAL sem MC-PREP
Responde a pergunta focal	26	7
Não responde a pergunta focal	23	8
Total	49	49

4.2.6 Análise de Esforço Mental

Como discutido na seção 3.3.6, essa análise de caráter subjetivo tem o intuito de medir a carga cognitiva gerada por uma tarefa. Ao final da realização do MC-AVAL foi pedido que os alunos atribuíssem um valor de 1 a 9 de quanto eles haviam se esforçado para poderem desenvolver aquela tarefa.

A hipótese inicial era de que os alunos que tivessem preparado o MC-PREP sofreriam um menor aumento das cargas cognitivas, o que refletiria em valores menores de esforço mental.

Primeiramente foi elaborado um gráfico tipo caixa com bigodes entre as duas condições para identificar possíveis valores atípicos que pudessem introduzir tendência inexistente no grupo (Figura 4.19). Foi retirado o valor do mapa conceitual

3231B, pois ele se encontrava extremamente distante da média obtida para o segundo grupo.

Figura 4.19 Gráfico do tipo caixa com bigodes com os valores normalizados para o parâmetro Esforço Mental da Análise de Esforço Mental na condição de MC-AVAL com MC-PREP e MC-AVAL sem MC-PREP. Todos os valores foram normalizados (valores delimitados de 0 a 1) para que fosse possível uma melhor comparação entre eles.

A partir dos valores médios e de desvio-padrão obtidos de cada um dos grupos foi feito o teste-*t* para comparar os dois grupos (Tabela 4.30). Pode-se observar que os dois grupos são estatisticamente semelhante (Esforço Mental: $t(61) = -1,381$, $p = 0,172$). Ao contrário do que havia sido posto pela hipótese inicial, a realização do MC-PREP antes da prova não altera a carga cognitiva gerada durante a elaboração do MC-AVAL. Entretanto, vale destacar que ambos os grupos obtiveram valores muito elevados de esforço mental em que ambos consideraram difícil a elaboração do mapa conceitual.

Tabela 4.30 Valores da Análise de Esforço Mental (média e desvio-padrão) para mapas conceituais obtidos nas condições de MC-AVAL com MC-PREP ($n = 49$) e MC-AVAL sem MC-PREP ($n = 14$) com seus respectivos valores de *t*.

	MC-AVAL com MC-PREP M (DP)	MC-AVAL sem MC-PREP M (DP)	<i>t</i>
Esforço Mental	6,760 (1,164)	7,210 (0,802)	-1,381

4.2.7 Considerações sobre as análises do Estudo II

Ao contrário do que tinha sido obtido no Estudo I, nesse Estudo II praticamente todos os parâmetros analisados indicaram semelhança nos perfis de mapas conceituais das duas condições. Apenas o parâmetro proposições de Outra Natureza relativo (OUTr) diferiu de um grupo para outro. Como concluído no Estudo I, era esperado que o grupo apresentasse grande homogeneidade, pois a demanda (neste caso MC-AVAL) seria orientadora do perfil de mapa conceitual obtido. Pela hipótese inicial, acreditava-se que o MC-PREP provocaria uma mudança dos perfis obtidos, favorecendo a elaboração de mapas conceituais mais complexos daqueles que tivessem utilizado o mapa conceitual como material de estudo. Devido a grande semelhança dos dois grupos, é mais coerente concluir que o MC-PREP não influencia tanto no perfil de MC-AVAL obtido, exceto na proeficiência de alguns alunos.

Utilizando a teoria da carga cognitiva, tínhamos na hipótese inicial que a elaboração do MC-PREP ajudaria os alunos a diminuir a carga intrínseca (já que estudariam o conteúdo) como também a diminuir a carga extrínseca (pois faziam o mapa conceitual). Na maioria dos mapas conceituais não se pode identificar diferença de proficiências (L1r a L5r e/ou OUTr diferentes) como também não se pode identificar uma maior carga cognitiva em algum dos grupos (maior esforço mental). Para explicar esse comportamento surgiram como hipóteses:

1. A demanda do MC-AVAL aumenta em muito o nível de interatividade dos elementos. Por mais que os alunos elaborem bons MC-PREP eles o acabam fazendo de uma forma simplificada que não se assemelha em nível com a prova. A diferença entre a interatividade dos elementos nas duas condições é tão grande que a elaboração prévia ou não do MC-PREP não influencia muito nesse ganho de carga intrínseca. Uma evidência para tal resultado pode ser encontrado ainda no Estudo I, em que dos dois grupos de mapas conceituais na condição de MC-AVAL, um tinha uma maior densidade proposicional enquanto o outro tinha uma maior dinamicidade das proposições;

2. Os alunos usam outras formas de preparação para a avaliação que não foram o mapa conceitual. 15 alunos não elaboraram MC-PREP e não se sabe o motivo por eles não o terem feito. Há a possibilidade deles terem utilizados outras formas de estudo. O trabalho de Blunt e Karpicke (2014) já havia apontado que alunos que estudavam usando texto apresentavam desempenho próximo aos alunos que utilizavam mapas conceituais, especialmente para testes de conhecimento próximo. Por mais que os dois grupos tenham utilizados diferentes formas de estudo, a organização do conteúdo teria reduzido igualmente a carga intrínseca deles. A carga extrínseca dos dois grupos também seria semelhante, pois a elaboração de um mapa conceitual a mais não alteraria o grau de proficiência deles depois de um longo período de treinamento.
3. Os alunos de alto conhecimento prévio se concentram na condição de MC-AVAL sem MC-PREP. Uma hipótese a ser investigada no Estudo III seria que os alunos que mais soubessem do conteúdo (baixa carga intrínseca) decidiram não fazer o MC-PREP. Essa não realização do MC-PREP fez com que sua carga extrínseca fosse mais alta no MC-AVAL. Por outro lado teríamos que os alunos de baixo conhecimento (alta carga intrínseca) teriam feito o MC-PREP o que ajudou a diminuir a carga extrínseca (com a melhoria no mapeamento conceitual).

4.3 Estudo III Relação entre o MC-AVAL e aprendizagem sobre as mudanças climáticas.

A hipótese lançada para esse estudo é que os alunos que apresentassem um maior domínio conceitual do conteúdo acabariam elaborando melhores mapas conceituais do que aqueles que não soubessem. Nesse estudo, temos como interesse comparar grupos de estudantes em função de seus desempenhos a partir do Questionário de Conhecimento Declarativo (QPOS) em que teremos alunos de alto conhecimento e de baixo conhecimento. De posse desses dois grupos o intuito é encontrar quais parâmetros analisados nos mapas conceituais estão correlacionados com o grau de conhecimento declarativo.

Para esse estudo, foram considerados apenas os mapas conceituais elaborados na condição de MC-AVAL (n=49). Os questionários foram analisados pela Análise dos Questionários (seção 4.3.1), foi feita a Análise de Agrupamentos para os grupos criados nessa condição (seção 4.3.2) e foi feita uma Análise de Correlação entre o QPOS e as variáveis de Análise dos Mapas Conceituais (seção 4.3.3).

4.3.1 Análise dos Questionários

Essa análise consiste em pontuar os questionários de cada um dos alunos conforme o grau de concordância/discordância frente às sentenças apresentadas (seção 3.3.8). Foi feito um diagrama do tipo caixa com bigodes para visualizar a existência de valores atípicos (Figura 4.20). O questionário do aluno 2309 foi considerado um caso atípico, pois foi o único que não respondeu o questionário.

A partir do valor médio obtido para o questionário (média(63) = 7,614), os alunos que obtiveram valor maior que a média foram considerados com alto conhecimento declarativo ($n = 31$) e os que tiveram valor menor do que a média foram considerados com baixo conhecimento declarativo ($n = 32$).

Figura 4.20 Gráfico do tipo caixa com bigodes com os valores normalizados para os valores obtidos em QPOS. O 2309A foi considerado um caso atípico, pois foi o único aluno que não respondeu o questionário.

4.3.2 Análise de Agrupamentos

Nessa segunda análise do Estudo III, foi verificado se os dois grupos de análises propostos (alto/baixo conhecimento declarativo) coincidiriam com algum outro agrupamento criado. Uma tentativa de agrupar os alunos seria pelo uso de variáveis qualitativas. Com isso podemos avaliar se há uma relação entre o grau de conhecimento declarativo e a aderência à pergunta focal (Tabela 4.31) ou a relação entre o grau de conhecimento declarativo e a elaboração ou não do MC-PREP (Tabela 4.32).

Tabela 4.31 Valores da Análise de Aderência à Pergunta Focal ordenados nas condições de Alto Conhecimento ($n = 31$) e de Baixo Conhecimento ($n = 32$).

	Responde a pergunta focal	Não responde a pergunta focal	Total
Alto Conhecimento	13	18	31
Baixo Conhecimento	20	12	32

Pelos valores obtidos na Tabela 4.31 foi feito o teste de χ^2 (chi-quadrado) devido a sua natureza qualitativa. Com um valor de $\chi^2(61) = 1,91$, $p = 0,167$, pode-se concluir que os dois grupos são semelhantes entre si, ou seja, não é possível associar o grau de conhecimento com a capacidade de responder ou não a pergunta focal.

Tabela 4.32 Valores da Distribuição de Uso dos MC-PREP ordenados nas condições de Alto Conhecimento ($n = 32$) e de Baixo Conhecimento ($n = 31$).

	MC-AVAL com MC-PREP	MC-AVAL sem MC-PREP	Total
Alto Conhecimento	25	6	31
Baixo Conhecimento	23	9	32

Já com os valores da Tabela 4.32 tem-se o valor de $\chi^2(61) = 0,27$, $p = 0,602$. Assim como no caso anterior pode-se concluir que os dois grupos são semelhantes e que não há relação entre grau de conhecimento com o uso ou não do MC-PREP.

4.3.3 Análise de Correlação

Essa última análise consiste em verificar se a variância sofrida por duas variáveis diferentes estão relacionadas entre si. A ideia é que quanto maior o grau de concordância entre as variâncias, mais provável seja de que uma variável influencie na outra. Foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson dos 22 parâmetros obtidos no Estudo II comparados ao valor obtido no QPOS. (Tabela 4.33).

Tabela 4.33 Valores de correlação de Pearson dos 22 parâmetros obtidos no Estudo II contra o valor do QPOS. Só foram consideradas correlações relevantes aquelas que apresentaram Correlação de Pearson $> 0,300$.

Parâmetro	Correlação de Pearson	Significância	Parâmetro	Correlação de Pearson	Significância
DP	-0,005	0,971	L2r	-0,249	0,069
SóCir	0,062	0,658	L3r	-0,089	0,524
SóCfr	0,250	0,069	L4r	-0,037	0,788
CiCfr	-0,193	0,163	L5r	0,000	1,000
Cir	-0,251	0,067	DUVr	-0,180	0,194
Cimr	0,097	0,484	INAr	<u>-0,322</u>	0,017
Cfr	-0,063	0,652	APRr	<u>0,347</u>	0,010
Cfmr	-0,032	0,816	ESTr	-0,007	0,962
Mlr	-0,222	0,107	DINr	0,165	0,234
MDr	0,167	0,227	OUTr	-0,248	0,071
L1r	0,064	0,645	Mental	-0,004	0,976

Pode-se perceber que apenas dois parâmetros guardam uma relação de correlação com o QPOS relevante. O primeiro seria o caso das proposições Inapropriadas (Pearson = -0,322, $p = 0,017$) e o valor negativo da correlação indica que quanto maior o conhecimento declarativo menor seria a quantidade de proposições inapropriadas no MC-AVAL. O outro parâmetro relevante é o número de proposições apropriadas (Pearson = 0,347, $p = 0,010$). Quanto maior o conhecimento do aluno, maior a quantidade de proposições apropriadas. Pode-se visualizar a regressão linear desses dois parâmetros (Figura 4.21).

Por mais que não tenham sido considerados relevantes, podemos tirar algumas outras conclusões dos parâmetros estudados. Ao contrário do que havia sido levando por hipótese, a densidade proposicional parece não guardar relação com o QPOS (Pearson = -0,005, $p = 0,971$). Fazer mais proposições não parece ser um indicativo de um maior conhecimento sobre o assunto. Outro parâmetro que parece não guardar relação com o QPOS é o esforço mental (Pearson = -0,004, $p = 0,976$). É importante destacar essa conclusão, pois independentemente do grau conhecimento do conteúdo, os alunos indicam a elaboração do MC-AVAL como uma atividade que requer um grande esforço mental.

(A)

(B)

Figura 4.21 Gráficos de relação de diferentes parâmetros com o QPOS e sua regressão linear. Na figura A temos o parâmetro proposições inapropriadas relativo (INAr) enquanto que na figura B temos o parâmetro proposições apropriadas relativo (APRr).

Outra característica destacável é o sinal da Correlação de Pearson. Para os parâmetros MDr e DINr tivemos sinais positivos o que mostra uma correlação positiva entre uso de diferentes materiais e proposições dinâmicas com o

conhecimento declarativo. Por outro lado temos as correlações negativas para MIr, OUTr, DUVr e CiCfr. Já era esperado que os alunos que se restringissem a menos materiais instrucionais, que fizessem menos proposições claras (seja semanticamente, OUTr, ou conceitualmente, DUVr) tivessem um menor conhecimento.

A surpresa foi ver que a maior quantidade de conceitos iniciais e finais no MC-AVAL estaria relacionado com um menor conhecimento declarativo. Por mais que não seja estatisticamente relevante concluir, mas esse estudo parece apontar que a complexidade de fatores estruturais não estão relacionados positivamente com o conhecimento do aluno sobre conteúdo.

4.3.4 Considerações sobre as análises do Estudo III

Podemos resumir as análises feitas nos mapas conceituais em 3 níveis: ao nível de conceitos (Análise Estrutural), ao nível de proposições (Análise de Uso dos Materiais Instrucionais, Análise de Correção Conceitual e Análise da Natureza das Proposições) e ao nível de mapa conceitual como um todo (Análise de Aderência à Pergunta Focal e Análise de Esforço Mental). O que se pode notar é que nem a estrutura, nem o mapa conceitual como o todo parecem ser bons indicativos do grau de conhecimento do aluno. Os principais fatores que pareceram ter correlação com o conhecimento do aluno estavam a nível semântico. Pode-se destacar que avaliar apenas a estrutura do mapa conceitual ou ele como um todo não parece ser uma boa forma de avaliação. Ler cada uma das suas proposições constituintes permite uma melhor identificação do aprendizado do aluno.

Vale lançar para reflexão de que MC-AVAL era uma demanda bastante restritiva. A limitação da identificação do grau de conhecimento pela estrutura do mapa conceitual pode ter acontecido por essa demanda restritiva que forçava os alunos a elaborarem os mapas conceituais mais próximos a uma estrutura do tipo

rede. Além disso, deve-se lembrar de que grande parte desses alunos já era proficiente na técnica de mapeamento conceitual, ou seja, o parâmetro estrutural pode acabar sendo importante para identificar o grau de proficiência do mapeador.

CONCLUSÃO

Ao final deste trabalho podemos fazer algumas considerações sobre o uso dos mapas conceituais como uma ferramenta avaliativa na disciplina de Ciências da Natureza: Ciência, Cultura e Sociedade. Destaca-se aqui que os alunos dessa disciplina passam por um período de treinamento de várias semanas, o que os tornaram proficientes na técnica de mapeamento conceitual. As conclusões feitas aqui consideraram essa condição em que há uma relação do que está sendo representado por meio de mapas conceituais com o modelo mental que o aluno possui sobre o assunto.

A primeira conclusão que pode ser feita é que a demanda é realmente orientadora do perfil de mapas conceituais obtidos. Pela manipulação de alguns elementos como número de conceitos máximos, presença de conceito obrigatório e pergunta focal estabelecida a priori foi possível modificar o perfil de mapas conceituais obtidos considerando aspectos estruturais e semânticos.

O respeito às condições postas pela demanda deve ser o primeiro parâmetro para considerar um mapa conceitual como correto ou não. Ainda nessa discussão sobre a avaliação de mapas conceituais em diferentes demandas, deve-se lembrar do importante papel em se padronizar o tipo de correção feita, relacionando o mapa conceitual ao seu tamanho / número de proposições feitas, pois permite uma forma geral de avaliá-los.

Além do papel avaliativo, a demanda pode funcionar como estímulo para o desenvolvimento da aprendizagem do aluno. Como posto no final do Estudo I, a presença dos elementos no MC-AVAL permitiram que os alunos alcançassem processos cognitivos mais complexos na elaboração de seus mapas conceituais.

A partir do Estudo II pode-se inferir que, ao contrário do que foi posto na hipótese inicial, o MC-PREP parece não influenciar na elaboração do MC-AVAL. Não se pode visualizar uma distinção das características dos mapas conceituais daqueles que elaboraram o MC-PREP dos que não elaboraram, exceto em questões de proficiência para um grupo de alunos.

A ideia central da hipótese inicial seria de que os alunos quando fazem o MC-PREP estariam organizando o conhecimento do conteúdo além de desenvolverem suas capacidades na técnica do mapeamento conceitual. Talvez não houve diferença dos dois grupos, pois mesmo o grupo que não tenha feito o MC-PREP pode ter utilizado outros recursos para o estudo do conteúdo (como a leitura dos textos e elaboração de resumos). Entretanto, ficou claro que em ambos os casos o produto obtido apresentava alta complexidade e uma alta dificuldade (alto valor de esforço mental), independentemente da maneira de preparação escolhida.

Além disso, parece que não houve diferença no grau de proficiência entre os dois grupos, pois o treinamento no início da disciplina parece ter sido o suficiente e a elaboração do MC-PREP não alteraria muito esse nível de proficiência. Porém, o que se pode perceber é que houve um pequeno grupo de alunos que elaboraram MC-PREP apresentaram um grau de proficiência um pouco mais elevado (menos proposições limitadas). Neste caso já estamos discutindo melhorias na elaboração de mapas conceituais que superam a dicotomia proficiente x não-proficiente. Como discutido por Cañas, Novak e Reiska (2014) muitos trabalhos da comunidade de mapeamento conceitual se limitam a discutir a proficiência ou não dos mapeadores sem se discutir a necessidade de desenvolver a excelência no mapeamento conceitual.

A partir de todas as análises feitas nos mapas conceituais surgiu a dúvida de qual parâmetro seria o melhor critério de avaliação. Tomando por base a pontuação obtida no questionário de conhecimento declarativo, foi observado que os parâmetros semânticos dos mapas conceituais são os melhores critérios de avaliação. Em especial, observou-se que a classificação em apropriada/inapropriada guarda a melhor correlação com o conhecimento declarativo.

A partir dos estudos individuais vê-se que a utilização dos mapas conceituais como instrumentos de avaliação deve atentar para: i. as demandas dos mapas conceituais devem ser muito bem planejadas pois elas interferem nos processos cognitivos utilizados; ii. a leitura das proposições individuais dentro de um mapa conceitual é o critério mais importante na identificação do grau de conhecimento do aluno.

REFERÊNCIAS⁸

- Aguiar, J.G., & Correia, P.R.M. (2013). Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 13, 141–157
- Airasian, P.W., & Miranda, H. (2002) The Role of Assessment in the Revised Taxonomy. *Theory into Practice*, 41(4), 249-254.
- Blunt, J.R., & Karpicke, J.D. (2014) Learning with retrieval-based Concept Mapping. *Journal of Educational Psychology*, 106(3), 849-858.
- Cañas, A.J., Novak, J.D., & Reiska, P. (2012). Freedom vs restriction of content and structure during concept mapping: possibilities and limitations for construction and assessment. *In Proceedings of the Fifth International Conference on Concept Mapping* (pp. 192-202). Valletta: University of Malta.
- Cañas, A.J., Novak, J.D., & Reiska, P. (2014) How good is my concept map? Am I a good cmapper? *In Proceedings of the Sixth International Conference on Concept Mapping* (pp. 268-276). Santos: University of São Paulo.
- Cicuto, C.A.T., & Correia, P.R.M. (2013) Estruturas Hierárquicas Inapropriadas ou Limitadas em mapas conceituais: um ponto de partida pra promover a aprendizagem significativa. *Aprendizagem Significativa em Revista*, 3(1), 1-11.
- Cicuto, C.A.T., Mendes, B.C., & Correia, P.R.M. (2013) Nova abordagem para verificar como os alunos articulam diferentes materiais instrucionais utilizando mapas conceituais. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35, 3402/1-3402/8.
- Correia, P.R.M. & Cicuto, C.A.T. (2014) Neighbourhood Analysis to Foster Meaningful Learning Using Concept Mapping in Science Education. *Science Education International*, 24(3), 259-282.
- Correia, P.R.M. & Ferreira, M.M. (2007) Reconhecimento de padrões por métodos não supervisionados: explorando procedimentos quimiométricos para tratamento de dados analíticos. *Química Nova*, 30(2), 481-487.

⁸ De acordo com o estilo APA – American Psychological Association

- 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, 678–685.
- Davies, M. (2011). Concept mapping, mind mapping and argument mapping: what are the differences and do they matter? *Higher Education*, 62, 279-301.
- Derbentseva, N., Safayeni, F., & Canas, A. J. (2007). Concept maps: experiments on dynamic thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 448–465.
- Field, A. (2009) *Descobrimos estatística usando SPSS* (2. ed. - L. Viali, trad). Porto Alegre: Artmed.
- Florida Institute for Human and Machine Cognition (2014). Recuperado em 10 de julho de 2015, de <http://cmc.ihmc.us/>
- Hay, D.B., Kinchin, I.M., & Lygo-Baker, S. (2008). Making learning visible: the role of concept mapping in higher education. *Studies in Higher Education*, 33, 295–311.
- 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, 43-57.
- Kinchin, I.M., Lygo-Baker, S., & Hay, D.B. (2008). Universities as centers of non-learning. *Studies in Higher Education*, 33, 89–103.
- Krathwohl, D.R. (2002) A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into Practice*, 41(4), 212-218.
- Meyer, J, & Land, R. (2003). *Threshold Concepts and Troublesome Knowledge: Linkages to Ways of Thinking and Practising within the Disciplines*. ETL Project, Universities of Edinburgh, Coventry and Durham
- Moita Neto, J.M., & Moita, G.C. (1998). Uma introdução à Análise Exploratória de dados multivariados. *Química Nova*, 21(4), 467-469.
- Moreira, M.A. (1999). *A aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB.

- Moreira, M.A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB.
- Novak, J.D. (2002). Meaningful learning: the essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science Education*, 86, 548–571.
- Novak, J.D. (2010). *Learning, creating and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. (2. Ed.). New York: Routledge.
- Novak, J. D. & Cañas, A. J. (2006) The origins of the Concept Mapping Tool and the Continuing Evolution of the Tool. *Information Visualization Journal*, 5(3), 175-184.
- Paivio, A. (1990). *Mental representations: a dual coding approach*. Oxford: Oxford University Press.
- Romano Jr, J.G., & Correia, P.R.M. (2010). A taxonomic scheme for propositional analysis. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Concept Mapping* (pp. 49-57). Santiago do Chile: Universidad de Chile.
- Safayeni, F., Derbentseva, N., & Canas, A. J. (2005). A theoretical note on concepts and the need for cyclic concept maps. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 741–766.
- Silva Jr, S.N., Romano Jr, J.G., & Correia, P.R.M. (2010). Structural analysis of concept maps to evaluate the students' proficiency as mappers. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Concept Mapping* (pp. 369-376). Santiago do Chile: Universidad de Chile.
- Sweller, J., Ayres, P. & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. New York: Springer.
- Sweller, J., Merrienboer, J.J.G., & Paas, F.G.W.C. (1998) Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296.
- Viana, A. & Correia, P. R. M (2014). How different instructions affect CMaps elaborated by students? A study involving CMap structure and association of study materials. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Concept Mapping* (pp. 259-267). Santos: Universidade de São Paulo.

Xavier, J.M.S. (2015) *Influência da utilização de um conceito obrigatório quantificado sobre a rede proposicional do mapa conceitual*. . Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.