UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

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

Camila Aparecida Tolentino Cicuto

**Desenvolvimento da análise de vizinhança em
mapas conceituais a partir do uso de um
conceito obrigatório**

São Paulo
2011

Camila Aparecida Tolentino Cicuto

**Desenvolvimento da análise de vizinhança em
mapas conceituais a partir do uso de um
conceito obrigatório**

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rogério Miranda Correia

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

**São Paulo
2011**

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

Cicuto, Camila Aparecida Tolentino

Desenvolvimento da análise de vizinhança em mapas conceituais a partir do uso de um conceito obrigatório - São Paulo, 2011.

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. Mudança Climática; 4. Ensino Superior.

USP/IF/SBI-052/2011

“A mente que se abre a uma nova ideia
jamais voltará ao seu tamanho original.”
Albert Einstein

Dedico aos meus pais por todo carinho,
dedicação e amor incondicional.

Agradecimentos

À minha mãe (*in memoriam*), por ter me ensinado o valor da educação;

Ao meu pai, por me incentivar em todos os momentos;

Aos meus irmãos, por toda paciência;

Ao meu pai científico, por acreditar no meu trabalho;

Aos meus irmãos científicos do Grupo Cmapping pela colaboração, especialmente para Joana

Guilares de Aguiar, Suzéte Maier e Jerson Geraldo Romano Júnior;

Aos membros da banca, pelas contribuições.

Resumo

Os mapas conceituais (MCs) são úteis para representar o conhecimento dos alunos e promover a aprendizagem significativa. A análise detalhada de mapas conceituais pode revelar informações latentes que não são percebidas a partir da mera leitura do seu conjunto de proposições. O presente trabalho tem como objetivo propor a análise de vizinhança (AViz) como uma forma inovadora de analisar os MCs obtidos em sala de aula. A seleção de um conceito obrigatório (CO) permite verificar como os alunos o relaciona com outros conceitos, que são denominados conceitos vizinhos (CVs). MCs (n=69) sobre as mudanças climáticas formam o primeiro conjunto de dados empíricos que ratifica o potencial da AViz. O CO selecionado foi dispersão, a fim de analisar se os alunos conseguem relacioná-lo com o caráter global desse problema ambiental. Os padrões identificados a partir da AViz sugerem que, apesar de serem submetidos a uma mesma sequência didática, nem todos os alunos conseguiram utilizar o CO de forma adequada. Isso pode ser explicado a partir da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que destaca o papel fundamental dos conhecimentos prévios no processo de assimilação de novas informações.

Palavras-chave: análise de vizinhança; conceito obrigatório; conceito vizinho; dispersão; ensino de ciências; ensino superior; mapas conceituais; mudanças climáticas.

Abstract

Concept maps (CMs) are useful to represent students' knowledge and to promote meaningful learning. The deep analysis of concept maps may reveal latent information that is not perceived from the simple reading of its propositional network. This work proposes the Neighborhood Analysis (NeAn) as an innovative way to analyze the CMs obtained in classrooms. The selection of a compulsory concept (CC) allows teachers to evaluate how the students relate it to other concepts, named neighbors (NCs). CMs (n=69) on climate change are the first set of empirical data that confirms the potential of NeAn. Dispersion was selected as CC in order to check whether students can relate it with the global perspective of this environmental problem. The patterns found from the NeAn suggest that, despite being exposed to the same didactic activities, some students could not use the CC properly. This may be explained from David Ausubel's learning theory, which stresses the critical role of prior knowledge in the assimilation process of new information.

Key words: neighborhood analysis; compulsory concept; neighbor concept; dispersion; science teaching; higher education; concept maps; climate change.

Lista de Figuras

- Figura 1. Os elementos constituintes das proposições de um MC. Destaque para a inclusão obrigatória de um termo de ligação, que explica a relação entre os conceitos. A seta indica o sentido de leitura da proposição, que deve possuir um elevado grau de clareza semântica.20
- Figura 2. Exemplo de mapa conceitual com pergunta focal: o que são mapas conceituais? O MC foi dividido em três setores: 1. características (caixas retangulares sem sombra), 2. estrutura (caixas retangulares sombreadas), 3. funções (círculos sem sombra).21
- Figura 3. Evolução histórica do mapeamento conceitual desde a década de 70 até os dias atuais.22
- Figura 4. Quantidade de artigos científicos indexados pelo ISI na base de dados Web of Science relacionando o unitermo “concept map*”.24
- Figura 5. Indicação ilustrativa dos tipos de conceitos que são considerados na análise estrutural (Tabela 1). Legenda: 2. conceito inicial, 3. conceito inicial múltiplo, 4. conceito final, 5. conceito final múltiplo, 6. conceito inicial/final, 7. conceito exclusivamente inicial e 8. conceito exclusivamente final.26
- Figura 6. Três principais dimensões dos MCs: (a) raio, (b) linear e (c) rede. Adaptado de Kinchin, Hay e Adams (2000).27
- Figura 7. Mapa conceitual com pergunta focal: como os mapas conceituais podem ser analisados? O MC foi dividido em cinco setores: 1. amarelo (Análise de Vizinhança), 2. verde (Análise Proposicional), 3. azul (Padrões nas Estruturas de MCs), 4. vermelho (Análise Estrutural), 5. branco (Características dos MCs).31
- Figura 8. Mapa conceitual (MC) elaborado para responder à seguinte pergunta focal: qual a fundamentação teórica que subjaz este trabalho? Conceitos em caixas retangulares sombreadas e linha contínua estão relacionados com a teoria educacional de Novak; conceitos em caixas retangulares e linha contínua estão relacionados com a teoria da

aprendizagem significativa de Ausubel; conceitos em caixas retangulares e linha tracejada estão relacionados com a análise de vizinhança (AViz).	35
Figura 9. Assimilação do conhecimento segundo a teoria da aprendizagem significativa.	36
Figura 10. Diferenciação progressiva (a) e reconciliação integrativa (b).	38
Figura 11. Representação da interação entre as formas de aprendizagem na teoria educacional de Novak.	39
Figura 12. Classificação dos conceitos de um MC para a análise de vizinhança (AViz): conceito obrigatório (CO, retângulo sombreado), conceito vizinho (CV, círculo preto) e conceito complementar (CC, retângulos sem sombra).	42
Figura 13. MC com pergunta focal: qual o contexto desta pesquisa? Aspectos relacionados à disciplina CN estão em caixas retangulares (à esquerda) e em caixas redondas as referências para alfabetização científica e educação para sustentabilidade no contexto de CN (à direita).	44
Figura 14. Contexto da disciplina CN para atingir a educação para a sustentabilidade.	46
Figura 15. Organização geral da disciplina Ciências da Natureza (CN), com destaque para o período de intervenção na sala de aula (aulas 6-10).	47
Figura 16. Imagens (a) e (b) obtidas através do vídeo produzido pelo órgão americano responsável pelo monitoramento de oceanos e da atmosfera (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA).	49
Figura 17. Imagem obtida através do vídeo produzido pelo serviço de meteorologia do Reino Unido (Met Office).	50
Figura 18. MC semiestruturado apresentado aos alunos na aula 10.	52
Figura 19. Representação de como é realizada a ACE. Legenda: alunos (círculos numerados 1-4) e setas (sentido da revisão por pares de MCs).	53

Figura 20. Mapa conceitual elaborado pelo docente da disciplina (P.R.M.C.) e pela autora desta dissertação (C.A.T.C.) para selecionar o conceito obrigatório a ser utilizado na P2 da disciplina CN. Legenda: dispersão, conceito obrigatório (CO, retângulo sombreado), conceitos vizinhos (CV, círculo preto) e conceitos complementares (CC, retângulos sem sombra). Setas tracejadas indicam proposições que não contêm o CO; setas contínuas indicam proposições que contêm o CO.	58
Figura 21. Gráfico de frequência representando o número de conceitos vizinhos (CVs) ligados ao CO (dispersão).....	59
Figura 22. Nuvem de palavras obtida de todos os conceitos vizinhos utilizados pelos alunos para expressar seu entendimento sobre a dispersão (wordle.net).	60
Figura 23. MCs produzidos pelos alunos, que ilustram dois padrões identificados. Nas proposições está indicada a classificação das categorias estabelecida para a análise (Tabela 9). As Figuras 23a-23b mostram o uso inadequado do CO e as Figuras 23c-23d representam o uso adequado do CO. Legenda: dispersão, conceito obrigatório (CO, retângulo sombreado), conceitos vizinhos (CV, círculo preto) e conceitos complementares (CC, retângulos sem sombra). Setas tracejadas indicam proposições que não contêm o CO; setas contínuas indicam proposições que contêm o CO.....	65
Figura 24. Padrões observados para a análise dos MCs em função dos conceitos vizinhos (CV).....	67
Figura 25. MCs para ilustração dos padrões identificados. Estão indicadas as pontuações estabelecidas para a análise: padrão 1 (a), padrão 2 (b), padrão 3 (c) e padrão 4 (d). Legenda: dispersão, conceito obrigatório (CO, retângulo sombreado), conceitos vizinhos (CV, círculo preto) e conceitos complementares (CC, retângulos sem sombra). Setas tracejadas indicam proposições que não contêm o CO; setas contínuas indicam proposições que contêm o CO.	69

Lista de Tabelas

Tabela 1. Parâmetros da análise estrutural dos MCs.	25
Tabela 2. Procedimento para a classificação de proposições (ROMANO JR. e CORREIA, 2010).....	28
Tabela 3. Exemplos de proposições para análise proposicional.	29
Tabela 4. Atividades didáticas sobre mudanças climáticas, desenvolvidas entre as aulas 6-10.	48
Tabela 5. Conceitos para o planejamento do treinamento em MCs.	51
Tabela 6. Organização das proposições que contêm o CO para o processo de categorização em termos do seu conteúdo semântico. As proposições (P) indicadas nesta tabela foram extraídas do MC apresentado na Figura 20.	54
Tabela 7. Pontuação atribuída para cada categoria estabelecida a partir das proposições que apresentaram o CO.	56
Tabela 8. Exemplo de planilha que foi utilizada para calcular a pontuação obtida em cada MC.....	56
Tabela 9. Resultado do processo de categorização do conteúdo semântico das proposições elaboradas pelos alunos, em função da quantidade de conceitos vizinhos (CV).	62

Lista de Siglas

A – Conhecimento prévio

a – Nova informação

A' – Novo conhecimento

Aa – Produto interacional

ACE – Aprendizagem colaborativa expandida

AViz – Análise de vizinhança

Cat – Categorizador

CC – Conceito complementar

CF – Conceito final

CFM – Conceito final múltiplo

CI – Conceito inicial

CICF – Conceito inicial-final

CIM – Conceito inicial múltiplo

CN – Disciplina Ciências da Natureza

CO – Conceito obrigatório

CT – Número total de conceitos

CV – Conceito vizinho

D – Proposição dinâmica

D1 – Proposição dinâmica não causal

D11 – Proposição dinâmica não causal implícita

D12 – Proposição dinâmica não causal parcialmente explícita

D2 – Proposição dinâmica causal

D21 – Proposição dinâmica causal implícita

D22 – Proposição dinâmica causal parcialmente explícita

D23 – Proposição dinâmica causal totalmente explícita

EACH – Escola de Artes, Ciências e Humanidades

EC – Proposição com erro conceitual

ID – Índice de discrepância

IHMC – *Institute for Human and Machine Cognition*

ISI – *Institute for Scientific Information*

LIPHS – Estruturas hierárquicas inapropriadas ou limitadas, do inglês, *Limited and/or Inappropriate Propositional Hierarchies*

MC – Mapa conceitual

MCSE – Mapa conceitual semiestruturado

MR – Proposição muito relevante

NOAA – *National Oceanic and Atmospheric Administration*

P – Proposição

P/CT – Densidade proposicional

Pd – Padrão

QPC – Quantidade de proposições consensuais

QPD – Quantidade de proposições discrepantes

R – Proposição relevante

S – Proposição estática

SóCF – Conceitos exclusivamente finais

SóCI – Conceitos exclusivamente iniciais

SS – Proposição sem sentido

TCP – Tabela de clareza proposicional

USP – Universidade de São Paulo

Sumário

Apresentação	16
1. Introdução	19
1.1 O mapeamento conceitual	19
1.2 Pesquisas realizadas sobre o tema	23
2. Referenciais teóricos	34
2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa	34
2.1.1 Estruturas hierárquicas inapropriadas e/ou limitadas (LIPs)	37
2.1.2 Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa	38
2.2 Teoria Educacional de Novak	38
2.3 Análise de Vizinhança	40
3. Procedimentos de pesquisa	44
3.1 Contexto da pesquisa	44
3.2 Coleta dos dados	46
3.2.1 Treinamento em mapas conceituais	50
3.3 Tratamento dos dados	53
3.3.1 Mapas conceituais	53
4. Resultados e discussão	58
4.1 A escolha do conceito obrigatório	58
4.2 Análise dos conceitos vizinhos (CV)	59

4.3 Análise das proposições	61
4.3.1 Mapas conceituais dos alunos	63
4.4 Análise dos mapas conceituais.....	67
4.4.1 Mapas conceituais dos alunos	68
5. Considerações finais	73
Referências.....	75
Anexo I.....	79
Mapa conceitual da Figura 23a	79
Mapa conceitual da Figura 23b.....	80
Mapa conceitual da Figura 23c	81
Mapa conceitual da Figura 23d.....	82
Mapa conceitual da Figura 25a	83
Mapa conceitual da Figura 25b.....	84
Mapa conceitual da Figura 25c	85
Mapa conceitual da Figura 25d.....	86

Apresentação

Apresentação

O presente trabalho tem como objetivo propor a análise de vizinhança (AViz) como uma forma de analisar mapas conceituais (MCs), a partir da estratégia da inclusão de um conceito obrigatório (CO). Nesta pesquisa, a seleção de um CO contribuiu para a verificação de como os alunos o relacionam com outros conceitos, permitindo investigar as relevâncias das relações estabelecidas.

A pergunta de pesquisa que norteia o trabalho é: quais informações podem ser obtidas a partir da utilização da análise de vizinhança e o uso de um conceito obrigatório em mapas conceituais?

Com o objetivo de responder a essa pergunta, utilizamos o primeiro conjunto de dados empíricos para ilustrar o potencial desta abordagem, a partir de MCs obtidos em sala de aula. Partiu-se da hipótese de que há informações latentes nos MCs que não podem ser extraídas somente a partir da leitura das proposições.

No Capítulo 1 deste trabalho é apresentada a evolução histórica do mapeamento conceitual a partir da década de 60, permitindo uma análise retrospectiva, além de possibilitar a identificação de fatores que corroboram para o desenvolvimento e a divulgação dos MCs. É feito também um levantamento dos trabalhos publicados nos últimos 20 anos sobre MCs.

No Capítulo 2 são apresentados os referenciais teóricos que subjazem o mapeamento para a compreensão da assimilação do conhecimento, os quais são fundamentais para evitar o uso ingênuo dos MCs e da estratégia instrucional da análise de vizinhança.

No Capítulo 3 são apresentados os procedimentos de pesquisa: contexto da pesquisa, como se deu a coleta dos dados e a análise de vizinhança. As etapas desenvolvidas neste trabalho para a AViz foram descritas contemplando a análise dos conceitos, das proposições e dos MCs. Nesse capítulo também é apresentado o treinamento na elaboração de mapas conceituais, proporcionado aos alunos compreensão sobre o uso desta ferramenta.

No Capítulo 4 é feita uma discussão sobre a escolha do conceito obrigatório, visto que esta é uma etapa crítica da AViz. São apresentados também os resultados da análise de vizinhança, considerando a análise dos conceitos vizinhos, das proposições e dos mapas conceituais.

No Capítulo 5 são apresentadas as considerações finais, justificando os resultados obtidos a partir da AViz, através da qual se pode identificar informações latentes no conjunto de proposições.

Capítulo 1

Introdução

1. Introdução

1.1 O mapeamento conceitual

O mapeamento conceitual foi desenvolvido pelo grupo de pesquisa do Dr. Joseph D. Novak, em 1972, na Universidade de Cornell. Naquela oportunidade, os mapas conceituais (MCs) foram utilizados para representar as relações conceituais estabelecidas por alunos sobre temas científicos ao longo da escolarização básica, resultando num estudo longitudinal de 12 anos sobre mudanças conceituais (NOVAK e MUSONDA, 1991). O áudio das entrevistas gravadas com os alunos constituía-se na fonte primária de dados empíricos e, devido a dificuldades de transcrever todo o material obtido, os MCs foram utilizados para representar parcialmente a estrutura cognitiva dos alunos, organizando os conceitos de forma hierárquica e a partir do estabelecimento de proposições. Essa forma de representação esquemática do conteúdo das entrevistas permitiu aos pesquisadores observarem com maior detalhamento e precisão as mudanças conceituais que ocorriam na estrutura cognitiva dos alunos (NOVAK e MUSONDA, 1991; NOVAK e CAÑAS, 2006; NOVAK e CAÑAS, 2010).

As proposições são as estruturas fundamentais dos MCs e são formadas pela união de dois conceitos, por meio de um termo de ligação que expressa de forma clara como tais conceitos se relacionam. Além disso, as proposições têm um sentido de leitura definido, que é expresso através de uma seta (Figura 1). A obrigação de incluir um termo de ligação é o principal diferencial dos MCs, em comparação com outras ferramentas de representação gráfica da informação e do conhecimento. Por esse motivo, os MCs facilitam a identificação de estruturas hierárquicas inapropriadas ou limitadas (LIPHS, do inglês *Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies*) (NOVAK, 2010; NOVAK, 2002).

Figura 1. Os elementos constituintes das proposições de um MC. Destaque para a inclusão obrigatória de um termo de ligação, que explica a relação entre os conceitos. A seta indica o sentido de leitura da proposição, que deve possuir um elevado grau de clareza semântica.

Os MCs são uma forma esquemática de representar as idiossincrasias presentes na estrutura cognitiva de um indivíduo. Atividades relacionadas com o mapeamento conceitual estimulam a aprendizagem significativa, em detrimento da aprendizagem mecânica. O mapeamento conceitual evidencia erros conceituais, visto que a aprendizagem significativa não implica necessariamente no estabelecimento de relações conceituais corretas (NOVAK, 2002; NOVAK e CAÑAS, 2008; NOVAK, 2010).

Todo o potencial do uso dos MCs somente se concretiza quando é oferecido aos iniciantes um período de treinamento na elaboração de mapas conceituais. Parte das dificuldades encontradas com o uso de MCs deriva do uso inadequado da técnica, do treinamento inadequado para os usuários e formadores, além da não compreensão da fundamentação teórica que subjaz o mapeamento conceitual, tornando a implementação uma tarefa difícil para o professor (CORREIA, INFANTE-MALACHIAS e GODOY, 2008).

O mapeamento conceitual no âmbito educacional é frequentemente utilizado para fazer o levantamento das concepções prévias (antes de uma situação de aprendizagem) e para verificar as relações conceituais dos alunos (após uma situação de aprendizagem). A Figura 2 mostra um exemplo de mapa conceitual com pergunta focal: o que são mapas conceituais?

Figura 2. Exemplo de mapa conceitual com pergunta focal: o que são mapas conceituais? O MC foi dividido em três setores: 1. características (caixas retangulares sem sombra), 2. estrutura (caixas retangulares sombreadas), 3. funções (círculos sem sombra).

Na Figura 2 é possível identificar que o MC foi dividido em três setores. O primeiro refere-se às características dos MCs que estão representados por caixas retangulares sem sombra. Já os aspectos relacionados com a estrutura estão em caixas retangulares sombreadas. As funções dos mapas conceituais foram representadas por círculos sem sombra.

A evolução histórica do mapeamento conceitual pode ser representada por uma linha do tempo, que se inicia na década de 60 (Figura 3). Uma análise retrospectiva permite a identificação de três fases sequenciais nesse período, entre 1963, com a proposição da Teoria da Aprendizagem Significativa por David Ausubel, e os dias atuais.

Figura 3. Evolução histórica do mapeamento conceitual desde a década de 70 até os dias atuais.

A primeira fase (Figura 3) durou cerca de 30 anos, caracterizando-se pela criação dos MCs (1972) e pela disseminação do uso de MCs manuscritos durante o processo de ensino-aprendizagem, sobretudo de temas relacionados com o ensino de ciências. A dificuldade em revisar e reelaborar tais MCs restringia o potencial da técnica, visto que a recursividade não era plenamente explorada pelos mapeadores. Mesmo assim, o reconhecimento do mapeamento conceitual como uma estratégia relevante para o ensino de ciências se confirmou com a publicação de um fascículo especial sobre o tema no periódico *Journal of*

Research in Science Teaching em 1990 (WANDERSEE, 1990; NOVAK, 1990; BEYERBACH e SMITH, 1990).

O desenvolvimento de um programa dedicado à elaboração de MCs digitais pode ser considerado como o fato responsável pela ampliação das possibilidades de uso do mapeamento conceitual. A parceria entre Joseph Novak e Alberto Cañas resultou no programa CmapTools (1997), que é desenvolvido até hoje pelo Institute for Human and Machine Cognition (IHMC). O aumento do acesso à Internet e a possibilidade de utilizar o CmapTools gratuitamente potencializaram o uso dos MCs para finalidades que extrapolam os interesses educacionais. Além da possibilidade de revisar os MCs com maior facilidade, a colaboração síncrona e assíncrona torna-se uma realidade e o mapeamento conceitual passou a ser utilizado também no âmbito corporativo (MOON et al., 2011), visto que a aprendizagem colaborativa e por toda a vida não se limita mais à educação formal presencial (TORRES e MARRIOTT, 2009).

A realização sistemática de conferências internacionais sobre mapeamento conceitual se estabelece a partir de 2004 e, desde então, a comunidade científica que se dedica ao tema se reúne a cada dois anos. O aumento da troca de informações entre os especialistas consolida os MCs como uma ferramenta de representação gráfica da informação que pode ser utilizada em qualquer área do conhecimento. É nesse contexto que as pesquisas mais recentes sobre mapeamento conceitual se desenvolvem.

1.2 Pesquisas realizadas sobre o tema

Considerando a temática desta pesquisa, foi feito um levantamento dos trabalhos publicados nos últimos 20 anos sobre mapas conceituais, apresentado na Figura 4. Utilizou-se o seguinte termo para realizar esta pesquisa na base de dados Web of Science do ISI: “concept map*”. A opção por essa base de dados fundamenta-se no fato de que esta apresenta

periódicos nas diversas áreas do conhecimento e as pesquisas sobre mapas conceituais não se restringem a área da educação.

Figura 4. Quantidade de artigos científicos indexados pelo ISI na base de dados Web of Science relacionando o unitermo “concept map*”.

O interesse pelo mapeamento conceitual apresenta um crescimento consistente no período em análise. Desde 2005, são publicados pelo menos 80 artigos científicos por ano nas mais diferentes áreas do conhecimento. Certamente, as aplicações mais numerosas ainda estão relacionadas com a educação e com o ensino de ciências (NOVAK, 2010). Os trabalhos relacionados a formas de análise dos MCs ainda são pouco numerosos. Há espaço na literatura para trabalhos que visem o desenvolvimento de estratégias inovadoras na tentativa de extrair informações dos mapas conceituais.

A análise de MCs é o tema que mais mereceu a atenção do nosso grupo de pesquisa nos últimos anos. Os trabalhos desenvolvidos até o momento estão relacionados com a análise estrutural (SILVA JR., ROMANO JR. e CORREIA, 2010), a análise proposicional (ROMANO JR. e CORREIA, 2010) e a análise de vizinhança (AViz) que é o objetivo deste trabalho.

A análise estrutural fundamenta-se no fato de que o treinamento para elaborar MCs é essencial para o uso adequado da ferramenta. Com o objetivo de mostrar a relação entre a proficiência do mapeador e a estrutura dos MCs, foi proposto pelo nosso grupo de pesquisa (SILVA JR., ROMANO JR. e CORREIA, 2010) um conjunto de oito parâmetros (Tabela 1) para identificação de todas as características estruturais nos mapas conceituais.

Tabela 1. Parâmetros da análise estrutural dos MCs.

Parâmetro	Identificação	Como se realiza a medição
1	Densidade proposicional (P/CT)	Razão entre a quantidade de proposições e o número total de conceitos.
2	Conceitos iniciais (CI/CT)	Esse parâmetro considera a razão entre a quantidade de conceitos que iniciam proposições e o número total de conceitos.
3	Conceitos iniciais múltiplos (CIM/CT)	Esse parâmetro considera a razão entre a quantidade de conceitos que iniciam múltiplas proposições e o número total de conceitos.
4	Conceitos finais (CF/CT)	Esse parâmetro considera a razão entre a quantidade de conceitos que finalizam as proposições e o número total de conceitos.
5	Conceitos finais múltiplos (CFM/CT)	Esse parâmetro considera a razão entre a quantidade de conceitos que finalizam as proposições e o número total de conceitos.
6	Conceitos iniciais e finais (CICF/CT)	Esse parâmetro considera a razão entre a quantidade de conceitos que iniciam e finalizam as proposições e o número total de conceitos.
7	Conceitos exclusivamente iniciais (SóCI/CT)	Esse parâmetro considera a razão entre a quantidade de conceitos que exclusivamente iniciam as proposições e o número total de conceitos.
8	Conceitos exclusivamente finais (SóCF/CT)	Esse parâmetro considera a razão entre a quantidade de conceitos que exclusivamente finalizam as proposições e o número total de conceitos.

A indicação numérica apresentada na Figura 5 está relacionada com a identificação numérica dos parâmetros da análise estrutural (Tabela 1).

Figura 5. Indicação ilustrativa dos tipos de conceitos que são considerados na análise estrutural (Tabela 1). Legenda: 2. conceito inicial, 3. conceito inicial múltiplo, 4. conceito final, 5. conceito final múltiplo, 6. conceito inicial/final, 7. conceito exclusivamente inicial e 8. conceito exclusivamente final.

A análise estrutural dos MCs foi proposta para verificação das relações entre o processo de treinamento e a proficiência em elaborar bons MCs. Através dos parâmetros propostos, identificaram-se que a densidade proposicional P/CT, os conceitos iniciais de proposições múltiplas CIM/CT e os conceitos finais com proposições múltiplas CFM/CT podem ser usados para estimar o nível de proficiência dos mapeadores (SILVA JR., ROMANO JR. e CORREIA, 2010).

Há outro trabalho na literatura que aborda as características estruturais dos mapas conceituais (KINCHIN, HAY e ADAMS, 2000). Este se refere à classificação de padrões na estrutura da rede proposicional de MCs, permitindo verificar níveis progressivos de compreensão sobre o assunto mapeado. Os padrões são classificados em: “raio”, “linear” e “rede”. Para representar as principais dimensões dos MCs foi elaborada a Figura 6.

Figura 6. Três principais dimensões dos MCs: (a) raio, (b) linear e (c) rede. Adaptado de Kinchin, Hay e Adams (2000).

As representações das Figuras 6a (MC raio), 6b (MC linear) e 6c (MC rede) possibilitam a melhor visualização dos padrões nas estruturas dos mapas conceituais. Para um MC apresentar maior integração da rede proposicional, é necessário que a compreensão dos conceitos associados supere a sua ligação com o conceito central, portanto, é possível identificarem-se relações entre o nível de compreensão do aluno sobre o tema mapeado e a integração da rede proposicional (KINCHIN, HAY e ADAMS, 2000).

A Figura 6a representa um MC raio, refletindo um mapa conceitual em que todas as proposições estão diretamente ligadas ao conceito central, mas não estão diretamente ligadas umas às outras. Na Figura 6b um MC linear apresentando uma sequência de entendimento em que cada conceito só é ligado ao imediatamente abaixo. Observa-se nesse tipo de MC que, embora exista uma sequência lógica do começo ao fim, a natureza hierárquica implícita de muitas das ligações não é válida. A Figura 6c representa um MC em que uma rede altamente

integrada e hierarquizada demonstra uma profunda compreensão sobre o tema. A elaboração de MCs rede sugere a ocorrência de aprendizagem significativa, o mesmo não se aplica aos outros tipos de estrutura (KINCHIN, HAY e ADAMS, 2000).

Há trabalhos na literatura que abordam as características semânticas das proposições (SAFAYENI, DERBENTSEVA e CAÑAS, 2005; MILLER e CAÑAS, 2008; DERBENTSEVA, SAFAYENI e CAÑAS, 2007; ROMANO JR. e CORREIA, 2010). A análise proposicional (ROMANO JR. e CORREIA, 2010), que também foi proposta pelo nosso grupo de pesquisa, envolve uma avaliação individual das proposições que constituem o mapa conceitual. Devido a sua estrutura, a maioria dos MCs apresenta um caráter descritivo, sendo que a minoria explora relações de causa e efeito. Na Tabela 2 foi descrito o procedimento para a classificação das proposições.

Tabela 2. Procedimento para a classificação de proposições (ROMANO JR. e CORREIA, 2010).

Questões para categorizar as proposições	Respostas	Ação	Resultado
#1. O termo de ligação tem verbo?	Sim	Ver questão #2	—
	Não	Proposição estática	E
#2. O verbo é de estado (<i>ex.: ser, fazer, ter</i>)?	Sim	Proposição estática	E
	Não	Proposição dinâmica Ver questão #3	D
#3. Ambos os conceitos: inicial e final indicam causa e consequência, respectivamente?	Sim	Proposição dinâmica causal Ver questão #4	D2
	Não	Proposição dinâmica não causal Ver questão #4	D1
#4. Os conceitos são quantificados (<i>ex.: mais carros, muitos carros</i>)?	Ambos	Totalmente explícito (3)	D23
	Somente um conceito	Parcialmente explícito (2)	D12, D22
	Nenhum	Implícito (1)	D11, D21

As proposições são fundamentais para compreender os significados das redes dos MCs. Elas podem ser profundamente analisadas para encontrar discretas diferenças de acordo com o verbo usado na frase de ligação (estática e dinâmica). A partir da Tabela 2, observam-se que os mapas conceituais são classificados devido à presença de proposições estáticas ou dinâmicas; no primeiro caso predominam proposições descritivas, enquanto no segundo caso predominam proposições que expressam a interdependência (relação de causa e efeito) entre os conceitos. As proposições dinâmicas são classificadas em causal (D2), quando o conceito inicial e final indica causa e consequência, respectivamente, e não causal (D1), quando o conceito inicial e final não indica causa e consequência, respectivamente. As proposições classificadas como dinâmica causal podem ser totalmente explícitas (D23), parcialmente explícitas (D22) ou implícitas (D21); já as proposições dinâmicas não causais são parcialmente explícitas (D12) ou implícitas (D11). Uma planilha contendo exemplos de proposições de um MC (Tabela 3) foi elaborada conforme demonstrada na Tabela 2.

Tabela 3. Exemplos de proposições para análise proposicional.

Prop.	Conceito Inicial	Termo de Ligação	Conceito Final	E	D 11	D 12	D 21	D 22	D 23
1	mais controvérsia	gera	mais polêmica						1
2	bioética	é a ética da	vida	1					
3	bioética	tem relação com	ciência	1					
4	bioética	é a ponte entre	ciência	1					
5	humanização	deve estar presente no	processo científico	1					
6	bioética	é regulada pela	sociedade		1				
7	mais tecnologia	é aspirada pela	sociedade			1			
8	ciência	deve seguir a	bioética		1				
9	bioética	é uma tentativa de	humanização	1					
10	vida	está presente na	sociedade	1					
11	polêmica (os)	tem assuntos relacionados a	vida	1					
12	mais controvérsia	gera mais discussões no âmbito da	sociedade						1
Total				7	2	1	0	0	2

Através da Tabela 3 é possível identificar exemplos de proposições que foram classificadas através do procedimento descrito (Tabela 2). Quando analisamos a primeira proposição (mais controversia – gera → mais polêmica) identificam-se que na pergunta 1 (o termo de ligação tem verbo?) da Tabela 2 a resposta foi “sim”. Na próxima (o verbo é de estado?) a resposta foi “não”. Portanto, a proposição é dinâmica (D). Nas perguntas 3 (ambos os conceitos: inicial e final indicam causa e consequência, respectivamente) e 4 (os conceitos são quantificados?) as respostas foram “sim” e “ambos”, respectivamente. Portanto, a classificação final dessa proposição foi dinâmica causal totalmente explícita (D23).

A análise da segunda proposição (bioética – é a ética da → vida) identificam-se que nas perguntas 1 (o termo de ligação tem verbo?) e 2 (o verbo é de estado?) as respostas foram “sim”. Portanto, a proposição é estática (E). O mesmo procedimento foi feito para cada proposição da Tabela 3.

Com o objetivo de sintetizar os trabalhos apresentados e compreender como a análise de vizinhança está inserida nas pesquisas sobre formas de análise de MCs foi elaborada a Figura 7.

Figura 7. Mapa conceitual com pergunta focal: como os mapas conceituais podem ser analisados? O MC foi dividido em cinco setores: 1. amarelo (Análise de Vizinhança), 2. verde (Análise Proposicional), 3. azul (Padrões nas Estruturas de MCs), 4. vermelho (Análise Estrutural), 5. branco (Características dos MCs).

O MC apresenta cinco cores com o objetivo de distinguir as diferentes análises de mapas conceituais. A cor amarela representa as características da análise de vizinhança, a cor verde a análise proposicional, a azul os padrões nas estruturas dos MCs, a cor vermelha a análise estrutural e a cor branca representa as características dos MCs as quais estão relacionadas com os diferentes tipos de análise.

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver a análise de vizinhança (AViz) que pode ser útil para identificar informações latentes nos mapas conceituais. A AViz está baseada na elaboração de um MC a partir de uma pergunta focal e de um conceito obrigatório (CO), que são intencionalmente escolhidos para gerar uma demanda cognitiva que extrapola a memorização de fatos e dados.

Capítulo 2

Referenciais teóricos

2. Referenciais teóricos

A fundamentação teórica que subjaz o mapeamento conceitual é pouco discutida e as aplicações mais corriqueiras exploram superficialmente o potencial dessa ferramenta (CAÑAS e NOVAK, 2006; CORREIA, INFANTE-MALACHIAS e GODOY, 2008). As ideias de Ausubel e Novak são fundamentais para compreender a estratégia instrucional da análise de vizinhança (AViz), bem como para evitar o uso ingênuo do mapeamento conceitual (Figura 8).

A Figura 8 destaca que o conhecimento ocorre através da assimilação de conceitos e proposições que, por sua vez, são as unidades constituintes dos MCs. A AViz é baseada na definição de um ou vários conceitos obrigatórios (COs), que geram uma demanda cognitiva extrapolando a memorização de fatos e dados (KRATHWOHL, 2002). Para melhor compreensão das relações estabelecidas na Figura 8, é fundamental a discussão mais profunda da teoria da aprendizagem significativa, da teoria educacional de Novak e da estratégia instrucional da AViz.

2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa

A Teoria da Aprendizagem Significativa foi proposta por David Ausubel em meados da década de 60 e propõe uma descrição do processo cognitivo de assimilação de novos conhecimentos, por meio da obliteração de novas informações, pelos conhecimentos já existentes na memória de longo prazo. Há três condições fundamentais que devem ser observadas para que se verifique a aprendizagem significativa: os conhecimentos prévios do aluno devem ser considerados como o ponto de partida para a nova aprendizagem, o material instrucional deve ser potencialmente significativo e o aluno deve optar deliberadamente por aprender significativamente (AUSUBEL, 2000).

Figura 8. Mapa conceitual (MC) elaborado para responder à seguinte pergunta focal: qual a fundamentação teórica que subjaz este trabalho? Conceitos em caixas retangulares sombreadas e linha contínua estão relacionados com a teoria educacional de Novak; conceitos em caixas retangulares e linha contínua estão relacionados com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel; conceitos em caixas retangulares e linha tracejada estão relacionados com a análise de vizinhança (AViz).

Ausubel descreve o processo de aprendizagem usando um *continuum* entre dois extremos, caracterizados pela aprendizagem significativa e mecânica. A diferença fundamental entre elas está na forma de relacionar as novas informações com os aspectos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de cada indivíduo. A aprendizagem pode ser considerada significativa se tais relações forem estabelecidas de forma não arbitrária e não literal o que exige um esforço por parte do aluno em relacionar o que ele já sabe com as novas informações. A aprendizagem é considerada mecânica quando as relações são estabelecidas de forma arbitrária e literal, sem que o aluno tenha que conferir sentido entre o que ele já sabe e a nova informação (NOVAK, 2010; AUSUBEL, 2000).

Na Figura 9 é apresentada a descrição do processo cognitivo de assimilação de novos conhecimentos segundo a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.

Figura 9. Assimilação do conhecimento segundo a teoria da aprendizagem significativa.

Na etapa 1, os conhecimentos prévios de um indivíduo sobre determinado assunto (A) funcionam como “pontos de ancoragem” às novas informações que ele recebe durante as

aulas (a). O produto interacional formado (Aa) pode apresentar alto ou baixo grau de dissociação.

Alto grau de dissociação do produto interacional (Aa) tem como consequência a aprendizagem mecânica, tendendo a ser rapidamente esquecido o que foi aprendido (Etapa 2). Para que o estabelecimento de relações entre o conhecimento prévio (A), não arbitrárias e não literais, com as novas informações (a) resulte em novo conhecimento (A'), é preciso haver baixo grau de dissociação do produto interacional (Aa). A busca por relações com significados faz com que o Aa seja significativo para o indivíduo nessa situação, provocando a alteração dos conhecimentos prévios originais (A) que foram utilizados durante a aquisição de novas informações (a). Com a ocorrência da aprendizagem significativa (A'), o indivíduo consegue reter a nova informação por mais tempo e transferi-la para contextos diferentes daquele em que ocorreu a aprendizagem (AUSUBEL, 2000).

2.1.1 Estruturas hierárquicas inapropriadas e/ou limitadas (LIPHS)

As estruturas hierárquicas inapropriadas e/ou limitadas podem ser identificadas através dos mapas conceituais. A modificação das LIPHS é um processo em que o aluno constrói gradualmente estruturas relevantes de conhecimento e aprimora estas ao longo do tempo (NOVAK, 2002).

Um dos obstáculos para alterações das estruturas hierárquicas inapropriadas ou limitadas é o aluno optar por aprender significativamente. Altos níveis de aprendizagem significativa exigem que o aluno já possua uma estrutura de conhecimento relativamente sofisticada (NOVAK, 2002).

A modificação das LIPHS não é um processo simples, podendo persistir durante toda a vida. Quando a estrutura cognitiva do aluno não é modificada para esclarecer as estruturas inadequadas ou inapropriadas o conhecimento aprendido tem pouco ou nenhum potencial

para ser usado em situações de aprendizagem e/ou resolução de problemas futuros (NOVAK, 2002).

2.1.2 Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa

Dois processos ocorrem durante a aprendizagem: diferenciação progressiva (Figura 10a) e reconciliação integrativa (Figura 10b). Estes advêm do resultado do delineamento de diferenças e similaridades entre ideias relacionadas (NOVAK, 2010).

Figura 10. Diferenciação progressiva (a) e reconciliação integrativa (b).

Através da Figura 10, é possível identificar a representação gráfica da diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Estes processos podem ser identificados com o uso de MCs (NOVAK, 2010). No processo da diferenciação progressiva (Figura 10a), ideias mais gerais presentes na estrutura cognitiva do aluno se modificam à medida que ele interage com uma nova informação. Na reconciliação integrativa (Figura 10b), as ideias, conceitos ou proposições existentes na estrutura cognitiva podem ser recombinaados por similaridades ou diferenças gerando novos significados proporcionando uma reorganização da estrutura cognitiva.

2.2 Teoria Educacional de Novak

A teoria educacional proposta por Novak combina elementos cognitivistas e humanistas. O objetivo de Novak, com essa teoria, foi nortear novas práticas e pesquisas

educacionais que tivessem como propósito a melhoria constante e efetiva da educação formal. Com a teoria educacional, é possível compreender por que a aprendizagem mecânica é ineficaz para a retenção de longo prazo e para a aplicação do conhecimento numa área diferente daquela em que ocorreu a aprendizagem. A hipótese de Novak, para compreender os fatores mencionados acima, é o fato de que as pessoas são “geradoras de significados” e esses significados são influenciados pelas nossas experiências, emoções e pelo conhecimento já existente em nossa estrutura cognitiva.

Segundo Novak sentimentos e ações também são importantes no processo de aprendizagem e esta se fundamenta em três formas (Figura 11): aprendizagem cognitiva, aprendizagem afetiva e aprendizagem psicomotora (NOVAK, 1977; NOVAK, 2010).

Figura 11. Representação da interação entre as formas de aprendizagem na teoria educacional de Novak.

A Figura 11 representa a interação entre as formas de aprendizagem presentes em um processo educativo e se combinam para construir ou reconstruir o sentido da experiência. A aprendizagem cognitiva refere-se à aquisição de conhecimentos e esta, por sua vez, ocorre através de conceitos e proposições; a aprendizagem afetiva é baseada em alterações nas

emoções ou sentimentos; já o ganho em ações físicas, motoras ou desempenho refere-se à aprendizagem psicomotora (NOVAK, 1977; NOVAK, 2010).

2.3 Análise de Vizinhança

A análise de vizinhança (AViz) é uma forma inovadora de utilizar o mapeamento conceitual para analisar comparativamente um conjunto de MCs sobre um mesmo assunto. A estratégia instrucional que subjaz a AViz consiste em exigir que o mapeador utilize um conceito obrigatório (CO) ao preparar seu MC, por meio da elaboração de proposições que o utilizem como conceito inicial ou final. Quando o CO é selecionado criteriosamente pelo professor, o esforço cognitivo imposto aos alunos é mais sofisticado do que aquele que usualmente é necessário para obter bom desempenho em provas convencionais. De acordo com a versão revisada da taxonomia de Bloom, é possível prever que a elaboração de MCs associada a um CO envolve, além de conhecimentos conceituais e procedimentais, processos cognitivos relacionados com análise, avaliação/seleção e criação (KRATHWOHL, 2002).

A AViz utiliza o CO como um ponto privilegiado para analisar as proposições do MC. A partir do CO, todos os conceitos utilizados são classificados em conceitos vizinhos (CV), os quais estão diretamente relacionados com o CO, ou conceitos complementares (CC), os quais não estão diretamente relacionados com o CO (Figura 12). Esta classificação permite, por exemplo, analisar a relevância que o mapeador confere ao CO, a partir da estrutura da rede proposicional do MC. O interesse em extrair informações a partir de uma análise estrutural de MCs já produziu resultados interessantes (KINCHIN, HAY e ADAMS, 2000; SILVA JR., ROMANO JR. e CORREIA, 2010), mas nenhum trabalho da literatura se baseou na utilização de um CO e a decorrente classificação dos conceitos do MC em CV ou CC.

É plausível admitir que a relevância é diretamente proporcional ao número de proposições que incluem o CO: poucas proposições (Figura 12a) indicam pouca relevância atribuída ao CO; muitas proposições indicam muita relevância (Figura 12b-12c). Nos casos em que o CO é relevante, ainda é possível verificar como ele ajuda o mapeador a expressar seu conhecimento: se como um conceito superordenado, em relação aos CVs (Figura 12b), ou se como um conceito subordinado, em relação aos CVs (Figura 12c). A relação entre CO e seus vizinhos (CVs) pode indicar se a utilização do CO favoreceu processos de diferenciação progressiva (Figura 12b) e/ou de reconciliação integrativa (Figura 12c). Estas são algumas das possíveis inferências que podem ser feitas a partir da AViz, o que justifica a necessidade de ela ser contemplada por todos que se interessam pelo uso do mapeamento conceitual como ferramenta de representação visual do conhecimento e da informação.

Figura 12. Classificação dos conceitos de um MC para a análise de vizinhança (AViz): conceito obrigatório (CO, retângulo sombreado), conceito vizinho (CV, círculo preto) e conceito complementar (CC, retângulos sem sombra).

Capítulo 3

Procedimentos de pesquisa

3. Procedimentos de pesquisa

3.1 Contexto da pesquisa

A coleta de dados empíricos ocorreu durante a disciplina ACH0011 Ciências da Natureza (CN), que tem como objetivo contribuir com o processo de alfabetização científica (BYBEE e FUCHS, 2006; CORREIA et al., 2010; SANTOS, 2009; MCCLUNE e JARMAN, 2010) dos alunos ingressantes da Escola de Artes, Ciências e Humanidades (EACH/USP Leste). A Figura 13 é um MC para representar o contexto da disciplina que serviu como fonte dos MCs a serem considerados nesse trabalho.

Figura 13. MC com pergunta focal: qual o contexto desta pesquisa? Aspectos relacionados à disciplina CN estão em caixas retangulares (à esquerda) e em caixas redondas as referências para alfabetização científica e educação para sustentabilidade no contexto de CN (à direita).

O termo alfabetização científica pode ser entendido como a “capacidade de ler, compreender e expressar opinião sobre assuntos de caráter científico” (MILLER, 1983, p. 30). No contexto da disciplina CN, o objetivo de promover a alfabetização científica é proporcionar uma visão ampla dos impactos causados pelo desenvolvimento científico e tecnológico em nossa sociedade (CORREIA et al., 2010).

A alfabetização científica pode ser uma resposta para o ensino de ciências, com cidadãos que pensam criticamente sobre o papel da ciência na sociedade e que utilizam o conhecimento científico como uma ferramenta para decisões informadas (MCCLUNE e JARMAN, 2010), adquirindo habilidades e conhecimentos necessários para solucionar os problemas complexos a serem enfrentados no século XXI (BYBEE e FUCHS, 2006).

Os conhecimentos de caráter científico são fundamentais para os cidadãos tomarem decisões conscientes sobre temas como as mudanças climáticas. É fundamental entender como a alfabetização científica se relaciona com a educação para a sustentabilidade, visto que o conhecimento científico é necessário para a compreensão plena dos complexos problemas ambientais a serem enfrentados nas próximas décadas (CARTER, 2008; CORREIA et al., 2010; KEMPTON, 1991; READ et al., 1994; UNGAR, 2000).

Para estabelecer esta relação, precisamos compreender o conceito de sustentabilidade proposto pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, no ano de 1987, que foi definido como: “necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. Nesta comissão criou-se uma nova declaração universal sobre a proteção ambiental e o desenvolvimento sustentável (Relatório Brundtland). A proposta ganhou apoio em todo o mundo com o argumento de que o desenvolvimento deve garantir a coexistência do ambiente e da sociedade.

Tendo em vista a compreensão dos problemas ambientais, a alfabetização científica pode ser considerada como uma nova demanda, a fim de promover a educação para a

sustentabilidade ao longo da formação dos alunos (Figura 14). Isso exige que a educação para a sustentabilidade seja encarada de maneira inovadora, ou seja, afinada com as atuais tendências da sociedade (CORREIA et al., 2010).

Figura 14. Contexto da disciplina CN para atingir a educação para a sustentabilidade.

Através da Figura 14, é possível observar que a disciplina Ciências da Natureza e a educação para a sustentabilidade estão em dois extremos destacados no centro por uma seta preta. Em CN, a promoção da educação para a sustentabilidade (Figura 14) é alcançada através da alfabetização científica que integra os avanços científico-tecnológicos (elementos da cultura da área de exatas e biológicas) e os seus desdobramentos éticos e sociais (elementos da cultura da área de humanas). O restabelecimento do diálogo entre as duas culturas caracterizadas por C. P. Snow (1959) é fundamental para construir um entendimento preciso sobre temas complexos como as mudanças climáticas.

3.2 Coleta dos dados

A coleta dos dados empíricos foi feita considerando-se os MCs produzidos individualmente por 69 alunos que cursaram a disciplina Ciências da Natureza (CN). A atividade fez parte da segunda avaliação da disciplina (P2), que ocorreu na aula 10 (Figura 15). Um período de treinamento sobre mapeamento conceitual foi oferecido aos alunos durante parte do tempo destinado às aulas 1-4 (CORREIA, INFANTE-MALACHIAS e GODOY, 2008). As aulas da disciplina CN foram ministradas ao longo do 1º semestre de 2010 pelo orientador deste trabalho (P.R.M.C.).

Figura 15. Organização geral da disciplina Ciências da Natureza (CN), com destaque para o período de intervenção na sala de aula (aulas 6-10).

As atividades propostas para a discussão envolvendo as mudanças climáticas estão descritas na Tabela 4. A relevância do conceito “dispersão” para compreensão dos aspectos espaciais vinculados à dinâmica atmosférica foi especialmente reforçada, a fim de que os alunos percebessem que ações locais podem ter consequências globais ¹(FENGGER, 2009; UNGAR, 2000). Leituras preparatórias (MENDES, 2003), notícias da mídia e imagens de satélite foram os recursos didáticos selecionados para as aulas 6-9.

A utilização de animações, produzidas a partir de imagens de satélite, foi a estratégia selecionada para enfatizar o papel da dispersão de poluentes gasosos como forma de explicar

¹ A rigor, os conceitos dispersão e transporte de poluentes são fundamentais para entender a dinâmica da atmosfera. Em CN optou-se somente pelo conceito dispersão, visto que a disciplina apresenta caráter de formação básica aos ingressantes na universidade (USP/LESTE).

cientificamente os motivos pelos quais a poluição atmosférica não fica circunscrita ao local responsável pela emissão dos poluentes.

Tabela 4. Atividades didáticas sobre mudanças climáticas, desenvolvidas entre as aulas 6-10.

Aula	Material utilizado	Atividades e objetivos
6	Texto “Meio ambiente: ciência e tecnologia”, por Ibsen Gusmão de Câmara (MENDES, 2003)	<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva dialogada sobre o texto • Análise das relações existentes entre a ciência, a tecnologia e os problemas ambientais globais
7	Texto “Meio ambiente: energia”, por José Goldemberg (MENDES, 2003)	<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva dialogada sobre o texto • Análise dos atuais padrões de consumo de energia e do aumento da demanda por combustíveis fósseis • Integração dos conceitos das aulas 6 e 7 por meio da discussão das mudanças climáticas
8	Notícias disponíveis na Internet sobre mudanças climáticas, selecionadas pelos alunos	<ul style="list-style-type: none"> • Trabalho em pequenos grupos de alunos • Identificação de trechos das notícias que indicam relações entre ciência/tecnologia, ciência/sociedade e tecnologia/sociedade • Discussão sobre como as mudanças climáticas são apresentadas na mídia
9	Imagens de satélite que representam a dinâmica atmosférica	<ul style="list-style-type: none"> • Exibição de vídeos que mostram o caráter dinâmico dos processos atmosféricos • Discussão sobre a relação entre ações locais e efeitos globais devido à dispersão de poluentes gasosos na atmosfera
10	Mapa conceitual elaborado para consulta durante a avaliação (P2)	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboração individual de MC, sendo obrigatório o uso do conceito dispersão

Dois vídeos foram exibidos durante a aula 9. Um deles (Figura 16), produzido pelo órgão americano responsável pelo monitoramento de oceanos e da atmosfera (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA), apresentou o satélite geoestacionário

dedicado a medidas de relevância ambiental (Geostationary Operational Environmental Satellite, GOES). O outro, produzido pelo serviço de meteorologia do Reino Unido (Met Office), mostrou a dispersão das cinzas vulcânicas emitidas na Islândia que comprometeram o tráfego aéreo no norte da Europa em 2010 (Figura 17).

Figura 16. Imagens (a) e (b) obtidas através do vídeo produzido pelo órgão americano responsável pelo monitoramento de oceanos e da atmosfera (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA).

Figura 17. Imagem obtida através do vídeo produzido pelo serviço de meteorologia do Reino Unido (Met Office).

3.2.1 Treinamento em mapas conceituais

Inicialmente, os alunos foram apresentados à técnica de mapeamento conceitual e treinados para elaborar bons MCs, durante um período de treinamento que ocorreu entre as aulas 1-4 (Figura 15). A capacitação extrapola o caráter lúdico dessa atividade e incorpora elementos provenientes do arcabouço teórico que sustenta a aprendizagem significativa, o mapeamento conceitual e a construção colaborativa de conhecimento. Quatro conceitos centrais foram utilizados para o processo de treinamento (Tabela 5).

Tabela 5. Conceitos para o planejamento do treinamento em MCs.

Conceito	Fundamentação
Proposição	Elementos constituintes das proposições de um MC. Compreensão de que estes devem apresentar uma unidade semântica formada pelo “conceito inicial + termo de ligação + conceito final”.
Questão Focal	A questão focal representa o elemento crítico para a seleção dos conceitos e proposições mais relevantes na elaboração do MC.
Recursividade	O MC sempre pode ser revisado, apresentando uma característica dinâmica.
Hierarquia	Característica estrutural do MC. O mapa conceitual ajuda a organizar os conceitos que devem ser organizados com clareza.

A promoção da capacitação em mapas conceituais compreende a definição de proposição, da importância da questão focal, da possibilidade de revisão e a estrutura hierárquica dos MCs (Tabela 5).

A partir dos conceitos mencionados acima (Tabela 5), três estratégias instrucionais foram desenvolvidas pelo nosso grupo de pesquisa: a tabela de clareza proposicional (TCP), o mapa conceitual semiestruturado (MCSE) e a aprendizagem colaborativa expandida (ACE).

A tabela de clareza proposicional (TCP) tem como função visualizar as proposições do MC isoladamente. O mapeador deve elaborar uma tabela contendo 4 colunas, nas quais cada uma das proposições fique em uma linha diferente. O objetivo da TCP é que o autor do MC leia as proposições de forma isolada julgando a clareza semântica por meio de uma escala de 5 níveis (Likert), onde os valores extremos são 1 = baixa clareza semântica e 5 = alta clareza semântica.

O MCSE é baseado no mapa conceitual cíclico e no pensamento dinâmico para elaboração das proposições (SAFAYENI, DERBENTSEVA e CAÑAS, 2005;

DERBENTSEVA, SAFAYENI e CAÑAS, 2007). No MCSE, o número de conceitos do mapa conceitual é determinado estimulando um exercício de síntese.

Os mapas conceituais semiestruturados (Figura 18) serviram como avaliação da disciplina (P2). Os MCSE foram elaborados a partir da pergunta focal: “como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?”. O número máximo de conceitos utilizados por aluno foi igual a nove, sendo que “dispersão” foi escolhido como conceito obrigatório (CO) para essa avaliação da disciplina ACH 0011 Ciências da Natureza.

Figura 18. MC semiestruturado apresentado aos alunos na aula 10.

A aprendizagem colaborativa expandida (ACE) refere-se à revisão por pares de MCs elaborados de forma colaborativa. A ACE proporciona que mapeadores iniciantes identifiquem possíveis erros nos mapas conceituais. Os alunos recebem pareceres dos seus pares, em que grupos de autores avaliam e revisam os comentários da versão inicial dos MCs. Na Figura 19 um exemplo que como é realizada a ACE.

Figura 19. Representação de como é realizada a ACE. Legenda: alunos (círculos numerados 1-4) e setas (sentido da revisão por pares de MCs).

Na Figura 19 é possível identificar três grupos de quatro alunos que elaboram seus MCs. As setas indicam o sentido da revisão dos mapas conceituais. Nesse contexto, a revisão por pares é uma colaboração a partir da produção por pares, conferindo a esta o adjetivo de expandida em virtude da sistematização utilizada. O desenvolvimento de procedimentos de treinamento em MCs é imprescindível para a realização de atividades com mapas conceituais em um processo de ensino-aprendizagem.

3.3 Tratamento dos dados

3.3.1 Mapas conceituais

Os MCs coletados foram organizados por aluno, arquivando-se os registros escritos e impressos (quando os materiais eram eletrônicos) em portfólios. A análise dos mapas conceituais elaborados pelos alunos contempla a análise de vizinhança (AViz).

3.3.1.1 Análise de Vizinhança

Análise dos conceitos

Todos os MCs ($n = 69$) foram analisados considerando-se apenas as proposições ($n = 175$) que continham o conceito obrigatório (CO). O primeiro tratamento feito a partir dos

MCs considerou o número de conceitos vizinhos (CVs) associados ao CO (dispersão). Esse aspecto quantitativo foi representado na forma de um gráfico de frequências.

O segundo tratamento teve como objetivo identificar quais foram os conceitos mais utilizados como vizinhos (CVs) ao conceito obrigatório (CO). Para isso, utilizou-se a nuvem de palavras criadas pelo programa Wordle (wordle.net), que representa com letras maiores as palavras (conceitos) mais frequentes (VIÉGAS, WATTENBERG e FEINBERG, 2009). Uma lista contendo todos os CVs (n = 175) identificados nos MCs (n = 69) foi inserida como dado primário para a geração da nuvem de palavras.

Análise das proposições

As proposições (n = 175) que utilizaram o CO foram categorizadas a partir do seu conteúdo semântico. Para isso, uma planilha contendo todas as proposições foi elaborada para que três pessoas do nosso grupo de pesquisa sugerissem potenciais categorias para agrupar as proposições de acordo com a semelhança em termos do conteúdo da sua mensagem (Tabela 6).

Tabela 6. Organização das proposições que contêm o CO para o processo de categorização em termos do seu conteúdo semântico. As proposições (P) indicadas nesta tabela foram extraídas do MC apresentado na Figura 20.

P	Conceito inicial	Termo de ligação	Conceito final	Cat1	Cat2	Cat3
1	dispersão	é um conceito oriundo da	ciência			
2	ações locais	requerem a compreensão do conceito de	dispersão			
3	efeitos globais	requerem a compreensão do conceito de	dispersão			
4	fenômenos atmosféricos	requerem a compreensão do conceito de	dispersão			

P: contagem crescente do número de proposições existente em cada um dos mapas conceituais. Conceito inicial, termo de ligação e conceito final: descreve os constituintes de cada uma das proposições do mapa conceitual.

Cat1, Cat2 e Cat3: categorização independente realizada por três pesquisadores diferentes.

Após essa etapa, os categorizadores desenvolveram um conjunto consensual e negociado de categorias, o qual foi utilizado para as proposições. Todos os envolvidos categorizam novamente as proposições e verifica-se o índice de discrepância (ID) entre eles.

O índice de discrepância pode ser calculado a partir da equação 1, onde QPD significa quantidade de proposições discrepantes e QPC significa quantidade de proposições consensuais. Deve-se notar que o denominador equivale ao conjunto total de proposições submetidas ao processo de categorização ($n = 175$, no caso do presente trabalho). Com base na nossa experiência, foi estabelecido que valores menores que 0,1 para o ID são aceitáveis e indicam que as categorias propostas são adequadas para descrever o conteúdo semântico das proposições. Quando essa situação se verifica, os categorizadores se reúnem para solucionar as últimas discrepâncias observadas durante o processo de categorização. Por outro lado, valores maiores que 0,1 para o ID indicam que o conjunto de categorias deve ser revisado para diminuir o nível de discrepância observado quando indivíduos diferentes atribuem categorias diferentes a uma mesma proposição (CORREIA et al., 2010).

$$ID = QPD / (QPD + QPC) \quad \text{Equação 1}$$

Após a conclusão do processo de categorização das proposições, foi feita uma avaliação de cada MC, considerando o número de CVs e as categorias atribuídas às respectivas proposições que vinculam cada CV com o CO (dispersão).

Análise dos mapas conceituais

Esta etapa do tratamento teve como objetivo identificar padrões nos MCs a partir do uso do CO. Os mapas conceituais ($n = 69$) foram analisados a partir da pontuação atribuída (Tabela 7) em cada categoria estabelecida na etapa anterior da AViz. Proposições muito relevantes (MR) para expressar relações com o CO receberam maior pontuação (+ 2), já para as proposições com erro conceitual (EC) foi atribuído menor pontuação (- 2).

Os valores intermediários foram atribuídos para as proposições sem sentido (SS), as quais receberam pontuação - 1, e para as relevantes (R) que expressam relações com o CO foi estabelecido pontuação + 1.

Tabela 7. Pontuação atribuída para cada categoria estabelecida a partir das proposições que apresentaram o CO.

Categoria	Valor atribuído
MR	+ 2
R	+ 1
SS	- 1
EC	- 2

A atribuição da pontuação foi feita a partir da elaboração de uma planilha semelhante à da Tabela 8 para identificar o número de proposições em cada categoria. Através dos valores obtidos, foi calculada a média ponderada para cada aluno.

A média ponderada permite a identificação de padrões nos MCs dos alunos, visto que os valores obtidos estão relacionados com o conteúdo semântico das proposições estabelecidas com o CO no MC.

Tabela 8. Exemplo de planilha que foi utilizada para calcular a pontuação obtida em cada MC.

Aluno	Número de proposições com o CO	Categorias				Pontuação (média ponderada)
		EC	SS	R	MR	
		- 2	- 1	+ 1	+ 2	
1	2	-	-	2	-	+ 1,00
2	2	1	-	1	-	- 0,50
3	2	1	-	-	1	0
4	1	-	-	-	1	+ 2,00
5	3	1	-	1	1	+ 0,33
6	2	-	-	1	1	+ 1,50
7	3	-	-	2	1	+ 1,33
8	3	-	-	3	-	+ 1,00
9	4	1	-	3	-	+ 0,25
10	2	-	-	2	-	+ 1,00

Capítulo 4

Resultados e discussão

4. Resultados e discussão

4.1 A escolha do conceito obrigatório

A escolha do conceito obrigatório (CO) é uma etapa crítica para que a análise de vizinhança (AViz) revele o entendimento que os mapeadores têm sobre o tema. O professor é a melhor pessoa para selecionar o CO, visto que ele tem a responsabilidade de selecionar o conteúdo, os materiais instrucionais e os métodos de ensino a serem utilizados durante as aulas. Por esses motivos, os autores deste trabalho elaboraram um MC (Figura 20) com o propósito de identificar o conceito relacionado às mudanças climáticas que melhor poderia ser utilizado como CO, considerando as características já descritas da disciplina CN (Figura 15 e Tabela 4).

Figura 20. Mapa conceitual elaborado pelo docente da disciplina (P.R.M.C.) e pela autora desta dissertação (C.A.T.C.) para selecionar o conceito obrigatório a ser utilizado na P2 da disciplina CN. Legenda: dispersão, conceito obrigatório (CO, retângulo sombreado), conceitos vizinhos (CV, círculo preto) e conceitos complementares (CC, retângulos sem sombra). Setas tracejadas indicam proposições que não contêm o CO; setas contínuas indicam proposições que contêm o CO.

Após várias discussões para revisar o MC (Figura 20), optou-se por utilizar o conceito dispersão como CO, tendo em vista a possibilidade de relacioná-lo com a ciência, os fenômenos atmosféricos, os efeitos globais e as ações locais. A partir dessa decisão, as opções instrucionais do professor da disciplina (P.R.M.C.) foram feitas para enfatizar essas relações conceituais (Figura 15 e Tabela 4).

4.2 Análise dos conceitos vizinhos (CV)

A avaliação quantitativa dos CVs ligados ao CO (dispersão) permite verificar a quantidade de vizinhos que os alunos utilizaram para expressar suas relações no MC. Dispersão esteve presente em 175 proposições, sendo que ele foi utilizado como o conceito final quase em 60% ($n = 102$) dos casos. Dois ou três CVs estavam ligados ao conceito “dispersão” em 73% dos MCs (Figura 21). Apesar das instruções, dois alunos não utilizaram o conceito dispersão (CO) na elaboração dos seus MCs.

Figura 21. Gráfico de frequência representando o número de conceitos vizinhos (CVs) ligados ao CO (dispersão).

A análise da Figura 21 revelou um MC contendo um número elevado e atípico de CVs ($n = 7$). O autor do MC conseguiu estabelecer nove proposições com o CO utilizando para isso sete CVs, apesar da limitação imposta quanto à utilização de nove conceitos para a elaboração da prova. Deve-se ressaltar que esta avaliação quantitativa não considera a qualidade das proposições dos MCs, nem se elas apresentam imprecisões conceituais.

A utilização de dois ou três CVs ligados ao conceito “dispersão” pode estar relacionado com a estratégia de utilização do MCSE, visto que este estimula habilidades de síntese na elaboração do MC. Através do mapa conceitual semiestruturado o aluno pode estabelecer relações entre nove conceitos, sendo que um foi obrigatório (CO).

A frequência dos conceitos utilizados nas proposições que contêm o CO (dispersão) foi estimada usando a nuvem de palavras obtida em Wordle (Figura 22). Os conceitos mais frequentes (mudanças climáticas, gases, efeito estufa e poluição) estão em fontes grandes, enquanto os menos frequentes (ambiente, ciência e tecnologia) estão em fontes pequenas. Deve-se ressaltar que estes conceitos nem sempre foram utilizados pelos alunos para expressar ideias corretas pelo entendimento científico atual sobre as mudanças climáticas.

Figura 22. Nuvem de palavras obtida de todos os conceitos vizinhos utilizados pelos alunos para expressar seu entendimento sobre a dispersão (wordle.net).

Todos os conceitos que estão representados na nuvem de palavras são relevantes para explicar as mudanças climáticas, considerando-se o atual conhecimento científico relacionado com a dinâmica atmosférica e a dispersão de poluentes (FENGER, 2009; UNGAR, 2000). Por outro lado, somente com a análise do conteúdo semântico expresso pelas proposições foi possível verificar se os alunos compreendem de forma adequada as relações entre estes conceitos científicos. Uma vantagem associada ao uso do mapeamento conceitual é a possibilidade de identificar as LIPs, lembrando sempre de que um bom MC pode apresentar imprecisões conceituais passíveis de revisão (NOVAK, 2002).

Na Figura 22 é possível identificar que as palavras presentes na pergunta focal (Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?) podem ter interferência no CVs observados na nuvem. Verifica-se, através do wordle, que o conceito mudanças climáticas foi acionado com mais frequência do que os conceitos ciência e tecnologia.

4.3 Análise das proposições

A categorização foi realizada somente para as proposições que apresentavam o CO (dispersão). O objetivo desta análise foi verificar o conteúdo semântico das proposições, classificá-las em categorias e identificar erros conceituais. As categorias propostas estão relacionadas com a relevância das proposições para expressar aspectos vinculados com a dinâmica atmosférica (Tabela 9). O uso do CO impôs aos alunos o desafio de incluir um fenômeno físico (dispersão) no repertório de argumentos para responder à pergunta focal “Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?”. A inclusão da dispersão deve aumentar a chance de os alunos estabelecerem argumentos válidos para justificar o fato de ações locais resultarem em problemas globais.

Tabela 9. Resultado do processo de categorização do conteúdo semântico das proposições elaboradas pelos alunos, em função da quantidade de conceitos vizinhos (CV).

Categorias	Quantidade de proposições com os conceitos vizinhos (CV)						
	1	2	3	4	5	6	9
MR. Muito relevante	2	25	13	6	6	-	-
PR. Pouco relevante	3	23	25	8	7	-	-
SS. Sem sentido	-	7	2	-	4	3	7
EC. Erro conceitual	2	11	11	2	3	3	2

Duas categorias de análise (sem sentido e erro conceitual) foram definidas *a priori* (Tabela 9). A categoria sem sentido (SS) identifica as proposições que não podem ser compreendidas pela sua leitura, devido à falta de clareza semântica ao expressar a relação entre dois conceitos, por conta da má escolha do termo de ligação (ex.: dispersão – de → massa de ar). A categoria erro conceitual (EC) tem como objetivo classificar as proposições em que o conceito dispersão foi utilizado inadequadamente, considerando-se o conhecimento científico vigente (ex.: dispersão – causa → aquecimento da Terra).

A categoria MR identifica proposições muito relevantes para expressar a compreensão dos aspectos espaciais vinculados à dinâmica atmosférica. Nessa categoria, é possível identificarem-se estruturas proposicionais que estabeleçam relações entre o caráter global das mudanças climáticas e a dispersão (ex.: dispersão – torna global as → ações locais; dispersão – gera → impactos globais; dispersão – globaliza as → mudanças climáticas).

A categoria R foi utilizada para expressar relações relevantes dos CVs com o CO. Nas proposições que receberam essa categorização, não foi possível identificarem-se relações do

caráter global das mudanças climáticas (ex.: dispersão – ocorre na → atmosfera; planeta – onde ocorre a → dispersão; gás carbônico – sofre → dispersão).

Na Tabela 9, é possível identificar que as categorias predominantes das proposições foram a R, com mais de 35%, e a MR com quase 30% dos MCs. Os alunos que usaram dois ou três CVs apresentaram predominantemente proposições MR (muito relevantes) ou R (relevantes) com o CO, relacionando de forma correta a dispersão com os outros conceitos (CV). Cabe destacar que os MCs que continham as maiores quantidades de CV (Figura 21) apresentaram proposições sem sentido, conceitualmente erradas e ingênuas ao relacionar o CO com seus vizinhos. Isso desvincula a relação entre quantidade e qualidade das proposições que um MC pode apresentar, a partir do CO.

A análise das proposições indicou que quase 70% do conjunto analisado se enquadrou nas categorias MR e R (Tabela 9). Observa-se que menos de 20% das proposições apresentaram erro conceitual (EC). O índice de proposições com baixa clareza semântica (SS) foi menor que 15%, indicando a proficiência dos alunos na elaboração dos MCs.

4.3.1 Mapas conceituais dos alunos

A fim de destacar como o CO (dispersão) foi relacionado com os CVs presentes na rede proposicional foram selecionados 4 MCs produzidos pelos alunos para ilustrar os padrões típicos identificados com a análise de vizinhança (Figura 23). Dois padrões chamaram de forma especial a nossa atenção: MCs com elevado número de proposições que estabeleceram relações com o CO (Figura 23a-23b) e MCs com reduzido número de proposições com o CO (Figura 23c-23d).

Os MCs presentes neste trabalho não são dados originais, eles receberam a formatação da autora desta dissertação. Os mapas conceituais originais estão no Anexo I.

(a)

(b)

Figura 23. MCs produzidos pelos alunos, que ilustram dois padrões identificados. Nas proposições está indicada a classificação das categorias estabelecida para a análise (Tabela 9). As Figuras 23a-23b mostram o uso inadequado do CO e as Figuras 23c-23d representam o uso adequado do CO. Legenda: dispersão, conceito obrigatório (CO, retângulo sombreado), conceitos vizinhos (CV, círculo preto) e conceitos complementares (CC, retângulos sem sombra). Setas tracejadas indicam proposições que não contêm o CO; setas contínuas indicam proposições que contêm o CO.

No MC da Figura 23a, o aluno utilizou seis proposições ligadas ao conceito dispersão (CO). Este MC apresenta três proposições na categoria SS (sem sentido), indicando falta de clareza semântica (ex.: dispersão – de → gases) e três proposições na categoria ER (erro conceitual), sugerindo que o mapeador não compreendeu o conceito dispersão (ex.: efeito estufa– causado pela → dispersão). Já a Figura 23b mostra que o aluno utilizou nove proposições ligadas ao CO, acionando sete CVs. Os conceitos “crise energética” e “consumo de recursos naturais” foram utilizados como conceito inicial e final no mesmo MC. Este MC apresenta sete proposições na categoria SS (sem sentido) e duas proposições na categoria EC (erro conceitual), fato que atesta a falta de clareza semântica (ex.: CO₂ – por causa de → dispersão) e a não compreensão do CO (ex.: crise energética – leva → dispersão). Nos MCs das Figuras 23a-23b é possível identificar a presença de estruturas inadequadas ou inapropriadas (LIPHs).

O MC da Figura 23c apresenta proposições classificadas nas categorias R (ex.: gases de efeito estufa – sofrem → dispersão) e MR (ex.: dispersão – torna global os → problemas ambientais). O MC da Figura 23d também apresenta proposições classificadas nas categorias R (ex.: satélite GOES – possibilita a visualização da → dispersão de gases) e MR (ex.: dispersão de gases – mostra a necessidade da → consciência global). Ambos os MCs (Figura 23c-23d) ilustram como os alunos relacionaram o conceito “dispersão” de forma aceitável, ou seja, sem cometer erros conceituais e expressando claramente suas ideias por meio de proposições.

Os MCs que apresentaram um bom entendimento do CO estão nas categorias R e MR, porém as proposições muito relevantes descrevem o caráter global das mudanças climáticas, já os erros conceituais são identificados na EC e a falta de clareza proposicional é verificada na categoria SS. Observa-se na Tabela 9 que quase 30% das proposições estão relacionadas à categoria MR para expressar as relações do conceito dispersão dentro do contexto das

mudanças climáticas, o que indica que esses alunos apresentam uma boa compreensão sobre a importância da “dispersão” para o entendimento do caráter global das mudanças climáticas.

A apreciação conjunta das Figuras 23a-23d nos permite concluir que a quantidade de CVs e de proposições estabelecidas a partir do CO não tem relação direta com o nível de entendimento sobre o conceito obrigatório.

4.4 Análise dos mapas conceituais

O processo de análise dos MCs foi realizado somente para as proposições que apresentavam o CO (dispersão), com o objetivo de verificar padrões nos mapas conceituais. Foi calculada a média ponderada para cada MC, de acordo com a categoria atribuída a cada proposição.

A partir das médias ponderadas para cada mapa conceitual, obtiveram-se valores que variaram de $-2 \leq M \leq 2$. Estabeleceram-se assim, quatro padrões (Pd) para os mapas conceituais (Figura 24), baseado nesses valores: Pd1 ($-2 \leq M < -1$), Pd2 ($-1 \leq M \leq 0$), Pd3 ($0 < M \leq +1$) e Pd4 ($+1 < M \leq +2$).

Figura 24. Padrões observados para a análise dos MCs em função dos conceitos vizinhos (CV).

Através dos padrões observados na Figura 24, é possível identificar que cerca de 12% das proposições apresentaram padrão 1 e menos de 30% padrão 2. Estes MCs representam os

alunos que não utilizaram inadequadamente o CO. Os MCs com Pd3 e Pd4 representam mais de 60%, sendo quase 40% do padrão 4.

4.4.1 Mapas conceituais dos alunos

Foram selecionados 4 MCs produzidos pelos alunos (Figura 25), com o objetivo de apresentar MCs de cada um dos Pds (1-4) obtidos nessa etapa da AViz. Os padrões 1 e 2 representam os MCs com baixa pontuação e os padrões 3 e 4 com maior pontuação.

Figura 25. MCs para ilustração dos padrões identificados. Estão indicadas as pontuações estabelecidas para a análise: padrão 1 (a), padrão 2 (b), padrão 3 (c) e padrão 4 (d). Legenda: dispersão, conceito obrigatório (CO, retângulo sombreado), conceitos vizinhos (CV, círculo preto) e conceitos complementares (CC, retângulos sem sombra). Setas tracejadas indicam proposições que não contêm o CO; setas contínuas indicam proposições que contêm o CO.

O MC da Figura 25a apresentou pontuação - 2, caracterizado como padrão 1. Este padrão indica os alunos que não tiveram uma boa compreensão sobre o conceito “dispersão” no contexto das mudanças climáticas. Na proposição que apresentou o CO (gases estufas – não sofrem → dispersão) é possível identificar a presença de uma LIPH. A estrutura proposicional estabelecida pelo aluno é limitada/ inapropriada, visto que o aluno declara em seu MC que os gases estufas não sofrem dispersão. A proposição estabelecida é contrária a estratégia instrucional utilizada pelo professor para que os alunos compreendessem o caráter global das mudanças climáticas.

A identificação das LIPHs é favorecida pela presença de um conceito obrigatório utilizado na estratégia da AViz. Através da utilização do CO é possível que, durante a instrução, o professor tenha maior precisão para orientar o aluno, quando for identificada a presença de LIPHs. A construção de significados exige que os novos conhecimentos sejam integrados aos já existentes. Para superar os obstáculos das LIPHs é necessário que o estudante faça a opção de aprender significativamente que o professor ajude os alunos a superá-las.

O padrão 2 é identificado na Figura 25b, este indica os alunos que não tiveram uma boa compreensão sobre o conceito “dispersão” no contexto das mudanças climáticas, contudo apresentaram pontuação mais alta do que os MCs do padrão 1. A Figura 25b representa um mapa conceitual com pontuação - 1. O MC apresenta duas proposições com falta de clareza semântica (CO₂ – diminuindo a → dispersão; dispersão – no → planeta).

Os MCs com baixa clareza semântica podem ser explicados por dois fatores: falta de capacitação para usar a técnica e/ou falta de domínio do tema mapeado (CONRADTY e BOGNER, 2010). Nossa experiência na utilização de mapas conceituais em sala de aula tem demonstrado que a proficiência dos alunos em MCs é fundamental para a plena utilização do potencial desta técnica. Portanto o treinamento com base nas três estratégias instrucionais

(TCP, MCSE e ACE), que foram utilizadas nessa pesquisa, reduz a possibilidade da falta de proficiência em elaborar MCs. A hipótese de que de este aluno não tenha uma boa compreensão do tema mapeado, pode ser um fator que corroborou para que ele não conseguisse utilizar adequadamente o conceito obrigatório.

No MC da Figura 25c, o aluno utilizou uma proposição ligada ao conceito dispersão (CO) e esta foi categorizada como relevante (R). A proposição “gases do efeito estufa – sofrem → dispersão” recebeu pontuação + 1 (padrão 3). O padrão 3 indica os alunos que tiveram uma boa compreensão sobre o conceito “dispersão” no contexto das mudanças climáticas. A proposição estabelecida com o CO neste MC não permite identificar se o aluno compreendeu aspectos relacionados com o caráter global das mudanças climáticas.

No MC da Figura 25d, é possível identificarem-se claramente aspectos relacionados com a dinâmica atmosférica. Neste foram estabelecidas duas proposições na categoria MR dispersão – globaliza as → mudanças climáticas e dispersão – socializa a → poluição. O mapa conceitual apresentou pontuação + 2, ou seja, padrão 4. Com os MCs desse padrão, é possível identificar os alunos que estabeleceram relações do caráter global das mudanças climáticas com a dispersão de poluentes.

A apreciação conjunta dos MCs apresentados (Figuras 23 e 25) nos permite concluir que a utilização da AViz, a partir do uso de um CO, favorece a identificação de LIPs. A possibilidade de identificação das estruturas hierárquicas inapropriadas ou limitadas através do uso do CO pode permitir ao professor ajustar estas estruturas durante o processo de ensino-aprendizagem. Portanto, através da chance de superação das LIPs as opções feitas na sala de aula podem favorecer a aprendizagem significativa de forma mais eficiente. Certamente, há espaço na literatura para a aplicação da AViz em outros contextos educacionais para verificar a robustez da conclusão obtida a partir dos MCs considerados nesta oportunidade.

Capítulo 5

Considerações finais

5. Considerações finais

Mapas conceituais contêm informações latentes que não são reveladas a partir da leitura da rede proposicional. Considerando que esta hipótese, o desenvolvimento de procedimentos inovadores para analisar MCs é bem-vindo para disseminar o uso desta técnica de representação gráfica da informação e do conhecimento. A análise de vizinhança (AViz), proposta neste trabalho, é uma forma inédita de se analisarem MCs elaborados por alunos durante o processo de ensino-aprendizagem. Ela se vincula com as estratégias instrucionais do professor, visto que ele deve selecionar um conceito obrigatório (CO) para, a partir dele, classificar os demais conceitos do MC em vizinhos (CV) ou complementares (CC). Quando selecionado de forma criteriosa, as proposições estabelecidas entre o CO e os CVs revelam o nível de compreensão que o mapeador possui sobre o tema abordado. A identificação de relações conceituais ingênuas pode ser uma forma de o professor identificar estruturas hierárquicas limitadas ou inapropriadas (LIPHs), permitindo uma orientação de estudo mais precisa para os alunos.

A primeira aplicação da AViz foi feita com MCs sobre mudanças climáticas. Dispersão foi selecionada como conceito obrigatório (CO) e, a partir dela, verificaram-se as proposições que os alunos estabeleceram com outros conceitos (CVs). A utilização de animações produzidas a partir de imagens de satélite foi uma opção instrucional do professor da disciplina, a fim de enfatizar o papel central desse fenômeno físico para a compreensão do caráter global desse problema ambiental. Apesar de serem submetidos à mesma sequência didática, os MCs produzidos pelos alunos revelaram diferentes níveis de compreensão sobre o conceito dispersão para explicar a relação entre o desenvolvimento científico-tecnológico e as mudanças climáticas.

A potencialidade do uso de MCs e da AViz extrapolam o tema das aulas apresentadas neste trabalho. A utilização dos procedimentos descritos também pode ser feita em situações

disciplinares em diferentes níveis da educação formal (ensino fundamental, médio ou superior). Por outro lado, a análise de MCs obtidos a partir de temas interdisciplinares revela com maior intensidade todo o potencial que o mapeamento conceitual pode ter quando utilizado adequadamente ao longo do processo de ensino-aprendizagem.

A identificação das LIPs, através do CO, permite ao professor condições melhores de orientar seus alunos na superação dessas estruturas. É importante ressaltar que o uso do CO tem um grande potencial para modificar a aprendizagem em ambientes reais e, por isso, a AViz pode ser explorada por mais pesquisadores interessados em MCs.

Referências

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BEYERBACH, B. A.; SMITH, J. M. Using a computerized concept mapping program to assess preservice teachers' thinking about effective teaching. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 27, n. 10, p. 961-971, 1990.

BYBEE, R. W.; FUCHS, B. Preparing the 21st century workforce: A new reform in science and technology education. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 43, n. 4, p. 349-352, 2006.

CAÑAS, A. J.; NOVAK, J. D. Re-examining the foundations for effective use of concept maps. In: A. J. CAÑAS; J. D. NOVAK (Ed.). **Proceedings of the Second International Conference on Concept Mapping**, San Jose, Costa Rica: Universidad de Costa Rica, 2006.

CARTER, L. Sociocultural influences on science education: innovation for contemporary times. **Science Education**, v. 92, n. 1, p. 165-181, 2008.

CONRADTY, C.; and BOGNER, F.X. Implementation of Concept Mapping to Novices: Reasons for Errors, a Matter of Technique or Content? **Educational Studies**, v. 36, n. 1, p. 47-58, 2010.

CORREIA, P. R. M.; INFANTE-MALACHIAS, M. E.; GODOY, C. E. C. From theory to practice: the foundations for training students to make collaborative concept maps. In: A. J. CAÑAS; J. D. NOVAK; REISKA, P.; AHLBERG, M. K. (Ed.). **Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping**. Tallin, Estonia; Helsinki, Finlândia: OÜ Vali Press, 2008.

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

DERBENTSEVA, N.; SAFAYENI, F.; CAÑAS, A. J. Concept maps: experiments on dynamic thinking. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 44, n. 3, p. 448-465, 2007.

FENGER, J. Air pollution in the last 50 years - from local to global. **Atmospheric Environment**, v. 43, p.13-22, 2009.

<http://www.nnvl.noaa.gov/MediaDetail.php?MediaID=325&MediaTypeID=2>. Acesso em: 20 abr. 2011.

http://www.metoffice.gov.uk/corporat2/pressoffice/2010/volcano/sat_animation/. Acesso em: 20 abr. 2011.

KEMPTON, W. Lay perspectives on global climate changes. **Global Environmental Change**, v. 1, n. 3, p. 183-208, 1991.

KINCHIN, I. M.; HAY, D. B.; ADAMS, A. How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. **Educational Research**, v. 42, n. 1, p. 43-57, 2000.

KRATHWOHL, D. R. A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview - **Theory into Practice**, v. 41, n. 4, p. 212, 2002.

MAYER, R. E. Rote versus meaningful learning. **Theory into practice**, v. 41, n. 4, p. 226-232, 2002.

MCCLUNE, B.; JARMAN, R. Critical reading of science-based news reports: Establishing a knowledge, skills and attitudes framework. **International Journal of Science Education**, v. 32, n. 6, p. 727-752, 2010.

MENDES, A T. **Meio ambiente no século XXI: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento**. Rio de Janeiro: Sextante, 2003.

MILLER, J. D. Scientific literacy: A conceptual and empirical review. **Daedalus**, v. 112, n. 2, p. 29-48, 1983.

MILLER, N. L.; CAÑAS, A. J. A semantic scoring rubric for concept maps: design and reliability. In: A. J. CAÑAS, P. REISKA, M. AHLBERG, J. D. NOVAK (Ed.). **Proceedings of the Third International Conference on Concept Mapping**, Tallin, Estonia; Helsinki, Finlândia: OÜ Vali Press, 2008.

MOON, B.; HOFFMAN, R. R.; NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. **Applied Concept Mapping: Capturing, Analyzing, and Organizing knowledge**, CRC Press, Boca Raton, 2011.

NOVAK, J. D. **A Theory of education**. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1977.

NOVAK, J. D. Concept mapping: A useful tool for science education, **Journal of Research in Science Teaching**, v. 27, n. 10, p. 937-949, 1990.

NOVAK, J. D. **Learning, creating, and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations**, NY: Routledge, 2010.

NOVAK, J. D. Meaningful learning: the essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. **Science Education**, v. 86, n. 4, p. 548-571, 2002.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. The Origins of the Concept Mapping Tool and the Continuing Evolution of the Tool. **Information Visualization Journal**, v. 5, n. 3, p. 175-184, 2006.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them. **Technical Report IHMC 2006-01 Rev 01-2008**. Pensacola, FL: Institute for Human and Machine Cognition, 2008.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. The Universality and Ubiquitousness of concept maps. In: Proceedings of the **4nd International Conference on Concept Mapping**, Viña del Mar, Chile, 2010.

NOVAK, J. D.; MUSONDA, D. A twelve-year longitudinal study of science concept learning. **American Educational Research Journal**, v. 28, n. 1, p. 117-153, 1991.

READ, D.; BOSTROM, A.; MORGAN, M. G.; FISCHHOFF, B.; SMUTS, T. What do people know about global climate change? 2. Survey studies of educated laypeople. **Risk Analysis**, v. 14, n. 6, p. 971-982, 1994.

ROMANO JR., J. G.; CORREIA, P. R. M. A taxonomic scheme for propositional analysis. In: A. J. CAÑAS; J. D. NOVAK; SANCHEZ, J. (Ed.). **Proceedings of the Fourth International Conference on Concept Mapping**, Santiago do Chile, Chile: Universidad de Santiago, 2010.

SAFAYENI, F.; DERBENTSEVA, N.; CAÑAS, A. J. A theoretical note on concepts and the need for cyclic concept maps. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 42, n. 7, p. 741-766, 2005.

SANTOS, W. L. P. Scientific literacy: A Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. **Science Education**, v. 93, n. 2, p. 361-382, 2009.

SILVA JR., S. N.; ROMANO JR., J. G.; CORREIA, P. R. M. Structural analysis of concept maps to evaluate the students' proficiency as mappers. In: A. J. CAÑAS; J. D. NOVAK; SANCHEZ, J. (Ed.). **Proceedings of the Fourth International Conference on Concept Mapping**, Santiago do Chile, Chile: Universidad de Santiago, 2010.

SNOW, C.P. **As duas culturas e uma segunda leitura**. SP: Edusp, 1995.

TORRES, P. L.; MARRIOTT, R. C. V. **Handbook of Research on Collaborative Learning Using Concept Mapping**, IGI Global, Hershey, 2009.

UNGAR, S. Knowledge, ignorance and the popular culture: climate change versus the ozone layer. **Public Understanding of Science**, v. 9, n. 3, p. 297-312, 2000.

VIÉGAS, F. B.; WATTENBERG, M.; FEINBERG, J. Participatory visualization with wordle, **Ieee transactions on visualization and computer graphics**, v. 15, n. 6, p. 1137-1144, 2009.

WANDERSEE, J. Concept mapping and the cartography of cognition, **Journal of Research in Science Teaching**, v. 27, n. 10, p. 923-936, 1990.

Anexo I

Anexo I

Mapa conceitual da Figura 23a

TABELA DAS PROPOSIÇÕES DO SEU MAPA CONCEITUAL

Após elaborar seu mapa conceitual, relacione cada uma das proposições (conceito inicial + termo de ligação + conceito final) numa tabela. O número de setas no seu mapa conceitual indica o número de proposições que ele contém. Cuidado para não esquecer de nenhuma proposição.

[1] Conceito obrigatório: dispersão. [2] O retângulo pontilhado indica o conceito inicial do MC.

Após elaborar seu mapa conceitual, relacione cada uma das proposições (conceito inicial + termo de ligação + conceito final) numa tabela. O número de setas no seu mapa conceitual indica o número de proposições que ele contém. Cuidado para não esquecer de nenhuma proposição.

Mapa conceitual da Figura 23c

TABELA DAS PROPOSIÇÕES DO SEU MAPA CONCEITUAL	
Após elaborar seu mapa conceitual, relacione cada uma das proposições (<u>conceito inicial + termo de ligação + conceito final</u>) numa tabela. O número de setas no seu mapa conceitual indica o número de proposições que ele contém. <u>Cuidado para não esquecer de nenhuma proposição.</u>	

Mapa conceitual da Figura 25a

TABELA DAS PROPOSIÇÕES DO SEU MAPA CONCEITUAL	
Após elaborar seu mapa conceitual, relacione cada uma das proposições (<u>conceito inicial + termo de ligação + conceito final</u>) numa tabela. O número de setas no seu mapa conceitual indica o número de proposições que ele contém. <u>Cuidado para não esquecer de nenhuma proposição.</u>	

Mapa conceitual da Figura 25b

Mapa conceitual da Figura 25c

PERGUNTA FOCAL

Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?

[1] Conceito obrigatório: dispersão. [2] O retângulo pontilhado indica o conceito inicial do MC.

TABELA DAS PROPOSIÇÕES DO SEU MAPA CONCEITUAL

Após elaborar seu mapa conceitual, relacione cada uma das proposições (conceito inicial + termo de ligação + conceito final) numa tabela. O número de setas no seu mapa conceitual indica o número de proposições que ele contém. Cuidado para não esquecer de nenhuma proposição.

Mapa conceitual da Figura 25d

PERGUNTA FOCAL

Como o desenvolvimento científico-tecnológico se relaciona com as mudanças climáticas?

[1] Conceito obrigatório: dispersão. [2] O retângulo pontilhado indica o conceito inicial do MC.

TABELA DAS PROPOSIÇÕES DO SEU MAPA CONCEITUAL

Após elaborar seu mapa conceitual, relacione cada uma das proposições (conceito inicial + termo de ligação + conceito final) numa tabela. O número de setas no seu mapa conceitual indica o número de proposições que ele contém. Cuidado para não esquecer de nenhuma proposição.