

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
FÍSICA-LICENCIATURA**

**MAPAS CONCEITUAIS NA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM
DE FUNDAMENTOS DE FÍSICA IV**

WESLLA NATHYELLE FREIRE DE ALBUQUERQUE

**CARUARU
2017**

WESLLA NATHYELLE FREIRE DE ALBUQUERQUE

**MAPAS CONCEITUAIS NA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM
DE FUNDAMENTOS DE FÍSICA IV**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Pernambuco-Centro Acadêmico do Agreste, como pré-requisito para obtenção do título de Licenciatura em Física, sob orientação da Profa. Dra. Kátia Calligaris Rodrigues.

**CARUARU
2017**

Catálogo na fonte:

Bibliotecária – Paula Silva – CRB/4-1223

A345m Albuquerque, Weslla Nathyelle Freire de.
Mapas conceituais na avaliação da aprendizagem de fundamentos de física IV. /
Weslla Nathyelle Freire de Albuquerque. – 2017.
96f.; il.: 30 cm.

Orientadora: Kátia Calligaris Rodrigues.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de
Pernambuco, CAA, Licenciatura em Física, 2017.
Inclui Referências.

1. Mapeamento conceitual. 2. Aprendizagem. 3. Professores – Formação
(Caruaru). 4. Professores de física (Caruaru-PE). I. Rodrigues, Kátia Calligaris
(Orientadora). II. Título.

371.12 CDD (23. ed.)

UFPE (CAA 2017-197)

**WESLLA NATHYELLE FREIRE DE
ALBUQUERQUE**

Título

**“Mapas Conceituais na Avaliação da Aprendizagem de
Fundamentos de Física IV”**

A comissão examinadora composta pelos professores: **Kátia Calligaris Rodrigues**, NFD/UFPE; **Ernesto Arcenio Valdés Rodrigues**, NFD/UFPE e Thathawana Tenório Aires, sob a presidência do primeiro, consideram o graduando Weslla Nathyelle Freire de Albuquerque, APROVADO.

Paulo Henrique Ribeiro Peixoto
Coordenador do curso de Física – Licenciatura

Kátia Calligaris Rodrigues
1ª Examinadora e orientadora

Ernesto Arcenio Valdés Rodrigues
2º Examinador

Thathawanna Tenório Aires
3ª Examinadora

Caruaru, 14 de julho de 2017.

RESUMO

Os mapas conceituais são organizadores gráficos úteis para representar o conhecimento e promover a aprendizagem significativa. Apresentam-se aqui alguns parâmetros de referência que segundo Aguiar e Correia (2013) ajudam a identificar um bom mapa conceitual. Oito mapas conceituais elaborados por alunos que cursavam a disciplina de Fundamentos de Física IV, no curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Pernambuco, são apresentados para destacar o papel dos parâmetros de referência na avaliação da proficiência deles na elaboração de mapas. Além disso, são comparados áudios transcritos com os mapas conceituais elaborados pelos alunos a fim de verificar de que modo o conteúdo das falas se faz presente nos mapas. Os resultados apontaram para a necessidade de um treinamento na técnica de mapeamento conceitual e concluíram que tal técnica pode levar a um alto nível de aprendizagem significativa contribuindo para sanar problemas ligados a uma aprendizagem mecânica.

Palavras-chave: Mapas conceituais. Aprendizagem significativa. Treinamento. Proficiência.

ABSTRACT

Concept maps are useful graphic organizers to represent knowledge and promote meaningful learning. Here are some benchmarks that according to Aguiar and Correia (2013) help to identify a good conceptual map. Eight conceptual maps elaborated by students who studied the discipline of Physics Fundamentals IV, in the Physics Degree course of the Federal University of Pernambuco, are presented to highlight the role of the reference parameters in the evaluation of their proficiency in the elaboration of maps. In addition, transcribed audios are compared with the conceptual maps elaborated by the students in order to verify how the content of the speech is made present in the maps. The results pointed to the necessity of a training in the technique of conceptual mapping and concluded that such technique can lead to a high level of significant learning contributing to solve problems related to a mechanical learning.

Keywords: Conceptual maps. Meaningful learning. Training. Proficiency.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	07
2	OBJETIVOS DA PESQUISA.....	10
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
3.1	Os mapas conceituais.....	12
3.2	Alguns tipos de mapas.....	17
3.3	Elaborando bons mapas conceituais: parâmetros de referência	22
3.4	O Software CMAPTOOLS.....	30
3.5	Aprendizagem significativa.....	32
3.6	Os Mapas Conceituais e a Aprendizagem Significativa.....	43
4	METODOLOGIA.....	49
5	ANÁLISE DOS DADOS.....	53
5.1	Análise do áudio transcrito.....	53
5.2	Avaliação dos primeiros mapas confeccionados pelos discentes....	58
5.3	Comparação entre o áudio transcrito e os primeiros mapas confeccionas pelos discentes.....	70
5.4	Análise dos mapas conceituais revisados e refeitos pelos discentes..	72
5.5	Comparação dos primeiros mapas produzidos com os mapas revisados e refeitos pelos discentes.....	86
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
	REFERÊNCIAS.....	89
	ANEXO A.....	92

1 INTRODUÇÃO

Atualmente utiliza-se mapas conceituais para os mais diversos fins. De acordo com Novak (2002), um deles é favorecer o aprendizado dos alunos, apoiado em seus conhecimentos prévios. Este conceito está presente na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, segundo ele o mais importante no ato de ensinar é descobrir o que o aluno já sabe.

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

Quando os mapas conceituais são confeccionados no momento inicial em que um determinado tema ou conteúdo é exposto, utilizados como organizadores prévios, sendo revisados, repensados e reelaborados ao longo das aulas, podem mostrar as mudanças ocorridas na estrutura cognitiva do estudante. Essas possibilidades permitem que o aluno e o professor conheçam o processo de construção do conhecimento sobre o conteúdo ou tema em questão, podendo assim enriquecê-lo.

Os mapas conceituais também são usados com a finalidade de sintetizar os conteúdos trabalhados ao final de uma aula e também em um curso. Eles podem simular um resumo do que os alunos aprenderam, formado pelo número de conceitos de uma aprendizagem específica. O resumo em forma de portfólio traduz um conjunto de trabalhos produzidos num determinado período de tempo, o que mostra uma visão ampla do processo de construção da aprendizagem e modificações na estrutura cognitiva, considerando os diferentes componentes do seu desenvolvimento cognitivo.

Este processo propicia ao aluno uma reflexão crítica, pois são estimulados a refletirem sobre o seu processo de pensamento, fazendo registros diários a partir das experiências com os mapas

elaborados. O ato de fazer e se refazer mapas conceituais pode auxiliar no pensamento reflexivo, sobretudo se compartilhados com outras pessoas (NOVAK; GOWIN,1999).

Outra finalidade é utiliza-los como material instrucional. “Os mapas podem ser usados para dar uma instrução sobre uma atividade a ser executada ou para dar orientações sequenciais sobre um determinado tema” (STRUCHINER et al., 2006).

De acordo com Moreira (2012) é possível projetar um mapa conceitual para uma única aula, para uma unidade de estudo, para um curso ou, ainda para um programa educacional completo. A diferença está presente no grau de generalidade e inclusão dos conceitos colocados no mapa. Um mapa que contém conceitos gerais, inclusivos e organizacionais pode ser usado como referência para o planejamento de um curso inteiro, já um mapa que inclui apenas conceitos específicos, pouco inclusivos, pode auxiliar na seleção de determinados materiais instrucionais.

Desse modo, ainda de acordo com Moreira (2012), os mapas conceituais podem focar atenção de quem planeja o currículo na distinção entre o conteúdo curricular e conteúdo instrumental, ou seja, entre o conteúdo que se espera que seja aprendido e o conteúdo que serve de veículo para a aprendizagem. O conteúdo curricular está incluso em fontes de conhecimento tais como artigos de pesquisa, ensaios, poemas, livros. Mapas conceituais podem ser úteis para analisar esses documentos com a finalidade de tornar adequado para instrução o conhecimento neles contido. Considerando que o currículo se refere a um conjunto de conhecimentos, a análise da estrutura do conhecimento implica a análise do currículo e o mapeamento conceitual pode ser um instrumento útil nessa análise.

Outra finalidade do uso de mapas conceituais é favorecer processos objetivando a aprendizagem colaborativa em grupos do mesmo nível de ensino e a construção colaborativa com outras instituições de ensino. Para ambos os

casos, existem algumas ferramentas que permitem que mapas possam ser construídos de maneira colaborativa de forma síncrona ou assíncrona.

“Alguns softwares permitem que após a construção do mapa seja possível transformá-lo em uma página web, numa imagem ou qualquer outro forma toque possa ser enviado por email ou publicado num diário digital” (MARRIOTT;TORRES, 2002).

Por fim, os mapas conceituais também são usados com a finalidade de avaliar a aprendizagem, não com a intenção de testar conhecimentos e atribuir nota aos alunos para classificá-los, mas com o objetivo de obter informações sobre o tipo de estrutura que o aluno estabelece para um dado conjunto de conceitos.

“Os Mapas elaborados pelos alunos auxiliam na verificação das alterações nas suas estruturas cognitivas, por meio da comparação das ligações entre os conceitos antes e depois dos momentos de aprendizagem” (BOUJAOUDE; ATTIEH; 2008).

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

Todas as funções detalhadas até aqui não se excluem, a maioria delas podem ser utilizadas em conjunto ou mesmo em diferentes circunstâncias de acordo com o contexto pedagógico e com a necessidade do momento em que os mapas são aplicados. Entretanto, existem muitas dificuldades observadas no uso da técnica de mapeamento conceitual e elas devem-se segundo Moreira (2012) à formação insuficiente nessa técnica e à desvalorização da fundamentação teórica relacionada com o mapeamento conceitual.

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

2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Um dos objetivos desta pesquisa é comparar um áudio transcrito com os mapas conceituais elaborados individualmente por alguns alunos que cursavam a disciplina de Fundamentos de Física IV no curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Pernambuco, no Centro Acadêmico do Agreste.

Esses mapas tinham caráter avaliativo e foram propostos aos estudantes pela docente da referida disciplina. Inicialmente os alunos tinham um tempo referente à 10 minutos para compartilharem opiniões a respeito da pergunta focal e dos conceitos obrigatórios propostos pela docente. Essa discussão foi gravada e usada para análises nessa pesquisa. Passado esse tempo eles teriam que produzir isoladamente seus mapas e entrega-los num prazo de 1 hora.

Aqui se fará uma análise isolada de cada um dos mapas conceituais elaborados pelos alunos, com base nos critérios estabelecidos na tabela 1. Eles foram propostos por Aguiar e Correia (2013) como sendo alguns dos parâmetros de referência que ajudam a caracterizar bons mapas conceituais. Esses parâmetros estão devidamente descritos no referencial teórico dessa pesquisa. Depois dessa análise, se fará uma comparação entre o conteúdo presente na fala dos discentes e o mapa produzido por eles.

O outro objetivo dessa pesquisa é analisar, também à luz da tabela 1, os mapas conceituais que foram revisados e refeitos por esses mesmos alunos em outro momento da disciplina. A intenção é verificar as mudanças que houveram em relação aos que foram confeccionados primeiro.

É esperado que haja congruência entre o conteúdo presente nas falas e o conteúdo apresentado nos mapas. Também é esperado que os mapas consigam atender satisfatoriamente aos parâmetros de referência, já que os alunos trabalhavam com mapas conceituais desde o início da disciplina, como será evidenciado na metodologia dessa pesquisa. E por fim, é esperado que haja uma melhoria nos mapas revisados em relação aos que foram confeccionados primeiro, pois, como está evidenciado no referencial teórico dessa pesquisa, as revisões possibilitam ao mapeador reler as proposições e refletir sobre sua clareza, além de iniciar um processo de reconstrução das mesmas. Todos os parâmetros de referência e todos os pontos a serem avaliados estão discutidos no referencial teórico dessa pesquisa.

Tabela 1. Parâmetros de referência para análise dos mapas conceituais produzidos pelos alunos.

CRITÉRIOS	PONTOS PARA SEREM AVALIADOS
Clareza semântica das proposições	<ul style="list-style-type: none"> Existem elementos semânticos e sintáticos capazes de expressar as relações conceituais com precisão?
Pergunta focal	<ul style="list-style-type: none"> Todos os conceitos obrigatórios estão presentes e se relacionam com a questão focal? Existem conceitos relevantes além dos conceitos obrigatórios? Os conceitos identificados se relacionam necessariamente com a questão focal? A rede proposicional responde a pergunta focal?
Hierarquização dos conceitos	<ul style="list-style-type: none"> Os conceitos apresentam-se de forma ordenada, podendo-se distinguir os conceitos mais gerais e o mais específicos ?

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Os Mapas Conceituais

Os mapas conceituais são uma forma de representação do conhecimento que foi desenvolvida por Novak e Gowin (1984), a partir da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, como uma forma de instrumentalizar o conhecimento presente nas estruturas cognitivas do indivíduo.

Eles foram desenvolvidos em 1972 dentro do programa de pesquisa realizado por Novak na Universidade de Cornell, no qual ele buscou acompanhar e entender as mudanças na maneira como as crianças compreendiam a ciência (NOVAK; MUSONDA, 1991).

No decorrer desse estudo, os pesquisadores entrevistaram um grande número de crianças e tiveram dificuldades em identificar mudanças específicas na compreensão de conceitos científicos por parte delas apenas examinando entrevistas transcritas. Esse programa se baseava na psicologia da aprendizagem de David Ausubel (1963, 1968; AUSUBEL et al., 1978).

A psicologia cognitiva de Ausubel baseia-se na ideia de que a aprendizagem se dá por meio da assimilação de novos conceitos e proposições dentro de conceitos preexistentes e sistemas proposicionais já possuídos pelo aprendiz. Essa estrutura de conhecimento de um determinado aprendiz é também chamada de estrutura cognitiva do indivíduo. Diante da necessidade de encontrar uma melhor forma de representar a compreensão conceitual de crianças, nasceu a ideia de que o conhecimento infantil fosse representado na forma de mapa conceitual. Assim, criava-se uma nova ferramenta não apenas para o uso em pesquisa, como também para muitos outros.

De forma ampla, os mapas conceituais são representações diagramáticas de uma série de conceitos construídos de tal maneira que as relações entre eles sejam evidentes. Essas relações significativas entre conceitos são postas em forma de proposições. De acordo com Novak e Gowin

(1999) uma proposição é constituída por dois ou mais termos conceituais ligados por palavras (termos de ligação) para formar uma unidade semântica.

Na sua forma mais simples, um mapa conceitual consistiria apenas de dois conceitos unidos por um termo de ligação para formar uma proposição; por exemplo, "o céu é azul" representa um mapa conceitual simples que é uma proposta válida referindo-se aos conceitos de "céu" e "azul". Com exceção de um número relativamente pequeno de conceitos que as crianças aprendem muito rapidamente através de um processo de aprendizagem por descoberta, a maior parte dos significados conceituais é aprendido através da composição de proposições em que o conceito que será adquirido é incluído. Embora um suporte empírico específico possa facilitar a aprendizagem de conceitos, a regularidade representada pelo conceito adquire um significado adicional através de declarações proposicionais no qual está incluído o conceito em questão. Assim, frases como " a grama é verde", " a grama é um vegetal", " a grama cresce", " a grama é uma planta monocotiledônea", etc., resultam em um aumento na importância e precisão do conceito de "grama". Um mapa conceitual é um recurso esquemático para representar um conjunto de significados conceituais incluídos numa estrutura de proposições (NOVAK; GOWIN, 1988).

Para Novak (1984) a definição de conceito está ligada a ideia de uma regularidade percebida ou padrão em eventos representado por um nome. O conceito é simbolizado por uma palavra que descreve e nomeia conceitos, isto é, a palavra é um rótulo dos conceitos e mapeia a estrutura conceitual.

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

Os conceitos são formados por objetos ou eventos, e estes são necessários para representar o conhecimento sobre o universo e seu conteúdo. Muitas vezes os eventos são compreendidos equivocadamente como acontecimentos, ou como uma "partida" ou uma "reunião", no entanto eles incluem alterações no status dos conceitos, como quantificações e qualificações. Por exemplo, "cão feroz" ou "mais violentos". Isoladamente o conceito não revela significado claro e evidente (CAÑAS; NOVAK, 2009).

Se alguém declara "quadrado", o que é a pessoa quer comunicar? O conceito "quadrado" pode ter vários significados: uma forma geométrica, caráter conservador, ou então o produto de um número multiplicado por si mesmo. As informações sobre o significado

específico podem ser fornecidas no contexto da comunicação e dependem da relação estabelecida com outros conceitos, a qual é feita a partir do termo de ligação (ROMANO, 2012).

Os termos de ligação são palavras utilizadas para unir conceitos, conferindo a estes significados a partir das relações entre eles, formando assim, as proposições.

O significado de uma proposição depende do termo de ligação utilizado entre os conceitos. Por isso, a escolha adequada de verbos como termos de ligação para expressar claramente a relação entre dois conceitos é possivelmente a tarefa mais difícil durante a construção de mapas conceituais (CAÑAS, 2009; NOVAK; GOWIN, 1984).

As proposições são a característica mais marcante dos mapas conceituais. Essas estruturas fundamentais são formadas pela união de 2 conceitos, por meio de um termo de ligação que expressa de forma clara como eles se relacionam. Além disso, as proposições têm um sentido de leitura definido, expresso através de uma seta (Figura 1).

A obrigação de incluir um termo de ligação é o principal diferencial dos mapas conceituais em comparação com outras ferramentas de representação gráfica da informação e do conhecimento. O conteúdo dos mapas conceituais é apresentado com alto grau de clareza, permitindo detectar rapidamente Estruturas Proposicionais Inapropriadas ou Limitadas (LIPs, do inglês Limited or Inappropriate Propositional Hierarchies) (CICUTO; CORREIA, 2012).



Figura 1. - Os elementos constituintes das proposições de um mapa conceitual. 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. Figura extraída do trabalho de (Cicuto, Correia, 2012, p 02).

Existem alguns princípios metodológicos que devem ser levados em consideração na construção de mapas conceituais. Um deles é que os conceitos relacionem-se de forma coerente, segundo um ordenamento lógico; Outro é que os termos de ligação, junto aos conceitos, permitam construir frases com significado lógico e proposicional. Para Costamagna (2001) é

desejável elaborar os mapas conceituais segundo esse ordenamento lógico, de modo que permitam maiores possibilidades de inter-relações, ou seja, a estrutura do mapa deve permitir uma leitura de cima para baixo ou de baixo para cima, explorando relações entre todos os conceitos. A figura a seguir mostra um exemplo de mapa conceitual que descreve estrutura dos mesmos e ilustra as características citadas.

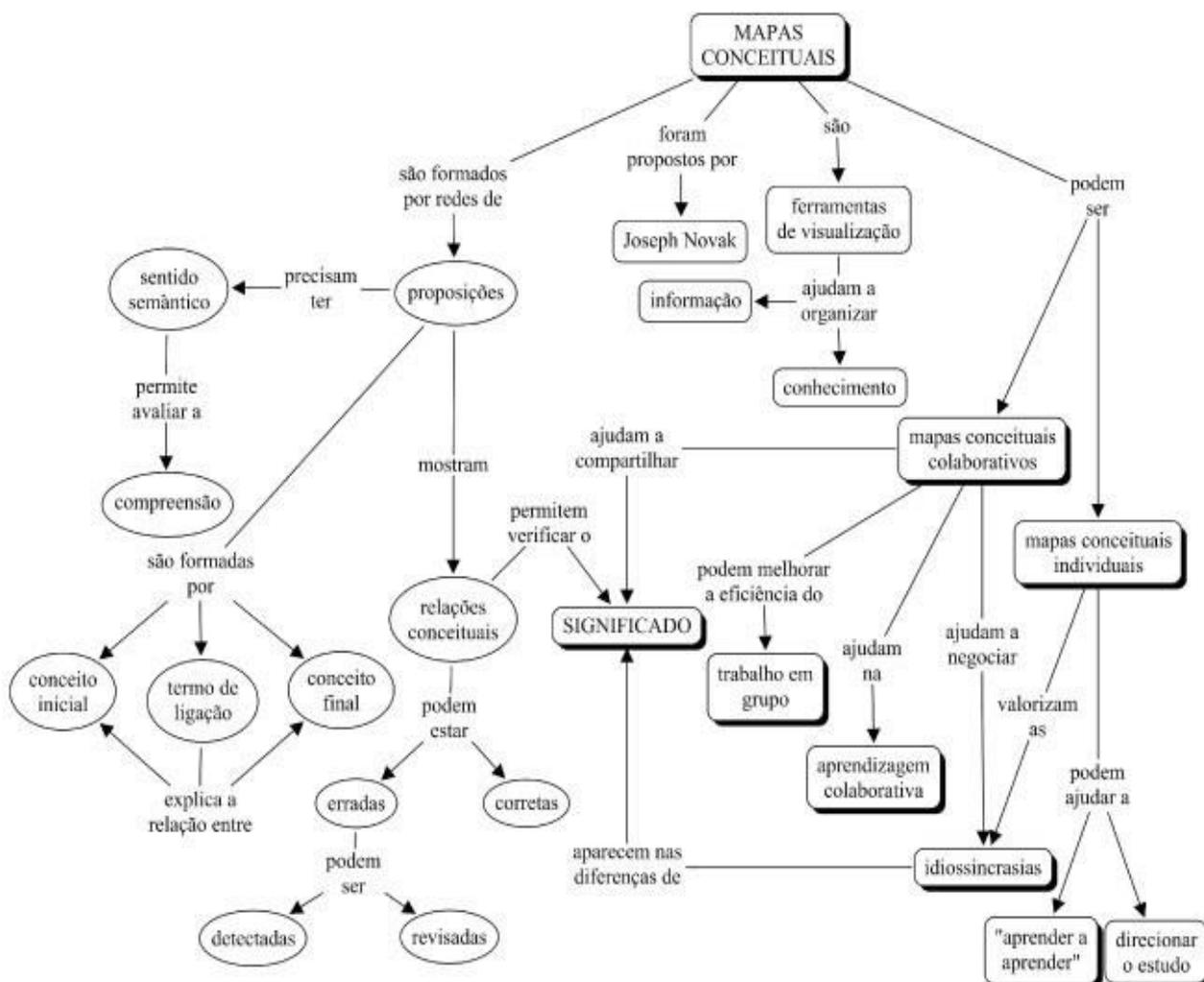


Figura 2. Um mapa conceitual a respeito do mapeamento conceitual. Pergunta focal: o que são mapas conceituais? (Mapa acessado em 15/07/2017, disponível no endereço eletrônico: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-1117201000400009).

Na caracterização dos mapas feita por Novak e Gowin (1984), destaca-se também a ideia de hierarquia, sendo possível distinguir conceitos primários, mais hierárquicos e inclusivos, e conceitos secundários, de menor ordem, os quais inclusive podem estar representados por exemplos específicos. Entre os

conceitos gerais e os específicos, os mapas podem apresentar um número variável de níveis intermediários de hierarquia.

O importante é que o mapa conceitual evidencie as relações e as hierarquias entre os conceitos. As relações podem ser, por exemplo, de inclusão (incluir ou estar incluído), de definição, de similaridade, de atributo (a fragrância é um atributo da rosa) ou ser parte de (a flor é parte de uma planta). As hierarquias podem ser estabelecidas em termos de importância, de generalidade, de abrangência. Um possível modelo para mapeamento conceitual seria aquele no qual os conceitos mais gerais, mais inclusivos, estivessem no topo da hierarquia e os mais específicos, menos inclusivos estivessem na base; os que não fossem nem muito gerais, ou inclusivos, nem muito específicos, naturalmente, ficariam na parte intermediária do mapa. Mais importante do que modelos ou regras, é evitar que este fique muito complexo (pela inclusão de muitos conceitos e muitas ligações entre eles) ou que pareça algo definitivo que o aluno deva memorizar (MOREIRA, 1986).

Para Novak (2010), esta estrutura de representação hierárquica dos conceitos interligados de forma específica possibilita entender a estrutura cognitiva idiossincrática de um indivíduo sobre determinado assunto ou área de conhecimento.

3.2 Alguns tipos de mapas

Mapas conceituais são imaginados e construídos pelas mais diversas razões e há uma grande diversidade de tipos disponíveis. Alguns podem ser preferidos pela simplicidade de serem feitos como é o caso do mapa do tipo aranha mostrado na figura 3. As vantagens de utilizar esse tipo de mapa é que ele é fácil de ser estruturado, porque todas as informações estão agrupadas em torno de um ou vários temas centrais. Ele é organizado colocando-se o conceito central no meio do mapa e todos os demais conceitos vão irradiando-se na medida que afasta-se do centro. Aqui o foco principal é a irradiação das relações conceituais, sem preocupação com as relações hierárquicas, ou transversais. Nesse tipo de mapa, no entanto, há dificuldade em mostrar as relações entre os conceitos, e então permitir a percepção de uma integração entre as informações. Nele não fica clara a opinião do autor sobre a importância relativa entre os vários conceitos e o conceito central.

Outros mapas são preferidos pela clareza que explicita os processos, é o caso do mapa tipo fluxograma mostrado na figura 4. Esse tipo de mapa é simples de ser lido e as informações estão estruturadas de maneira linear. Ele é comumente utilizado para mostrar passo a passo determinado procedimento, e normalmente inclui um ponto inicial e outro ponto final. No entanto, nele há uma ausência de pensamento crítico e normalmente mostra-se incompleto na exposição do tema.

Há também aqueles que são preferidos pela ênfase no produto que está descrevendo, é o caso do mapa tipo entrada e saída, mostrado na figura 5. Ele mostra várias relações entre os conceitos e a informação é organizada num formato semelhante ao fluxograma, mas com o acréscimo da imposição das possibilidades “entrada” e “saída”. A desvantagem em utilizar esse tipo de mapa é que algumas vezes ele é difícil de ser lido devido ao grande número de relações entre os conceitos. Ele é adequado para explicar processos que impliquem em entrada e saída.

Quando se tem o interesse em otimizar um determinado processo, a utilização do mapa tipo fluxograma é a representação mais adequada. Ele deixa claro quais são as confluências e as possíveis opções a serem escolhidas. É também bastante utilizado na elaboração de programas de computador, quando se deseja construir um algoritmo eficiente para determinada função.

Entretanto, o único tipo de mapa que explicitamente utiliza uma teoria cognitiva em sua elaboração é o mapa hierárquico do tipo proposto por Novak e Gowin (1999). Ele pode ser utilizado pelo docente para introduzir conteúdos, realizar novas sínteses ou como instrumento de avaliação diagnóstica dos conhecimentos prévios (STENSVOLD e WILSON, 1990).

“Por isso podem ser úteis como ferramentas para organizar e comunicar conhecimentos em diferentes momentos. Eles também podem ser elaborados pelos alunos, o que permite acompanhar o processo de ensino-aprendizagem” (BATISTA et al., 2003; STRUCHINER, VIEIRA e RICCIARDI, 1999) e “realizar

uma avaliação formativa no âmbito individual e coletivo”(CAÑAS et al., 2004; RUIZ-MORENO, 2004a).

A figura 6 mostra um mapa do tipo hierárquico.

É importante considerar ainda que, mapas conceituais não são autossuficientes; é sempre necessário que sejam explicados por quem os faz, seja o professor ou o estudante. Uma maneira de diminuir um pouco a necessidade de explicações é escrever sobre as linhas que unem os conceitos uma ou duas palavras chave que explicitem a relação simbolizada por elas. (MOREIRA, 1986).

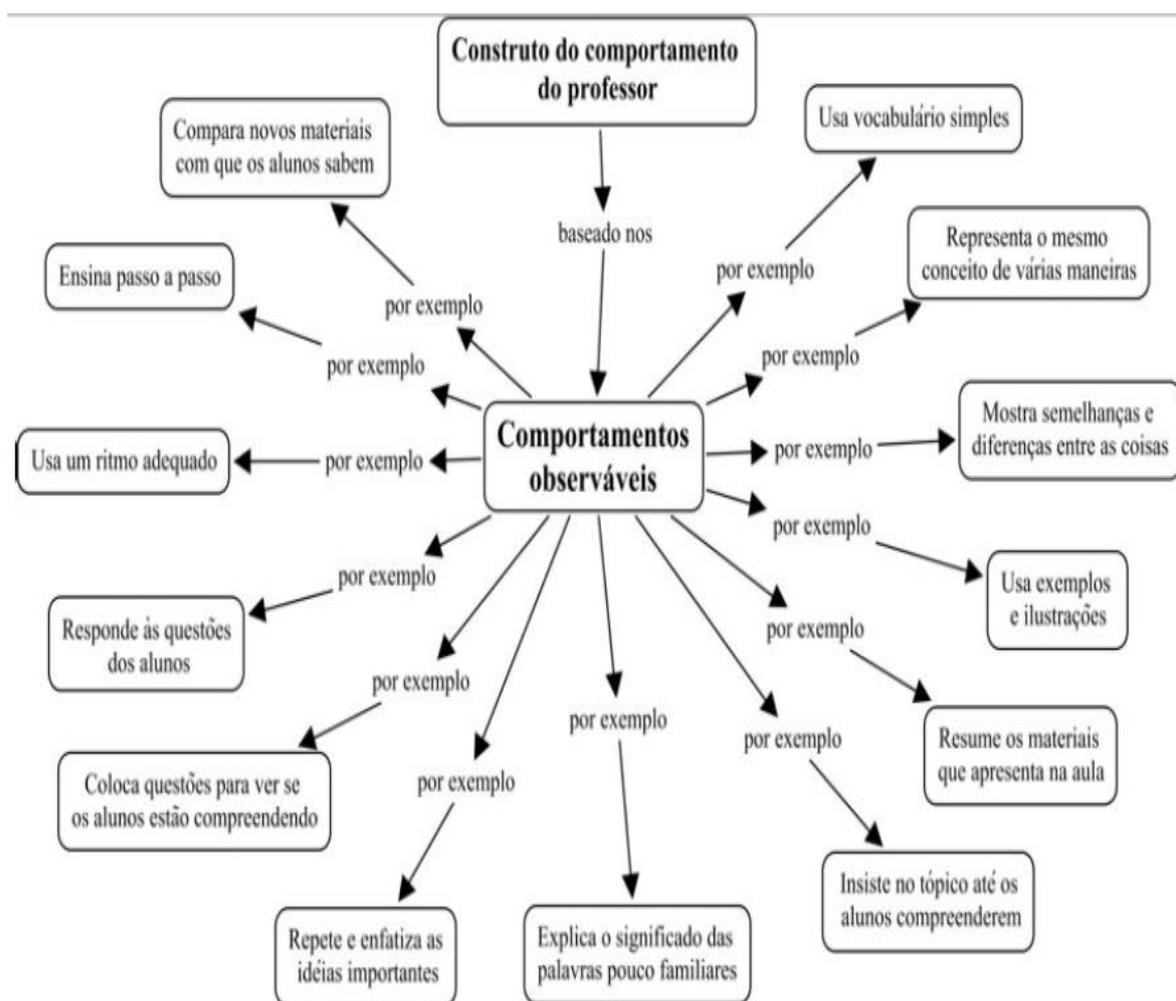


Figura 3. Mapa conceitual tipo teia de aranha extraído do trabalho de (NOVAK, MINTZES e WANDERSEES, 2000, p 303).

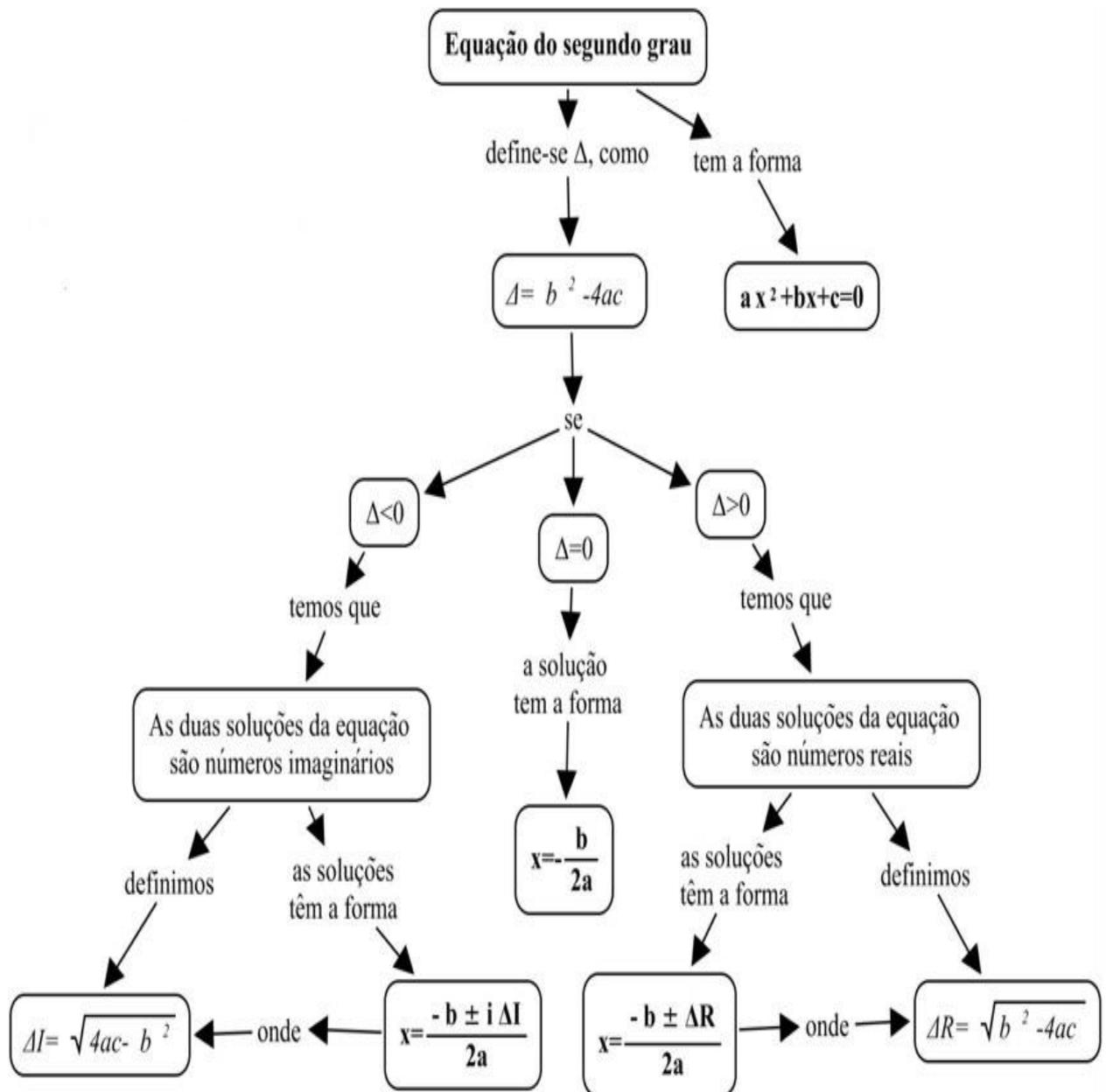


Figura 4. Mapa conceitual do tipo fluxograma extraído do trabalho de (ROMERO, 2007).

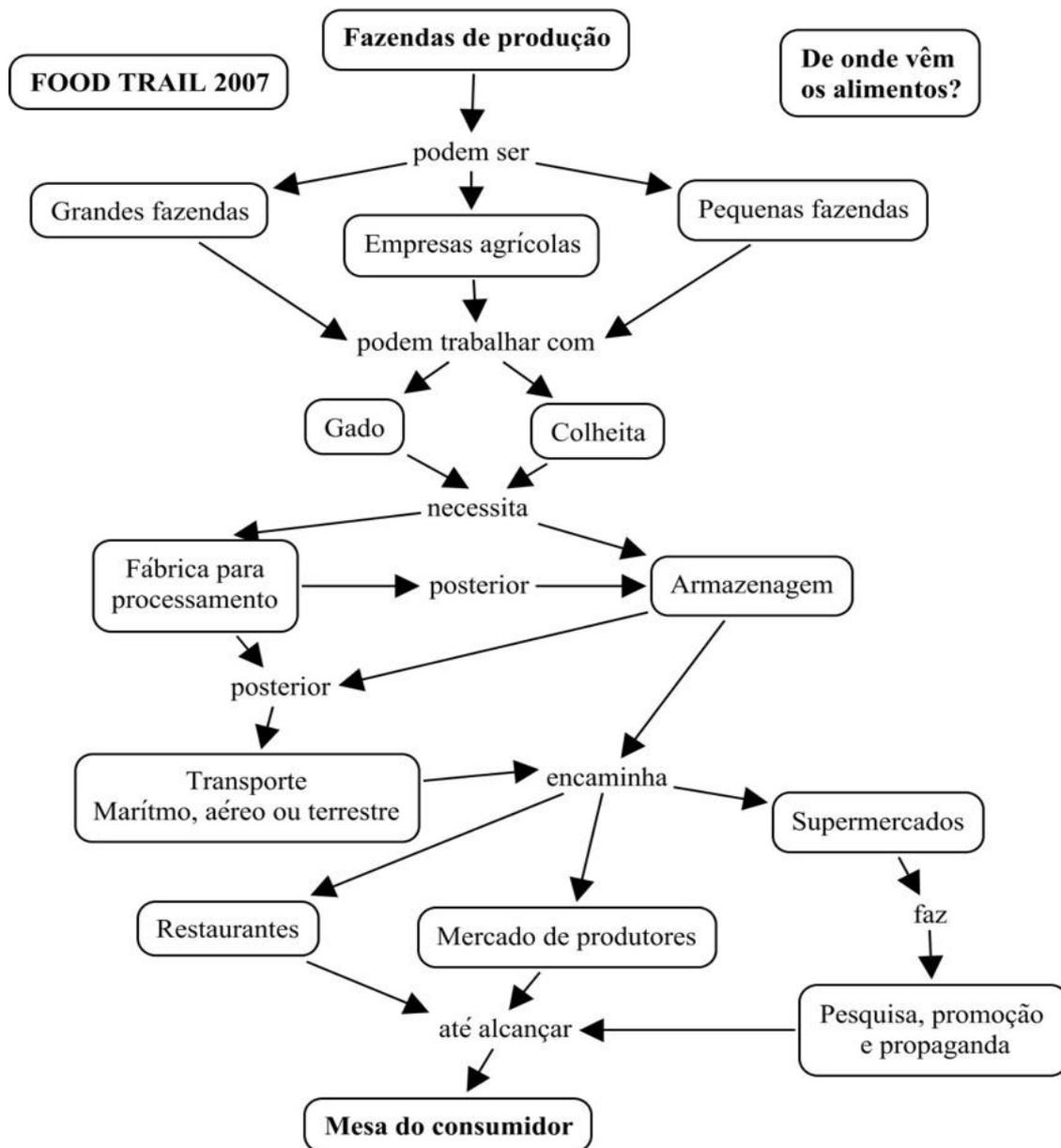


Figura 5. Mapa conceitual do tipo ENTRADA e SAÍDA (mapa acessado em 15/07/2017, no endereço eletrônico: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212007000300008)

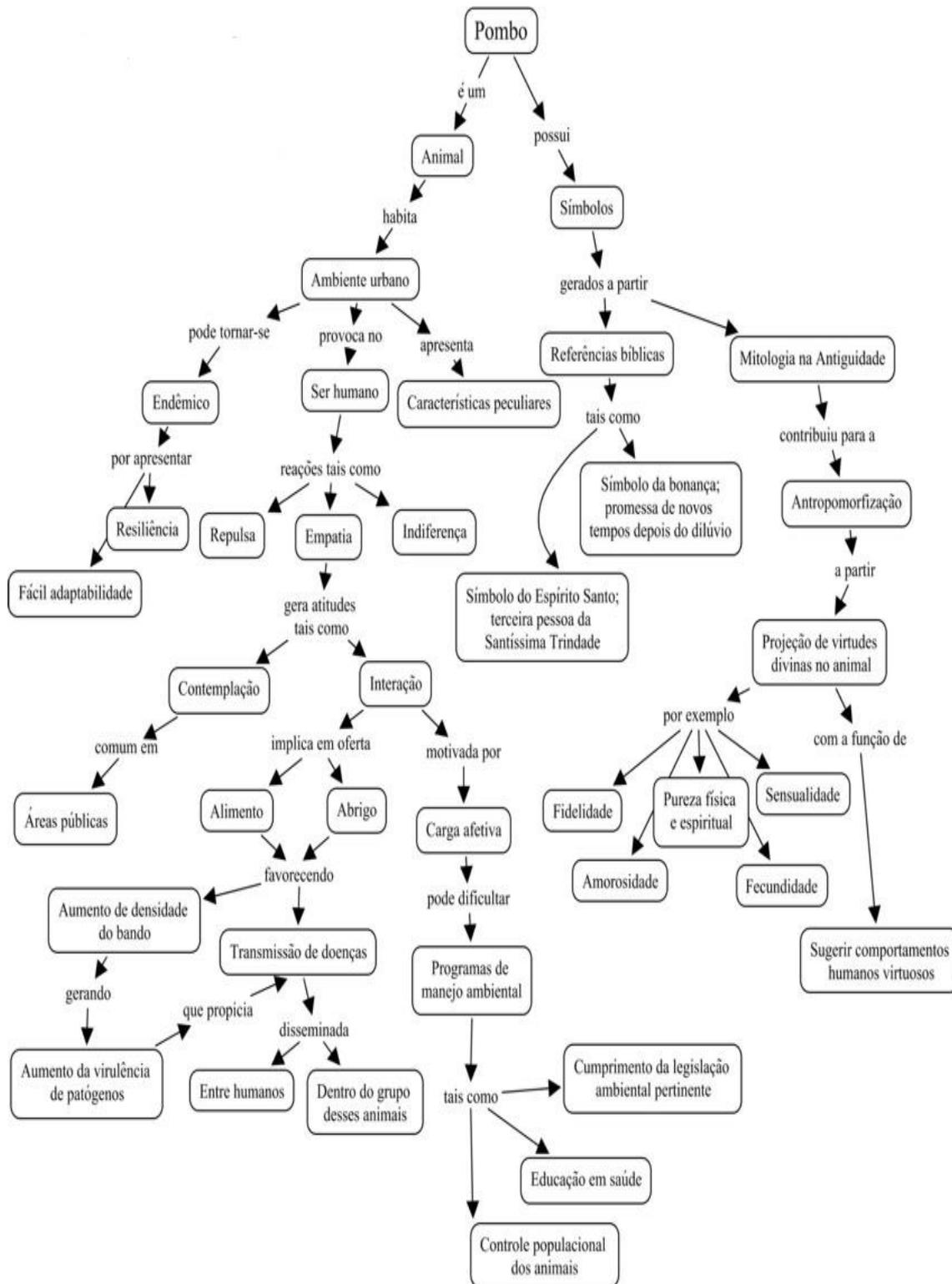


Figura 6. Mapa conceitual do tipo hierárquico extraído do trabalho de (Silva, 2006).

3.3 Elaborando bons mapas conceituais: parâmetros de referência

De acordo com Aguiar e Correia (2013) existem alguns parâmetros de referência que ajudam a caracterizar bons mapas conceituais:

- Proposições semanticamente claras como elementos característicos do mapa conceitual

Como já mencionado na seção anterior, as proposições são a característica mais marcante dos mapas conceituais. Elas são formadas por dois conceitos unidos por um termo de ligação que expressa claramente à relação conceitual. Segundo Davies (2011) a ausência de um termo de ligação impossibilita o entendimento da relação conceitual e produz um mapa mental, que limita-se apenas a representar a associação entre conceitos.

A presença de um termo de ligação sem verbo gera uma estrutura que não pode ser classificada como proposição. A falta dos elementos semânticos e sintáticos produz uma mensagem incompleta, que não é capaz de expressar a relação conceitual com precisão (AGUIAR e CORREIA, 2013).

A figura 7 mostra exemplos de estruturas não proposicionais (a-b) e proposicionais (a-h) construídas a partir de variações do termo de ligação “são formados por”.

Quando existem pequenas variações no tempo verbal do termo de ligação da proposição “mapas conceituais – são formados por → proposições” (Figura 7c) há uma mudança drástica no sentido delas (Figuras 7d-7e). Nesse exemplo, as alterações tornaram errada a proposição que inicialmente era válida. A alteração da ordem de leitura pela inversão da seta (Figura 7f) ou a simples adição de advérbios de negação como “não”, “nunca”, “jamais” (Figura 7g) também geram esse mesmo efeito.

“A escolha de um termo de ligação que expressa incerteza (Figura 7h) sugere uma compreensão parcial dos alunos sobre o conteúdo conceitual” (NOVAK, 2002). A presença de proposições com elevado grau de clareza

semântica torna possível identificar erros conceituais declarados nos mapas dos estudantes.

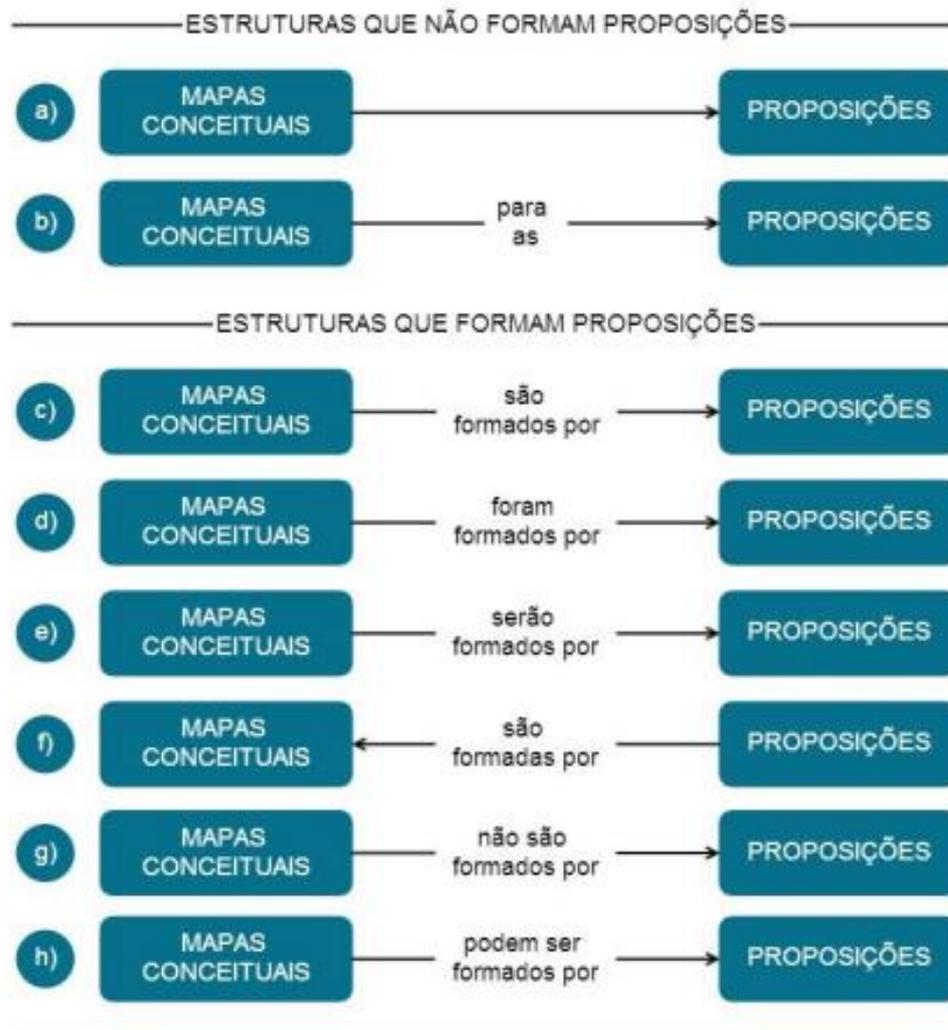


Figura 7. Figura extraída do trabalho de (Aguar e Correia, 2013). Aqui mostra-se exemplos de estruturas não proposicionais (a-b) e proposicionais (a-h) construídas a partir de variações do termo de ligação “são formados por”.

- Pergunta focal como elemento delimitador do escopo do mapa conceitual

De acordo com Novak e Cañas (2010) para que se apenda a construir um bom mapa conceitual, é importante iniciar com uma área de conhecimento que seja muito familiar para a pessoa que pretende construí-lo. Sabendo que as estruturas do mapa conceitual dependem do contexto no qual serão inseridas, o melhor a fazer é identificar um segmento de um texto, de uma atividade de laboratório ou de campo, ou de um problema ou questão particular que se está tentando compreender. Pois isso cria um contexto que irá ajudar na determinação da estrutura hierárquica do mapa conceitual. Ainda segundo o autor, é útil também escolher um domínio limitado de conhecimento para os primeiros mapas conceituais. Dessa forma um bom modo de definir o contexto para um mapa conceitual é instituir uma questão focal, ou seja, uma pergunta que especifica claramente o problema ou questão que o mapa conceitual deve ajudar a resolver.

Todo mapa conceitual responde a uma questão focal, e uma boa questão focal pode conduzir a um mapa conceitual muito mais rico. Ao aprenderem a elaborar mapas conceituais, os alunos tendem a se desviar da questão focal e elaborar um mapa que pode estar relacionado ao contexto, mas que não responde à questão. Como se costuma dizer, o primeiro passo para aprender a respeito de algo é fazer questões corretas (NOVAK; CAÑAS, 2010).

Aguiar e Correia (2013) compartilham dessa mesma opinião, pois para eles muitas vezes durante na elaboração de um mapa conceitual, os estudantes distanciam-se do conteúdo pré-definido pelo docente. Por isso, a pergunta focal é uma boa maneira de delimitar o tema do mapa. Ela deve especificar claramente a questão a ser respondida através da rede proposicional. Esse parâmetro de referência deve ser entendido como o elemento crítico para a seleção dos conceitos e proposições. Como consequência, a avaliação de um mapa conceitual fica prejudicada se a questão focal não estiver devidamente declarada.

- Organização hierárquica como elemento estrutural da rede proposicional do mapa conceitual

Assim que o domínio é selecionado e uma questão ou um problema é definido dentro dele, o passo seguinte é identificar os conceitos-chave que se aplicam a esse domínio. Para Novak e Cañas (2010) algo em torno de 15 a 25 conceitos é o suficiente. Esses conceitos poderão ser listados e, a partir dessa lista, pode-se estabelecer uma escala ordenada do conceito mais geral e inclusivo para o problema ou situação em questão, que ficaria no topo da lista, até o conceito mais específico e menos geral, que ficaria na base dela. Mesmo esse “*ranking*” sendo apenas aproximativo, ele pode ajudar a começar o processo de construção do mapa. Novak e Cañas (2010) se referem à lista de conceitos como um “estacionamento”, já que a ideia é transferir esses conceitos para dentro do mapa conceitual à medida que se determina onde eles se encaixam.

Essa listagem ordenada dos conceitos-chave é o que Aguiar e Correia (2013) vão chamar de organização hierárquica dos conceitos. Para eles, o ser humano estrutura o conhecimento na memória de maneira hierárquica.

A hierarquia deve ser usada de modo a representar níveis cada vez mais detalhados de conceitos. Aqueles mais gerais são colocados no topo do mapa conceitual, de modo a superordenar os conceitos mais específicos como subordinados em níveis hierárquicos inferiores. O entendimento do conteúdo de um mapa conceitual é compreendido com maior facilidade se a sua organização contemplar essa organização hierárquica. Por isso, eles devem começar a ser lidos a partir do conceito mais geral, escolhido como o conceito “raiz” do mapa, ou seja, o ponto inicial da leitura da rede proposicional (AGUIAR; CORREIA, 2013).

O gradual aumento da compreensão de um determinado conteúdo tende a mudar a estrutura da rede de proposições do mapa conceitual, indicando novas relações hierárquicas entre os conceitos. Segundo Aguiar e Correia (2013) o início da aprendizagem sobre um tema produz um mapa conceitual “radial”, onde um único conceito serve de conexão com os demais (figura 7a). Esse tipo de mapa pode ser comparado ao do tipo aranha, pois se tem um conceito principal e todos os outros vão irradiando-se a partir dele.

Ainda segundo Aguiar e Correia (2013), o aumento do domínio no tema pode levar ao encadeamento sequencial de conceitos, produzindo um mapa conceitual “linear” (figura 7b). Esse tipo de mapa se assemelha ao do tipo fluxograma, pois é simples de ser lido e as informações estão estruturadas de maneira linear. No entanto, nele há uma ausência de pensamento crítico e normalmente mostra-se incompleto na exposição do tema. Assim que essa linearidade é rompida e se tem um estabelecimento de relações entre conceitos significa, segundo os autores, que há uma maior compreensão sobre o tema. Isso deixa a estrutura do mapa conceitual semelhante a uma “rede” (figura 7c), mostrando que agora há uma preocupação com as relações hierárquicas formadas, é o mapa do tipo hierárquico.

Existe um trabalho na literatura que relaciona o tipo de aprendizagem (mecânica ou significativa) com a característica da estrutura da rede proposicional do mapa conceitual produzido pelos alunos (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000).

Em síntese, apenas alunos que aprendem um tema de forma significativa são capazes de produzir um mapa conceitual “rede”, enquanto mapas “radiais” e “lineares” são persistentes durante o processo educativo dos alunos que optaram por uma aprendizagem mecânica.

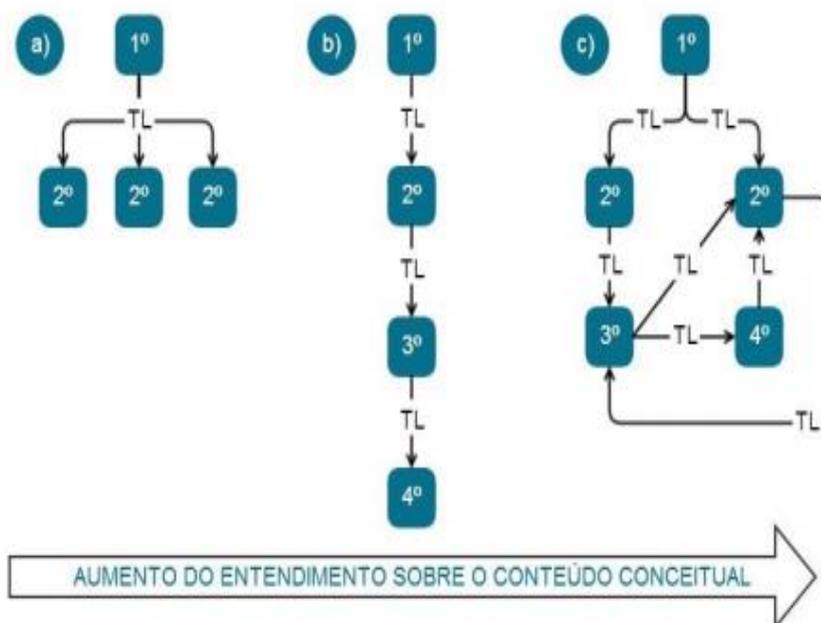


Figura 7. Três estruturas típicas de mapas conceituais: (a) radial, (b) linear e (c) rede. Figura extraída do trabalho de (AGUIAR e CORREIA, 2013).

Novak mostra um mapa conceitual produzido por um aluno do ensino fundamental, considerando uma lista de conceitos que lhe foi apresentada como mostrado na figura 8. Esse aluno era o melhor leitor em voz alta da sua turma, mas mostrou pouca compreensão a respeito do que lia. O seu mapa sugere uma abordagem de cor à leitura, que não conduziu à aquisição de significados. Um mapa conceitual que faz uma conexão linear entre os conceitos evidencia que seu autor não visualiza outras conexões, outras possibilidades de entendimento da questão (NOVAK e GOWIN, 1999: 124).

Em contraposição pode-se considerar o mapa do tipo hierárquico (mostrado na figura 6) onde se tem uma seleção criteriosa de conceitos relacionados ao tema principal, e cada conceito pode estar relacionado a mais de um outro conceito. A existência de grande número de conexões coerentes entre os conceitos revela a familiaridade do autor com o tema considerado. E mesmo que ele não tenha feito a escolha dos conceitos a serem mapeados, ele conseguirá perceber as relações entre eles se tiver algum domínio sobre o tema.

É possível exercitar as habilidades dos alunos na construção de mapas fornecendo seis ou oito conceitos-chave que sejam fundamentais para compreender um tema que se quer cobrir, e pedir aos estudantes que elaborem um mapa conceitual que relacione tais conceitos, e que acrescentem conceitos adicionais relevantes e os liguem de modo a formarem proposições que tenha sentido (NOVAK E GOWIN, 1999: 56).

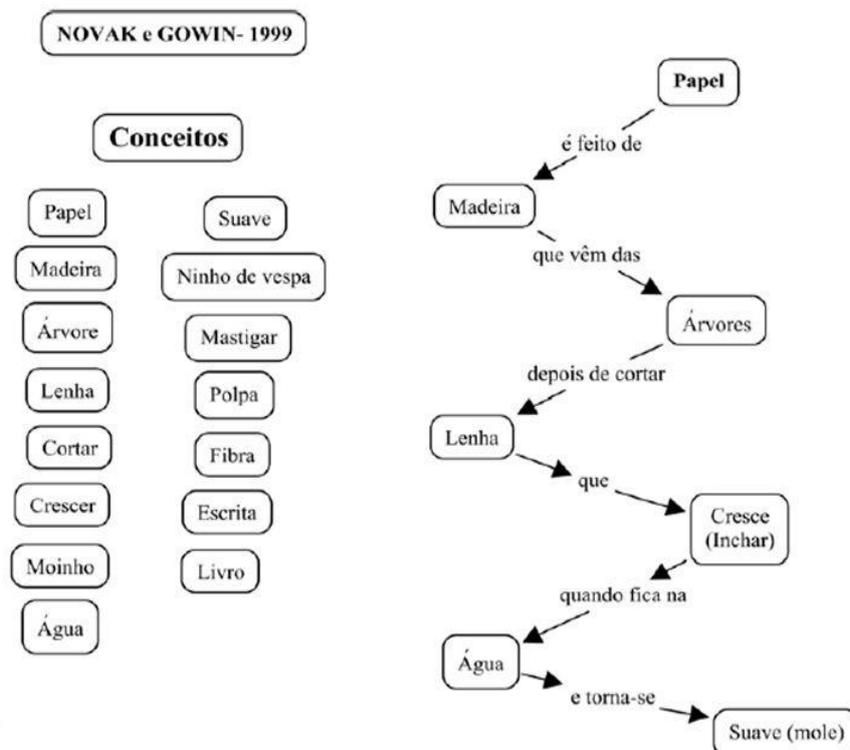


Figura 8. Mapa conceitual produzido por um aluno do ensino fundamental, considerando uma lista de conceitos que lhe foi apresentada. Mapa extraído do trabalho de (Novak e Gowin, 1999).

- Revisões contínuas do mapa conceitual como forma de modificar o conhecimento representado, de acordo com as mudanças de entendimento conceitual do mapeador.

De posse de todas essas considerações, e uma vez que se consegue elaborar um mapa conceitual sobre determinado tema, o importante é compreender que ele nunca está finalizado. Para Novak e Gowin (2010) uma vez concluído o mapa preliminar, é sempre necessário revisá-lo, pois outros conceitos podem ser adicionados e bons mapas geralmente resultam de três ou mais versões.

Para Aguiar e Correia (2013) é necessário reposicionar os conceitos de modo a transmitir clareza e melhor estrutura geral, e preparar uma versão “final”. Segundo eles, as revisões contínuas possibilitam ao aluno reler as

proposições, refletir sobre sua clareza e iniciar um processo de reconstrução das mesmas. O aprendizado é um processo permanente que leva a mudanças nas relações conceituais.

O caráter dinâmico do processo de revisão contínua rompe com o paradigma da resposta única e certa, frequentemente utilizado na avaliação da aprendizagem. Além disso, surge uma oportunidade de utilizar os erros conceituais revelados nos mapas conceituais como forma de guiar as próximas etapas da aprendizagem (CICUTO; CORREIA, 2013).

Enfim, é importante evidenciar que as revisões contínuas aproximam os estudantes de uma reflexão meta-cognitiva, visto que eles podem se tornar conscientes dos seus acertos, erros e estratégias que proporcionaram tais resultados de aprendizagem.

“O caráter processual da revisão dos mapas conceituais está de acordo com a visão construtivista proposta por Ausubel para descrever a aprendizagem significativa” (AGUIAR, CORREIA, 2013).

3.4 O Software CMAPTOOLS

Para construir um mapa conceitual é preciso o uso de lápis e papel ou de um software adequado, sendo em qualquer uma dessas situações, importante que o mapa seja um instrumento que permita revelar significados atribuídos aos conceitos, bem como as relações existentes entre esses conceitos num dado corpo de conhecimentos. Para Novak e Gowin (2010) os programas de computador são mais indicados, pois permitem mover conceitos junto com as frases de ligação, bem como grupos de conceitos e ligações, para reestruturar o mapa.

A parceria entre Alberto Cañas e Joseph Novak resultou no desenvolvimento do programa Cmaptools, que é gratuito e mantido até hoje pelo Institute for Human and Machine Cognition (IHMC). O Software que alia as qualidades dos mapas conceituais ao poder da tecnologia, em particular da internet, é uma plataforma de fácil entendimento para que usuários de todas as idades possam elaborar e modificar seus mapas conceituais do mesmo modo que um processador de texto facilita a produção textual. O software possibilita aos usuários trabalharem juntos à distância na elaboração de seus mapas os publicarem para o acesso de qualquer pessoa conectada à internet. Quando, por exemplo, ele é usado juntamente com um projetor multimídia, dois ou mais indivíduos podem facilmente elaborar um mapa juntos e verem as mudanças na medida em que avançam no trabalho. O programa também permite que indivíduos em uma mesma sala ou em qualquer parte do mundo trabalhem juntos em um mapa, sendo que ele pode ser elaborado de forma síncrona ou assíncrona, de acordo com a disponibilidade de quem o esteja fazendo.

A primeira versão do Cmaptools foi lançada em 1997 e, desde então, a elaboração de MCs digitais se tornou uma realidade. As principais contribuições do Cmaptools foram facilitar a edição de MCs, sem que isso implique em passar todo o MC a limpo, e permitir a construção colaborativa de MCs de forma síncrona ou assíncrona, quando há acesso à Internet disponível

para utilizar o programa. Esses fatores combinados ampliaram, por mais uma vez, o interesse pelo mapeamento conceitual.

Atualmente, os MCs são utilizados como representações gráficas para a gestão da informação e do conhecimento em sala de aula, em grupos de pesquisas e em corporações, visto que a aprendizagem colaborativa e a aprendizagem por toda a vida não se limitam mais à educação formal presencial (Correia, 2012; Moon et al., 2011).

O CmapTools também possibilita aos usuários fazerem links com fontes externas em seus mapas para melhor explicarem seus conteúdos, buscarem informações relacionadas ao mapa na internet ou interligar palavras em um mapa conceitual simplesmente clicando e arrastado os elementos desejados. Esses links podem ser feitos com fotos, imagens, gráficos, vídeos, mapas, tabelas, textos, páginas de internet ou outros mapas conceituais localizadas em qualquer parte da internet ou em arquivos pessoais a conceitos.

Através CmapTools, é possível usar mapas conceituais para acessar qualquer tipo de material que possa ser apresentado digitalmente, incluindo materiais preparados pelo próprio elaborador do mapa. Assim, os mapas podem servir como ferramentas de indexação e navegação para outras áreas de conhecimento.

“Com essa interligação facilitada entre mapas conceituais, os alunos podem elaborar modelos de conhecimento” (CAÑAS *et al.*, 2003b; CAÑAS *et al.*, 2005), que são compilações de mapas conceituais com fontes interligadas sobre um assunto específico, o que mostra que seu entendimento sobre uma área não se restringe a apenas um mapa conceitual.

3.5 Aprendizagem significativa

A retrospectiva histórica inclui um evento que antecedeu à proposição dos Mapas conceituais. Em 1963, David Ausubel propôs a Teoria da Assimilação por meio da Aprendizagem e da Retenção Significativas, como forma de compreender o processamento cognitivo que um indivíduo faz durante o processo de aquisição de novas informações.

A Teoria da Assimilação através da Aprendizagem e da Retenção Significativas refere-se à descrição do processo de aprendizagem. Ele ocorre como um contínuo entre a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica (AUSUBEL, 2000; MAYER, 2002).

A diferença crucial entre a aprendizagem significativa e a mecânica é a forma de relacionar as novas informações com os aspectos que cada indivíduo tem na sua estrutura cognitiva. As relações estabelecidas de forma arbitrária e literal resultam na ocorrência de aprendizagem mecânica, já as relações estabelecidas de maneira não arbitrária e não literal resultam na aprendizagem significativa.

O processo de retenção que caracteriza a aprendizagem significativa é a obliteração, já na aprendizagem mecânica é o esquecimento. No primeiro caso, a nova informação é incorporada à rede conceitual preexistente e, como consequência, sua recuperação (lembrança) não fica comprometida com o passar do tempo. Além disso, a nova informação pode ser utilizada em contextos diferentes daquele em que se deu a aprendizagem (AUSUBEL, 2000).

Moreira (2012) descreve a Aprendizagem significativa proposta por Ausubel como sendo aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não arbitrária com aquilo que o sujeito que aprende já sabe. Para ele, substantiva significa não literal, não ao pé-da-letra, e não arbitrária quer dizer que a interação não é com qualquer ideia prévia, mas com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

Segundo Ausubel, a essência do processo de aprendizagem significativa consiste no fato de que novas ideias expressas de forma simbólica (a tarefa de aprendizagem) se relacionam àquilo que o aprendiz já sabe (a estrutura cognitiva deste numa determinada área de matérias), de forma não arbitrária e

não literal, e que o produto desta interação ativa e integradora é o surgimento de um novo significado, que reflete a natureza substantiva e denotativa deste produto interativo. Nas palavras do próprio autor “o fator mais importante que influi na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Isto deve ser averiguado e o ensino deve depender desses dados” (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1983).

A este conhecimento que é especificamente relevante à nova aprendizagem, Ausubel (1918-2008) chamava de subsunçor ou ideia-âncora. Simplificadamente, subsunçor é o nome dado a um conhecimento específico, que existe na estrutura de conhecimentos do indivíduo, e que permite dar significado a um conhecimento novo que a ele é apresentado ou é por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos é dependente da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com esses conhecimentos. Para Ausubel (2003), o subsunçor pode ter maior ou menor estabilidade cognitiva, pode estar mais ou menos diferenciado, isto é, mais ou menos elaborado em termos de significados. Entretanto, como o processo é interativo, quando serve de ideia-âncora para um novo conhecimento ele próprio modifica-se ganhando novos significados, corroborando significados que já existem.

É necessário retomar a ideia de que a aprendizagem significativa caracteriza-se pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não literal e não arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o aprendiz e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.

Moreira (2012) traz um exemplo muito interessante que ajuda nessa compreensão:

Para um aluno que já conhece a Lei da Conservação da Energia aplicada à energia mecânica, resolver problemas onde há transformação de energia potencial em cinética e vice-versa apenas corrobora o conhecimento prévio dando-lhe mais estabilidade

cognitiva e talvez maior clareza. Mas se a Primeira Lei da Termodinâmica lhe for apresentada (não importa se em uma aula, em um livro ou em um moderno aplicativo) como a Lei da Conservação da Energia aplicada a fenômenos térmicos ele ou ela dará significado a essa nova lei na medida em que “acionar” o subsunçor Conservação da Energia, mas este ficará mais rico, mais elaborado, terá novos significados pois a Conservação da Energia aplicar-se-á não só ao campo conceitual da Mecânica, mas também ao da Termodinâmica. Através de novas aprendizagens significativas, resultantes de novas interações entre novos conhecimentos e o subsunçor Conservação da Energia, este ficará cada vez mais estável, mais claro, mais diferenciado e o aprendiz dará a ele o significado de uma lei geral da Física, ou seja, a energia se conserva sempre. Por outro lado, o subsunçor Conservação da Energia, poderá servir de ideia-âncora para um outro novo conhecimento: a Conservação da Quantidade de Movimento, uma outra lei geral da Física. Analogamente, a conservação de outras grandezas físicas como o momentum angular e a carga elétrica adquirirão significados por interação com o subsunçor constituído pelas leis de conservação já significativas. Quer dizer, o subsunçor que inicialmente era apenas conservação da energia, agora é também conservação da quantidade de movimento, do momentum angular, da carga elétrica, da corrente elétrica, e de outras grandezas físicas, permitindo inclusive dar significado à não-conservação de certas grandezas como é o caso da entropia. Progressivamente o subsunçor vai ficando mais estável mais diferenciado, mais rico em significados, podendo cada vez mais facilitar novas aprendizagens. No caso das conservações de grandezas físicas, o aprendiz pode chegar a um “novo subsunçor” – Leis de Conservação – que passa a subordinar todas as conservações anteriores. Ou seja, que se aplica a várias grandezas físicas e a outras não (MOREIRA, 2012).

Esta forma de aprendizagem significativa onde uma nova ideia, um novo conceito, uma nova proposição, mais abrangente, passa a subordinar conhecimentos prévios é chamada por Ausubel (2003) de aprendizagem significativa superordenada. Não é muito comum; a maneira mais típica de aprender significativamente é a aprendizagem significativa subordinada, na qual um novo conhecimento adquire significado na ancoragem interativa com algum conhecimento prévio especificamente relevante.

Entretanto, se um dado conhecimento prévio não servir usualmente de apoio para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos ele não vai passar de maneira espontânea por esse processo de elaboração, diferenciação cognitiva. No exemplo dado por Moreira (2012), a lei de conservação se aplicará apenas à energia. O que pode acontecer também é que um subsunçor muito rico, muito elaborado, ou seja, com muitos significados claros e estáveis, se oblitere ao longo do tempo, “encolha” de certa forma, no sentido de que

seus significados não são mais tão claros. Na medida em que um subsunçor não é frequentemente utilizado ocorre essa inevitável perda de discriminação entre significados. É um processo normal do funcionamento cognitivo, é um esquecimento, mas em se tratando de aprendizagem significativa a reaprendizagem é possível e relativamente rápida.

Ainda usando o exemplo de Moreira (2012), no caso das Leis de Conservação, se um aluno na escola ou faculdade tivesse adquirido esse conceito significativamente, mas depois saísse de lá e passasse muito tempo sem se envolver com assuntos de Física, ele provavelmente continuaria sabendo que essa é uma ideia central em Física, mas talvez não lembrasse de maneira exata quais grandezas físicas se conservam e quais não se conservam, e muito menos o formalismo de uma determinada lei de conservação. No entanto, se de fato a aprendizagem tivesse sido significativa, e esse aluno retomasse estudos de Física, provavelmente não teria muita dificuldade em “resgatar” o subsunçor Leis de Conservação. É o que acontece, por exemplo, com professores que passam muitos anos sem dar aulas sobre determinados conteúdos.

Dessa forma, é necessário compreender-se que aprendizagem significativa não é aquela que o indivíduo nunca esquece. O que Ausubel (2013) chama de assimilação obliteradora é uma continuidade natural da aprendizagem significativa, no entanto não se trata de um total esquecimento. Na verdade, é uma perda de diferenciação de significados, não é uma perda de significados. Se o esquecimento for total, como se o indivíduo nunca tivesse aprendido um certo conteúdo é bem provável que aprendizagem não tenha sido significativa, mas mecânica.

Em suma, o subsunçor é um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do aprendiz e que permite, por interação, dar significado a outros conhecimentos. Não é conveniente “materializá-lo” como um conceito, por exemplo. Ele também pode ser uma concepção, um construto, uma proposição, uma representação, um modelo, enfim um conhecimento prévio especificamente relevante para a aprendizagem significativa de determinados

novos conhecimentos. A clareza, a estabilidade cognitiva, a abrangência, a diferenciação de um subsunçor variam ao longo das aprendizagens significativas do sujeito. Trata-se de um conhecimento que não é estático, ele pode evoluir e, inclusive, involuir.

Tecnicamente pode-se falar em estrutura cognitiva e dizer que o complexo organizado de subsunçores e suas inter-relações, em um certo campo de conhecimentos, poderia ser pensado como constituindo a estrutura cognitiva de um indivíduo nesse campo. Poder-se-ia também falar em estrutura cognitiva em termos de subsunçores mais abrangentes, mais gerais, aplicáveis a distintos campos de conhecimento. Estrutura cognitiva é um construto (um conceito para o qual não há um referente concreto) usado por diferentes autores, com diferentes significados, com o qual se pode trabalhar em níveis distintos, ou seja, referido a uma área específica de conhecimentos ou a um campo conceitual, um complexo mais amplo de conhecimentos (MOREIRA, 2012).

Esses conhecimentos que Moreira (2012) se refere podem ser de natureza conceitual, procedimental ou atitudinal. Entretanto, os subsunçores de Ausubel (2013) estão ligados muito mais ao conhecimento declarativo (conceitual), pois muitas vezes ele falava em conceito subsunçor, nomenclatura que hoje, segundo Moreira (2012) não parece adequada porque limita muito o significado de subsunçor, induzindo a que seja pensado como um conceito determinado. Moreira considera o subsunçor como um conhecimento prévio especificamente relevante para uma nova aprendizagem, não necessariamente um conceito.

É importante destacar também, no âmbito da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, que a estrutura cognitiva é um conjunto hierárquico de subsunçores que se inter-relacionam dinamicamente. Existem subsunçores que são hierarquicamente subordinados a outros, no entanto essa hierarquia pode mudar se houver, por exemplo, uma aprendizagem superordenada na qual um novo subsunçor passa a incorporar outros. No exemplo da Conservação da Energia dado por Moreira (2012), pode-se pensar que para um certo estudante esse seja, em um dado momento no tempo, um subsunçor hierarquicamente superior a outros conhecimentos de Física que ele adquiriu. Entretanto, ao longo de suas aprendizagens ele poderá construir o subsunçor

Leis de Conservação que abrangerá a Conservação da Energia, ou seja, será hierarquicamente superior.

De outra forma, um conhecimento que em uma certa hierarquia de subsunçores ocupa uma dada posição, poderá ocupar outra posição, inclusive pouco importante, em outra hierarquia. Isso quer dizer que as hierarquias de subsunçores não são estáticas dentro de um mesmo campo de conhecimentos e variam de um campo para outro. A estrutura cognitiva, considerada como uma estrutura de subsunçores interrelacionados e hierarquicamente organizados é uma estrutura dinâmica que caracteriza-se por dois processos principais, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora.

Para Ausubel (2003) a diferenciação progressiva é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor que resulta da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos. Sabe-se que a aprendizagem significativa é decorrente da interação não-arbitrária e não-literal de novos conhecimentos com conhecimentos prévios (subsunçores) especificamente relevantes. Por meio de sucessivas interações um dado subsunçor vai, progressivamente, adquirindo novos significados, vai tornando-se mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas. Isso é o que se entende por diferenciação progressiva de um conceito, de uma proposição, de uma ideia, isto é, de um subsunçor.

A reconciliação integradora ou integrativa, por sua vez, é segundo Ausubel (2003), um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, que é simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados. Quando se aprende de modo significativo tem-se que progressivamente diferenciar significados dos novos conhecimentos adquiridos no intuito de perceber diferenças entre eles, no entanto, também é necessário proceder a reconciliação integradora. Por isso, os dois processos são simultâneos e necessários à construção cognitiva, mas segundo Moreira (2012), parecem ocorrer com intensidades distintas. A diferenciação progressiva relaciona-se mais à aprendizagem significativa subordinada, que é mais comum, e a

reconciliação integradora com a aprendizagem significativa superordenada que ocorre com menos frequência.

De acordo com Ausubel (2003), o conhecimento prévio é a variável isolada mais essencial para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos. Ou seja, se fosse possível isolar uma única variável como sendo a que mais influencia novas aprendizagens, esta variável seria o conhecimento prévio, os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

Em tudo que foi visto até agora, ficou claro que o conhecimento prévio “ajuda” na aprendizagem de novos conhecimentos, permite dar significados a estes conhecimentos, ao mesmo tempo que fica mais estável, mais rico, mais elaborado. Entretanto, isso não acontece sempre. Existem casos em que o conhecimento prévio pode ser bloqueador e funcionar como um o que Gaston Bachelard chamou de obstáculo epistemológico:

A ideia de corpúsculo como uma “bolinha” invisível, com uma massa muito pequena, ocupando um espaço muito pequeno, dificulta enormemente a aprendizagem significativa do que seja uma partícula elementar. O átomo como um sistema planetário em miniatura também funciona como obstáculo representacional para a aprendizagem da estrutura do átomo na perspectiva da Mecânica Quântica. Partículas elementares representadas nos livros de texto como pequenas esferas coloridas podem obstaculizar a aprendizagem do que sejam quarks, embora eles tenham a propriedade cor (que não tem o mesmo significado aceito na Óptica). (MOREIRA, 2012)

Nesse sentido, falar que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa de novos conhecimentos não quer dizer que é sempre uma variável facilitadora. Geralmente sim, mas em alguns casos, pode ser bloqueadora.

É necessário explanar também outro aspecto da aprendizagem significativa, ela não é sinônimo de aprendizagem “correta”. É importante compreender que ela não é aquela que nunca esquecemos. Quando o sujeito atribui significados a um dado conhecimento, ancorando-o interativamente em conhecimentos prévios, a aprendizagem é significativa, independente de se

estes são os aceitos no contexto de alguma matéria de ensino, ou seja, de se os significados atribuídos são também contextualmente aceitos, além de serem pessoalmente aceitos.

Assim, pode-se avaliar que uma aprendizagem adquirida é significativa quando, segundo Ausubel, o conteúdo adquirido estar claro, preciso e há competência em transferi-lo a situações novas, diferentes daquelas que foram usadas para o seu ensino. O fato do aluno conseguir definir conceitos, discorrer sobre eles ou mesmo resolver problemas complexos, não significa que teve aprendizagem significativa.

Ausubel argumenta que uma longa experiência em fazer exames faz com que os estudantes se habituem em memorizar não só proposições e fórmulas, mas também causas, exemplos, explicações e maneiras de resolver 'problemas típicos (MOREIRA, 1999).

Um instrumento avaliativo de aprendizagem significativa segundo Moreira, que descreve a visão de Ausubel quanto a esse aspecto, seria:

Ao procurar evidência de compreensão significativa, a melhor maneira de evitar a 'simulação da aprendizagem significativa' é formular questões e problemas de uma maneira nova e não familiar, que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido. Testes de compreensão, por exemplo, devem, no mínimo, ser fraseados de maneira diferente e apresentados em um contexto de alguma forma diferente daquele originalmente encontrado no material instrucional (MOREIRA, 1999, p. 156).

Para melhor descrever a aprendizagem significativa, Ausubel a especifica em três categorias. A primeira, denominada de aprendizagem representacional, é identificada quando um indivíduo consegue atribuir significado a símbolos particulares e aos eventos aos quais eles se referem. Ou seja, ela ocorre quando símbolos arbitrários passam a representar, em significado, determinados objetos ou eventos em uma relação unívoca, quer dizer, o símbolo significa apenas o referente que representa. A título de exemplo: se para uma criança a palavra mesa que é um símbolo linguístico significa apenas a mesa de sua residência, essa criança ainda não tem o conceito de mesa, mas somente uma representação. Isso vale igualmente vale

para um adulto frente a eventos e objetos em relação aos quais não identificou atributos e regularidades que definiriam o conceito correspondente.

A segunda categoria é chamada de aprendizagem de conceitos, é mais genérica, abstrata e representa regularidades, ela está muito relacionada a aprendizagem representacional. De acordo com Ausubel, conceitos indicam regularidades em eventos ou objetos. No caso do exemplo da mesa, quando um sujeito tem o conceito de mesa, o símbolo mesa representa uma infinidade de objetos (não somente um como no caso da aprendizagem representacional) com determinados atributos, propriedades, características comuns. Mas, para chegar ao conceito de mesa, a pessoa, provavelmente, passou por representações de mesa. Por outro lado, uma vez construído o conceito, ele passa a ser representado por um símbolo que é geralmente linguístico.

Já a terceira categoria, conhecida como aprendizagem proposicional, define a aprendizagem como uma ideia advinda dos conceitos; dito de outro modo, o conceito é definido através de uma proposição, portanto, através de várias palavras. As aprendizagens representacional e conceitual são pré-requisito para a proposicional, entretanto o significado de uma proposição não é a soma dos significados dos conceitos e palavras nela envolvidos.

Há ainda outras categorias de aprendizagem que são complementares a essas. Elas são: aprendizagem subordinada, aprendizagem superordenada e aprendizagem combinatória.

A aprendizagem subordinada acontece quando o novo conhecimento interage com subsunçores, tornando o novo, cheio de significado. Ou seja, quando os novos conhecimentos potencialmente significativos adquirem significados, para o sujeito que aprende, por um processo de ancoragem cognitiva, interativa, em conhecimentos prévios relevantes mais gerais e inclusivos já existentes na sua estrutura cognitiva.

A aprendizagem supeordenada acontece quando, partindo dos subsunçores, se forma uma ideia mais geral (conceito ou proposição),

organizando os subsunçores como partes desta ideia genérica. Ela envolve processos de abstração, indução, síntese, que levam a novos conhecimentos que passam a subordinar aqueles que lhes deram origem. É um mecanismo fundamental para a aquisição de conceitos.

A aprendizagem combinatória por sua vez, pode ser entendida como aprendizagem de proposições mais amplas, mais gerais do que aquelas que já existem na estrutura cognitiva. É aprendizagem de uma proposição global, portanto, não subordinada e nem superordenada, por não se ligar com conceitos ou proposições específicos. Dito de outro modo, é uma forma de aprendizagem significativa em que a atribuição de significados a um novo conhecimento implica interação com vários outros conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva, mas não é nem mais inclusiva nem mais específica do que os conhecimentos originais.

A aprendizagem proposicional pode ser subordinada, superordenada ou combinatória. Do mesmo modo, a aprendizagem conceitual pode ocorrer por subordinação, superordenação ou combinação, relativamente a conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva. Isso sugere que as formas e tipos de aprendizagem significativa são classificações plenamente compatíveis. Assim, uma aprendizagem pode ser analisada de acordo com essas seis classificações que são não-excludentes.

Aqui cabe destacar, mais uma vez, dois interessantes processos que de acordo com Ausubel ocorrem na aprendizagem significativa: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. O primeiro que foi citado quando observamos que o subsunçor pode modificar-se com a introdução de uma nova informação, alterando-o e dando novo significado está normalmente presente na aprendizagem significativa subordinada. O segundo que acontece quando ideias mais gerais relacionam subsunçores que inicialmente estavam separados na estrutura cognitiva, normalmente ocorre na aprendizagem significativa superordenada ou na aprendizagem significativa combinatória.

Tanto a diferenciação progressiva quanto a reconciliação integrativa são variáveis importantes na facilitação da aprendizagem significativa. Pode-se falar também em estratégias e instrumentos didáticos que podem ser facilitadores da aprendizagem significativa. Um deles que é muito frequentemente associado à aprendizagem já foi descrito aqui, que é o mapeamento conceitual. Outro instrumento metodológico são os chamados organizadores prévios.

Organizadores prévios são materiais introdutórios, apresentados a um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade que o conteúdo do material instrucional a ser aprendido proposto por David P. Ausubel para facilitar a aprendizagem significativa. Eles se destinam a servir como pontes cognitivas entre aquilo que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber para que possa aprender significativamente o novo conteúdo. Ausubel propõe os organizadores prévios como a estratégia mais eficaz para facilitar a aprendizagem significativa quando o aluno não dispõe, em sua estrutura cognitiva, dos conceitos relevantes para a aprendizagem de um determinado tópico.

Os organizadores prévios não devem ser confundidos com sumários e introduções que são escritos no mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade do material que se segue, simplesmente enfatizando os pontos principais desse material. Na concepção ausubeliana, os organizadores prévios destinam-se a facilitar a aprendizagem de um tópico específico. Por outro lado, os materiais introdutórios construídos para este estudo, são denominados pseudo organizadores prévios, porque se destinam a facilitar a aprendizagem de uma unidade (SOUZA & MOREIRA, 1981).

Existem dois tipos de organizadores prévios: o organizador expositivo e o organizador comparativo. Quando o aprendiz não tem sunsunçores, ou seja, quando o material de aprendizagem é não-familiar recomenda-se o uso de um organizador expositivo. Ele supostamente, faz a ponte entre o que o estudante sabe e o que deveria saber para que o material fosse potencialmente significativo. Já quando o novo material é relativamente familiar, o recomendado é o uso de um organizador comparativo, ele ajudará o aluno a integrar novos conhecimentos à estrutura cognitiva e a discriminá-los de outros conhecimentos já existentes nessa estrutura que são essencialmente

diferentes mas que podem ser confundidos. Nesse sentido, os organizadores prévios podem ser usados para suprir a deficiência de subsunçores ou para mostrar a relacionalidade e a discriminabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos já existentes.

Certas estratégias e certos instrumentos podem ter maior potencial facilitador da aprendizagem significativa, mas dependendo de como são usados em situação de ensino podem não promover tal aprendizagem. Qualquer estratégia, instrumento, técnica ou método de ensino (ou qualquer outra terminologia) usado dentro de um enfoque comportamentalista do tipo certo ou errado, sim ou não, promoverá a aprendizagem mecânica.

Qualquer estratégia que implicar “copiar, memorizar e reproduzir” estimulará a aprendizagem mecânica. A facilitação da aprendizagem significativa depende muito mais de uma nova postura docente, de uma nova diretriz escolar, do que de novas metodologias, mesmo as modernas tecnologias de informação e comunicação (MOREIRA, 1999).

3.6 Os Mapas Conceituais e a Aprendizagem Significativa

A Teoria da Assimilação através da Aprendizagem e da Retenção Significativas prevê três condições essenciais para a ocorrência da aprendizagem significativa (Ausubel, 2000): A primeira é que os conhecimentos prévios do aluno devem ser considerados como o ponto de partida para a nova aprendizagem; a segunda é que o material instrucional deve ser potencialmente significativo; e a terceira é que o aluno deve optar deliberadamente por aprender significativamente.

Aprender significativamente requer maior esforço cognitivo do que aprender mecanicamente. Isso ocorre porque na aprendizagem significativa o aluno precisa conferir sentido à nova informação, a partir do que ele já sabe (conhecimento prévio). O mesmo não ocorre quando a aprendizagem é mecânica. Nesse caso, o aluno não consegue estabelecer relações de sentido

entre o que ele sabe e o novo conhecimento. A aprendizagem significativa deve ser entendida como uma parceria entre professor e alunos.

É necessário estabelecer um ambiente propício à aprendizagem, pois os requisitos para a obtenção da aprendizagem significativa exigem o empenho de ambos. A identificação do conhecimento prévio dos alunos envolve o professor (que propõe uma atividade para este fim) e os estudantes (que devem participar e revelar o que já sabe sobre o tema). A seleção do material instrucional é uma decisão do professor e a escolha por aprender significativamente é uma decisão exclusiva dos alunos (Ausubel, 2000).

Vimos que durante a aprendizagem significativa podem ocorrer dois processos que podem ser identificados nos mapas conceituais abaixo: a diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Os mapas da figura 10 mostram as diferenças gráficas entre a representação dos processos de diferenciação progressiva (Figura 10a) e reconciliação integrativa (Figura 10b).

No primeiro caso, as ideias, conceitos ou proposições mais gerais presentes na estrutura cognitiva do aluno se modificam na medida em que ele interage com as novas informações. No segundo caso, as ideias, conceitos ou proposições existentes na estrutura cognitiva se recombinaem por similaridades ou diferenças, gerando novos significados e proporcionando uma reorganização da estrutura cognitiva (AUSUBEL, 2000).

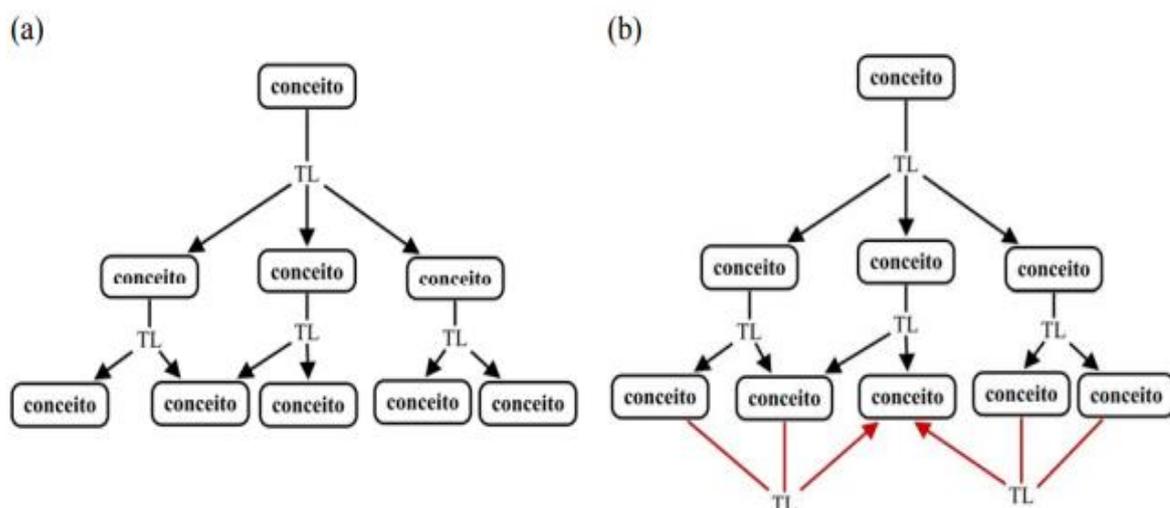


Figura 10. Estruturas de MCs com (a) diferenciação progressiva e (b) diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Legenda: linhas pretas - proposições com diferenciação progressiva; linhas vermelhas - proposições com reconciliações integrativas; TL - termo de ligação. Figura extraída do trabalho de (Cicuto e Correia, 2013).

Vimos também que a diferenciação progressiva dos conceitos facilita a assimilação de novas informações durante a aprendizagem. Por esse motivo, é aconselhável começar a instrução com conceitos mais gerais sobre o assunto a ser abordado. Os detalhamentos devem ser feitos a partir deles, a fim de que se consiga compreender todas as partes do conteúdo sem perder a chance de relacioná-las com o todo. A diferenciação progressiva, que pode ser visualizada nos mapas conceituais, é um conceito útil para o planejamento das atividades de ensino. Desta forma, a combinação da teoria Ausubeliana com o uso dos mapas conceituais gera um ponto de partida favorável para a criação de um processo de ensino que favoreça a aprendizagem significativa.

A Teoria Educacional de Novak foi desenvolvida a partir das ideias cognitivas de da Teoria Ausubel. Essa teoria confere um aporte humanista ampliando assim a Teoria da Aprendizagem Significativa. A partir dessa perspectiva humanista, Novak propõe uma nova definição para aprendizagem significativa: “a aprendizagem significativa deve promover a integração construtiva entre o pensar, o sentir e o agir, levando ao engrandecimento humano” (Novak, 2010). Os indivíduos devem ser responsáveis pela condução do seu processo de aprendizagem. “Isso permite que a aprendizagem ocorra por toda a vida e atenda as novas demandas da sociedade do século XXI” (Visser & Visser-Valfrey, 2008). Assim sendo, o desafio educacional é gerenciar as seguintes formas de aprendizagem:

1. A aquisição de conhecimento (aprendizagem cognitiva);
2. A mudança na emoção ou sentimentos (aprendizagem afetiva); e
3. O ganho de aptidão física ou motora (aprendizagem psicomotora)

A teoria de Novak considera também cinco elementos que estão presentes em um evento educativo: professor, aprendiz, conhecimento, contexto e avaliação. Levando em consideração estes cinco elementos, Novak propõe em sua teoria que, qualquer evento educativo implica, numa ação para

trocar significados e sentimentos entre o professor e o aprendiz. Desse modo, um aprendiz adquire conhecimento, interagindo com o professor, em certo contexto.

A avaliação, que é um dos constituintes básicos do evento educativo, tem o papel de verificar a aprendizagem do sujeito que aprende, o desempenho do professor, o grau de significância do conhecimento e o efeito do contexto. Para Ausubel a predisposição para aprender, como uma das condições para se alcançar a aprendizagem significativa, está relacionada com as ideias de Novak sobre a experiência afetiva que o aprendiz tem no evento educativo.

Sua hipótese é que se a experiência afetiva for positiva no sentido de ser construtiva intelectualmente o aprendiz apresenta na compreensão, isso o motiva e o capacita para buscar novas aprendizagens relacionando o novo conteúdo de maneira não-literal e não-arbitrária ao seu conhecimento prévio. Porém se a sensação afetiva é negativa gera sentimentos de inadequação e desmotivação, pois o aprendiz não se sente que está aprendendo, desta forma ele terá recusa a novas aprendizagens e não se dispõe a aprender significativamente.

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

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

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

Uma síntese do quadro teórico que orienta o uso de mapa conceitual para promover a aprendizagem significativa, a partir das ideias de Ausubel e Novak, é apresentada na Figura 11.

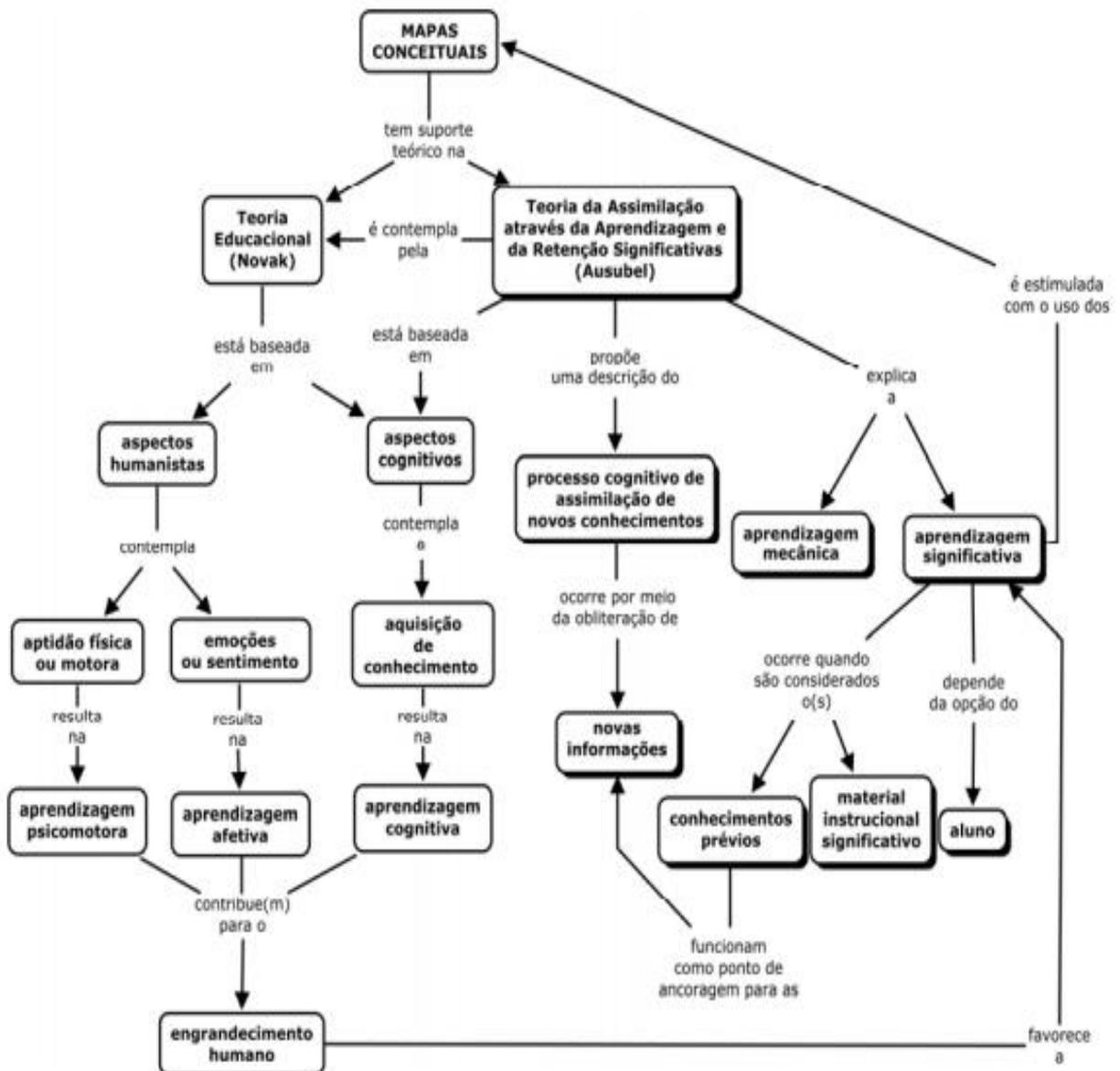


Figura 11. Mapa conceitual que apresenta uma síntese do quadro teórico que orienta o uso de mapa conceitual para promover a aprendizagem significativa, a partir das ideias de Ausubel e Novak. Mapa extraído do trabalho de (NOVAK e GOWIN, 1999). Figura extraída do trabalho de (CICUTO e CORREIA, 2013).

4 METODOLOGIA

Os dados que deram sustentação a essa pesquisa foram coletados no âmbito da disciplina de Fundamentos de Física IV, ofertada no curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Pernambuco no centro acadêmico do agreste. A coleta foi realizada durante o segundo semestre de 2017.

A Professora Dra. Kátia Calligaris Rodrigues foi responsável pelas aulas em uma turma de 18 alunos. As aulas com aproximadamente 1 hora e 30 minutos de duração ocorreram duas vezes na semana, durante o período de 09/03/2017 à 06/07/2017.

A disciplina foi dividida pela docente em duas unidades, em cada uma havia quatro temas a serem estudados. Na primeira, os temas foram os seguintes:

Tema 1 - Natureza da eletricidade, modelo atômico, carga elétrica, condutores e isolantes, Lei de Coulomb, Campo elétrico e linhas de campo elétrico.

Tema 2 - determinação do campo elétrico para: uma carga puntiforme, dipolo elétrico, distribuição linear de cargas, anel carregado, disco uniformemente carregado, duas placas infinitas carregadas com cargas opostas e movimento de cargas em um campo uniforme.

Tema 3 - fluxo de campo elétrico, Lei de Gauss, aplicações da Lei de Gauss, energia potencial elétrica, potencial elétrico.

Tema 4 - capacitores e capacitância

Na segunda unidade, os temas abordados foram os seguintes:

Tema 1 - campo magnético, força magnética, trabalho da força magnética, campos magnéticos, aplicações de campos magnéticos e elétricos cruzados, torque sobre espira, momento de dipolo magnético.

Tema 2 - energia potencial magnética, Lei de Biot-Savart, Lei de Ampère, Lei de Gauss para o magnetismo, Lei de Ampère para eletricidade.

Tema 3 - corrente elétrica, Lei de Ohm, Força Eletromotriz, combinações de resistores, Leis de Kirchhoff.

Tema 4 - Indução Magnética, Lei de Lenz, Lei de Faraday, Campo elétrico induzido.

As atividades avaliativas da disciplina eram divididas em grupais e individuais. As atividades grupais ocorreram durante todo o período de estudos dos quatro temas a cada unidade; e as individuais ocorreram ao final do estudo desses quatro temas, também a cada unidade.

Os alunos que foram divididos em quatro grupos desde o início da disciplina, tinham como tarefas de caráter avaliativo: confeccionar mapas conceituais sobre cada um dos temas; e realizar a escolha e resolução de problemas relacionados a cada um deles. Essas eram as atividades realizadas em grupo. Cada grupo ficava responsável por confeccionar, no programa Cmaptools, um mapa conceitual a cada tema estudado e também de realizar essa escolha e resolução de problemas a cada um desses temas.

A dinâmica da disciplina dava-se assim: a docente realizava uma exposição dialogada sobre um determinado tema em uma aula. Depois disso, em outra aula, cada grupo trazia o mapa conceitual elaborado sobre o tema e havia um sorteio para uma apresentação desse mapa. O grupo sorteado teria que apresentá-lo para todos os demais grupos.

Logo após isso, em outra aula, cada grupo escolhia pelo menos três problemas, relacionados ao tema estudado, para resolvê-los; ao fim dessa mesma aula havia um sorteio para uma apresentação de um dos problemas escolhidos. O grupo sorteado teria que apresentá-lo para todos os demais grupos.

Todas essas etapas se repetiam a cada tema estudado, ao final de quatro temas havia uma avaliação escrita individual. Cada grupo tinha a oportunidade de apresentar pelo menos um mapa e de apresentar pelo menos um problema no curso de quatro temas. Durante a etapa de apresentação de um dos problemas, o grupo sorteado tinha que expor a resolução e também os critérios que guiaram a sua escolha.

Na disciplina havia monitores responsáveis por fazer a correção desses mapas confeccionados por cada grupo, e de entregar feedbacks aos alunos a respeito da correção desses mapas. É importante considerar que apesar de trabalharem com mapas conceituais ao longo de toda a disciplina, os estudantes não tiveram nenhum treinamento na técnica de mapeamento.

Além disso, também havia monitores responsáveis por realizar a correção das questões escolhidas e resolvidas por cada grupo, e de entregar feedbacks aos alunos a respeito da correção dessas questões.

Para realizar essas atividades, cada grupo tinha como base uma bibliografia distinta que poderia ser escolhida dentro das que foram adotadas pela docente. Eram elas:

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC, 2006, v.2.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. Rio de Janeiro: LTC, 2009, v.3.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. São Paulo: Edgard Blücher, 2002, v.3.

CHAVES, A. **Física Básica: Eletromagnetismo**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

Cada grupo escolhia uma dessas bibliografias na condição de que cada uma só poderia ser escolhida por determinado grupo uma única vez no curso de quatro temas. Desse modo, ao fim dos quatro temas, cada grupo havia

trabalhado com todas elas. Assim sendo, a cada tema, cada grupo escolhia uma bibliografia distinta que servia de base para a confecção dos mapas conceituais e para escolha e resolução dos problemas.

Ao final da exposição e da realização das atividades grupais mencionadas havia uma avaliação individual escrita, referente aos temas estudados até então. Nessa avaliação os alunos tinham que resolver uma questão proposta pela docente através da elaboração de um mapa conceitual.

A dinâmica no dia da avaliação escrita se dava do seguinte modo: a docente pedia para que os alunos se reunissem em seus respectivos grupos e entregava a cada um desses grupos uma questão distinta. O grupo tinha então um tempo de 10 minutos para discutir sobre a resolução da questão, bem como sobre como estruturariam a resposta dela no mapa conceitual. Cada questão continha quatro conceitos obrigatórios que deveriam ser incluídos no mapa. Após esse período de discussão grupal, os alunos eram separados de seus grupos e então recebiam uma folha de papel A3 onde deveriam responder a questão discutida através da confecção individual de um mapa conceitual.

Após esse dia de avaliação, os alunos eram convidados a refazer seus mapas, em casa, usando o programa Cmaptools. Esses mapas tinham que responder a mesma questão proposta no dia da avaliação escrita e deveriam ser individualmente confeccionados. A docente dava um prazo de quinze dias para que eles pudessem ser entregues. Essa etapa, no entanto, não era obrigatória.

Os dados para essa pesquisa foram colhidos no dia da primeira avaliação escrita da disciplina. Cada grupo, durante o período de discussão, reunia-se em uma mesa. Em cada mesa havia um gravador que permitia gravar o áudio dessas discussões. Tomou-se então um desses áudios, referente a um grupo, para que se fizesse a análise que será discutida na pág. 51. O áudio transcrito é mostrado a partir da página 89.

Além disso, coletou-se os mapas individualmente confeccionados pelo grupo analisado no áudio para que se pudesse fazer uma análise deles à luz dos parâmetros estabelecidos na tabela 1. Após essas análises fez-se uma

comparação entre o áudio transcrito e os mapas confeccionados individualmente. Essa análise está mostrada na página 68.

Por fim, os mapas refeitos pelos alunos do grupo analisado foram recolhidos, analisados à luz da tabela 1 e comparados com os mapas confeccionados no dia da avaliação escrita. Todas essas análises são mostradas adiante.

5 ANÁLISE DOS DADOS

5.1 Análise do áudio transcrito

A análise que será feita aqui é referente ao áudio transcrito na página 89. Esse áudio foi coletado no dia da primeira avaliação escrita da disciplina de Fundamentos de Física IV. O grupo analisado era composto por cinco alunos, cada um é designado por um número e uma cor.

A pergunta focal proposta pela docente para esse grupo analisado era a seguinte: Quais os conceitos que estão envolvidos no processo de carregamento de um capacitor esférico? Como esses conceitos se relacionam? A questão continha quatro conceitos obrigatórios: Lei de Coulomb, Campo elétrico, Lei de Gauss e Capacitores. A seguir é feita uma análise do conteúdo das falas desses docentes.

Inicialmente, os alunos começam mencionando o conceito “Lei de Gauss” e o conceito “Campo elétrico” e os relacionam ao conceito “Capacitância”. Aqui, surge outro conceito “diferença de potencial” que não faz parte dos conceitos obrigatórios, mas que é relevante para tratar da questão focal. O aluno 2 diz que esse conceito é importante para o cálculo da capacitância e mostra o que é necessário para calculá-la. O aluno 3 concorda com ele, mas logo em seguida é advertido pelo aluno 4 que diz ser necessário relacionar o conceito “ Lei de Gauss” com o conceito “Lei de Coulomb”, conforme se pode ver no trecho retirado do áudio transcrito, a seguir:

Aluno 4: Eu acho que vamos ter que relacionar lei de Coulomb com lei de Gauss

Eles conversam entre si sobre a possível relação entre esses conceitos, mas logo em seguida o aluno 1 menciona outra relação: “Lei de Coulomb” com a “força elétrica”. Além disso, todos os alunos mencionam a relação que existe entre a “força elétrica” e o “campo elétrico”. Até esse momento, não há menção a respeito da relação entre “Lei de Coulomb” e “Lei de Gauss” sugerida pelo aluno 4.

A partir dessa discussão inicial, os estudantes descrevem cada conceito isoladamente. O aluno 2 e o aluno 1 falam a respeito da equação que descreve a força entre duas cargas puntiformes. Nesse momento há um impasse entre eles que depois é resolvido com o auxílio do aluno 5. Isso pode ser visto no trecho retirado do áudio transcrito, a seguir:

Aluno 2: Então, espera aí, vamos lá! A lei de Coulomb vai ser: força igual a k, vezes q, elevado ao quadrado, dividido por d elevado ao quadrado ($F = \frac{k q^2}{d^2}$)

Aluno 4: Não. Nesse caso vai ficar q vezes q.

Aluno 2: Sim, mas eu estou considerando as cargas iguais.

Aluno 5: É, como se fosse duas cargas puntiformes iguais, né?

Aluno 2: Isso, então teremos o campo elétrico para cargas puntiformes.

Aluno 4: Ah, ok.

Depois disso, o aluno 1 traz uma consideração interessante, conforme pode ser visto no trecho retirado do áudio transcrito, a seguir:

Aluno 1: Nós temos que conceituar, porque no mapa conceitual as equações são poucas, temos que nos focar nos conceitos.

A partir daí, os estudantes conceituam “Lei de Coulomb”, “Campo elétrico” e “Lei de Gauss”. Eles estabelecem uma relação entre esses dois primeiros conceitos, mas ainda não é evidente a relação entre o primeiro e o terceiro conceito, como sugerida pelo aluno 4. Aqui surgem outros conceitos relevantes

para tratar da pergunta focal, mas que não fazem parte dos conceitos obrigatórios, são eles: “linhas de campo”, “força de atração”, “força de repulsão”, “superfície gaussiana” e “fluxo”.

Depois disso, os alunos conceituam “Capacitores” e, nesse momento, o aluno 4 que até então não falava muito, mostra-se atento e contribui para o raciocínio de sua colega. Isso pode ser visto no trecho retirado do áudio transcrito, a seguir:

Aluno 2: Vão ser duas placas com um dielétrico no meio. Então essas placas servem para armazenar energia e a descarga dele é rápida... Serve como um ... esqueci o nome ...

Aluno 4: Como um flash? Um estabilizador de corrente?

Aluno 2: Isso, serve para estabilizar corrente!

A partir daí, os alunos conceituam “capacitor esférico” e novamente passam a descrever o passo a passo para o cálculo da “capacitância”, no entanto, o aluno 1 adverte mais uma vez que é necessário centrar-se nos conceitos. Nesse momento surge um questionamento, feito pelo aluno 2, a respeito de como ocorre o carregamento de um capacitor esférico. Entender esse processo é importante porque remete a questão focal. Porém, percebe-se que os estudantes possuem dúvidas em relação a ele, como pode ser visto no seguinte trecho retirado do áudio transcrito, a seguir:

Aluno 2: Então como é o processo *pra* carregar um capacitor? Eu lembro que é assim, coloca-se uma bateria, então essa bateria vai carregar um lado das placas e a outra será carregada por indução, né?

Aluno 1: É!

Aluno 2: Espera, eu não lembro se é por indução.

Aluno 1: Não sei, eu acho que é.

Nesse trecho observa-se que os outros alunos não participam do diálogo, o que evidencia que, possivelmente, essa dúvida é comum a todos. Ao mencionarem que uma das placas é carregada por indução, observa-se que os

estudantes compreendem parcialmente o processo de carregamento de um capacitor. Na verdade, existem cargas induzidas pelo campo elétrico no interior do dielétrico que isola as placas, no entanto, essa indução não é responsável por esse processo de carregamento. Para que se possa compreendê-lo melhor é interessante atentar às descrições adiante.

De acordo com Halliday e Resnick (2007) um capacitor é formado por dois condutores isolados entre si, e esses condutores recebem o nome de placas. Ainda de acordo com os autores, um capacitor pode ser carregado quando colocado em um circuito elétrico com uma bateria, como é o caso da questão analisada pelos alunos. Observe abaixo como ocorre esse processo.

Quando a chave S do circuito é fechada (ver figura 12), passa a existir uma relação elétrica entre os terminais, o circuito fica completo e as cargas começam a circular pelos componentes do circuito. As cargas que se movem em um material condutor, são elétrons. Quando o circuito é completado, os elétrons são colocados em movimento no fio pelo campo elétrico criado pela bateria. Esse campo faz os elétrons se deslocarem da placa a do capacitor para o terminal positivo da bateria; a perda de elétrons faz com que a placa a fique positivamente carregada. O campo desloca o mesmo número de elétrons do terminal negativo da bateria para a placa b do capacitor C ; o ganho de elétrons faz com que a placa b fique negativamente carregada. As cargas da placa a e da placa b tem o mesmo valor absoluto. No instante em que a chave é fechada as duas placas estão descarregadas, e a diferença de potencial entre elas é zero. Enquanto as placas estão descarregadas, a diferença de potencial aumenta até se tornar igual à diferença de potencial V entre os terminais da bateria. Quando o novo equilíbrio é atingido, a placa a e o terminal positivo da bateria tem o mesmo potencial, e não existe um campo elétrico no fio que liga esses dois pontos do circuito. O terminal negativo e a placa b também têm o mesmo potencial, e não existe um campo elétrico nos fios que ligam o terminal negativo à chave S e a chave S à placa b . Como o campo elétrico nos fios do circuito é zero, os elétrons param de se deslocar e dizemos que o capacitor está totalmente carregado (HALLIDAY; RESNICK, 2007).

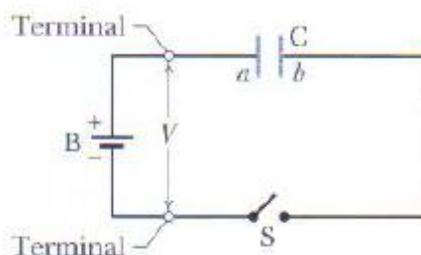


Figura 12. Diagrama esquemático onde os elementos do circuito são representados por símbolos. Figura extraída do livro de (Halliday e Resnick, 2007, p. 112).

Após essa etapa de dúvidas, os alunos tentam relacionar os conceitos obrigatórios tendo como base o processo de carregamento de um capacitor. O aluno 1 demonstra melhor conseguir fazer isso, e ao final do diálogo consegue estabelecer a relação entre o conceito “Lei de Gauss” e o conceito “Lei de Coulomb” que foi sugerida pelo aluno 4 no início da conversa.

O aluno 2 também consegue estabelecer algumas relações entre todos os conceitos. Os demais mostram-se inseguros para relacioná-los, de modo que conseguem apenas descrevê-los isoladamente. Isso pode sugerir uma aprendizagem mecânica do tema. Pois, na concepção Ausubeliana, a aprendizagem mecânica é caracterizada pelo estabelecimento de relações arbitrárias e literais entre os conhecimentos prévios e a nova informação. Como há pouco esforço para criar sentido ao relacioná-los, a nova informação pode ser esquecida após curto período de tempo, sendo difícil utilizá-la em um novo contexto.

5.2 Avaliação dos primeiros mapas confeccionados pelos discentes

A análise que será feita aqui é referente aos mapas confeccionados pelos alunos do grupo analisado no dia da primeira avaliação escrita da disciplina de Fundamentos de Física IV. O grupo era composto por cinco alunos, cada um é designado por um número e uma cor.

Os estudantes tinham que responder através de um mapa conceitual a seguinte pergunta focal: Quais os conceitos que estão envolvidos no processo de carregamento de um capacitor esférico? Como esses conceitos se relacionam?

A questão continha quatro conceitos obrigatórios: Lei de Coulomb, Campo elétrico, Lei de Gauss e Capacitores. Cada um dos mapas conceituais produzidos individualmente por eles são analisados à luz dos critérios estabelecidos na tabela 1 e são mostrados a seguir.

Aluno 1

A Figura 13 mostra uma estrutura confeccionada pelo aluno1. Nela existem 29 ligações entre caixas que não podem ser consideradas proposições porque não apresentam nenhum termo de ligação (exemplos: " Lei de Coulomb $\rightarrow F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{d^2}$ ", "Capacitores" \rightarrow armazenam energia "). De acordo com Cicuto e Correia (2013) as proposições são a característica mais marcante dos mapas conceituais e são formadas pela união de 2 conceitos, por meio de um termo de ligação que expressa de forma clara como eles se relacionam. Para Davies (2011) a necessidade de usar proposições , contendo um termo de ligação para expressar claramente a relação conceitual, é o que torna os mapas conceituais ferramentas poderosas e os distinguem de outros organizadores gráficos. Nesse sentido, a figura 13 não pode ser considerada um mapa conceitual.

Os quatro conceitos obrigatórios estão presentes na estrutura confeccionada pelo aluno1 mostrada na Figura 13. Além dos conceitos obrigatórios presentes, existem outros que também se relacionam com a pergunta focal (exemplos: "superfície gaussiana", "linhas de campo", " diferença de potencial"). Observa-se que o aluno 1 consegue estabelecer relações entre os conceitos apresentados e responde a pergunta focal. No entanto, como já dito, a figura 13 não tem estrutura de um mapa conceitual.

Na referida figura há um encadeamento sequencial de conceitos, os mais gerais são postos na parte superior e os mais específicos na parte inferior. A figura 13 tem uma estrutura que lembra um mapa conceitual em rede, do tipo hierárquico. No entanto, como não há termos de ligações não pode ser classificada como um mapa conceitual. Além disso, a maioria desses conceitos são muito longos e contém muitas descrições. Isso sugere que o aluno 1 tem um grande aporte teórico sobre o tema, mas é ineficiente na técnica de mapeamento conceitual.

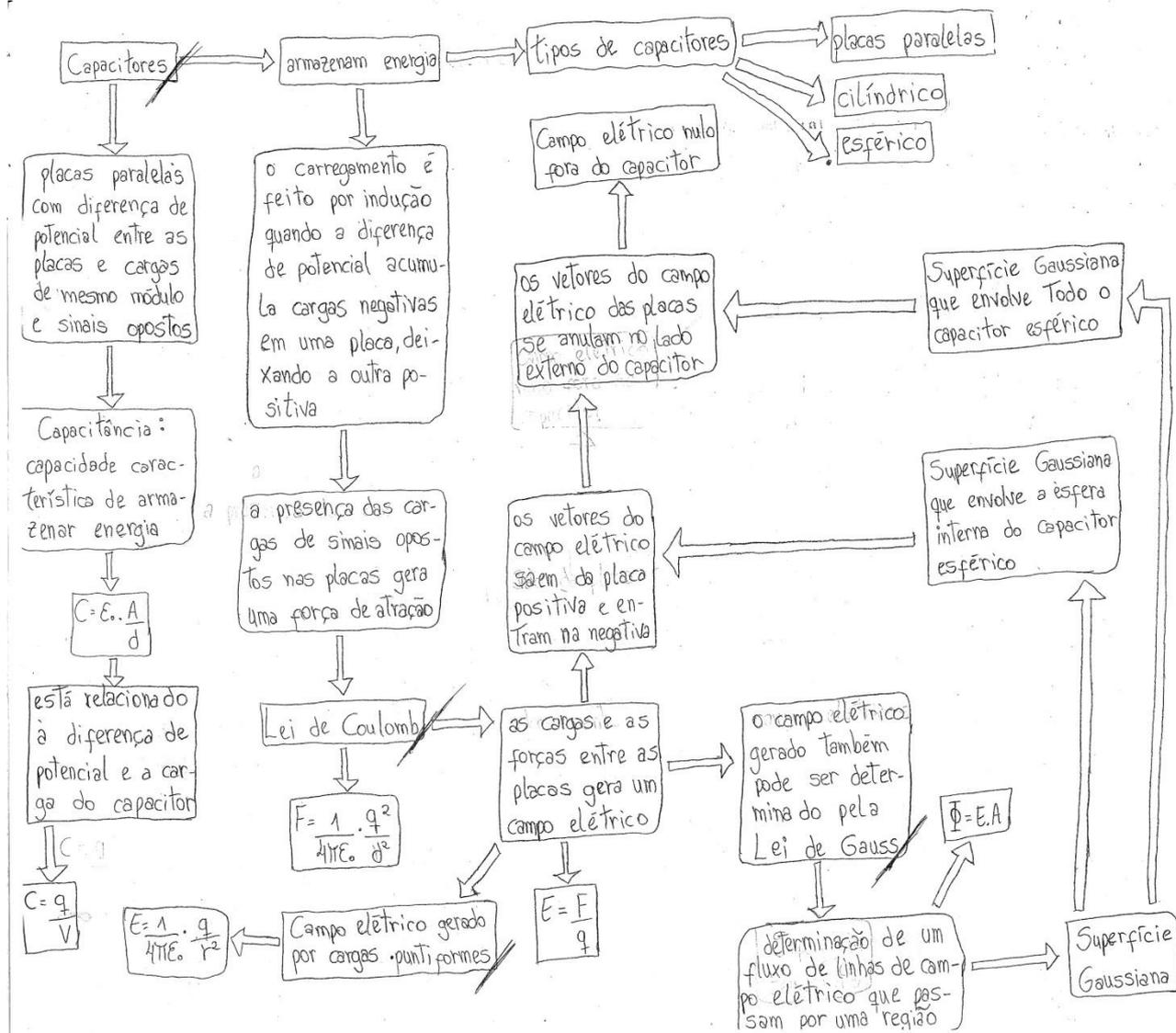


Figura 13. Estrutura confeccionada pelo aluno 1.

Aluno 2

A Figura 14 mostra uma estrutura confeccionada pelo aluno 2. Não há proposições nessa figura. O aluno faz uma grande descrição de todos os conceitos e os relacionam através de textos organizados em blocos sequenciais. De acordo com Cicuto e Correia (2013) as proposições são a característica mais marcante dos mapas conceituais e são formadas pela união de 2 conceitos, por meio de um termo de ligação que expressa de forma clara como eles se relacionam. Para Davies (2011) a necessidade de usar

proposições, contendo um termo de ligação para expressar claramente a relação conceitual, é o que torna os mapas conceituais ferramentas poderosas do e os distinguem de outros organizadores gráficos. Nesse sentido, a Figura 14 não pode ser considerada um mapa conceitual.

O aluno 2 responde a pergunta focal mas, não traz essa resposta usando um mapa conceitual. Nessa estrutura textual mostrada na Figura 14 todos os conceitos obrigatórios estão presentes e relacionam-se com a pergunta focal. Além dos conceitos obrigatórios existem outros (exemplos: “diferença de potencial”, “superfície gaussiana”) que são relevantes para tratar da pergunta. Observa-se também que o aluno 2 consegue estabelecer relações entre os conceitos apresentados. Na figura 14 há duas páginas repletas de descrições, o que sugere que o aluno 2 possui um grande aporte teórico sobre o tema. No entanto, como já dito, a figura 14 não tem estrutura de um mapa conceitual.

A referida figura mostra blocos sequenciais de textos onde é possível identificar os conceitos mais gerais e os mais específicos, o que indica que o aluno 2, apesar de possuir um grande aporte teórico sobre o tema, apresenta ineficiência na técnica de mapeamento conceitual.

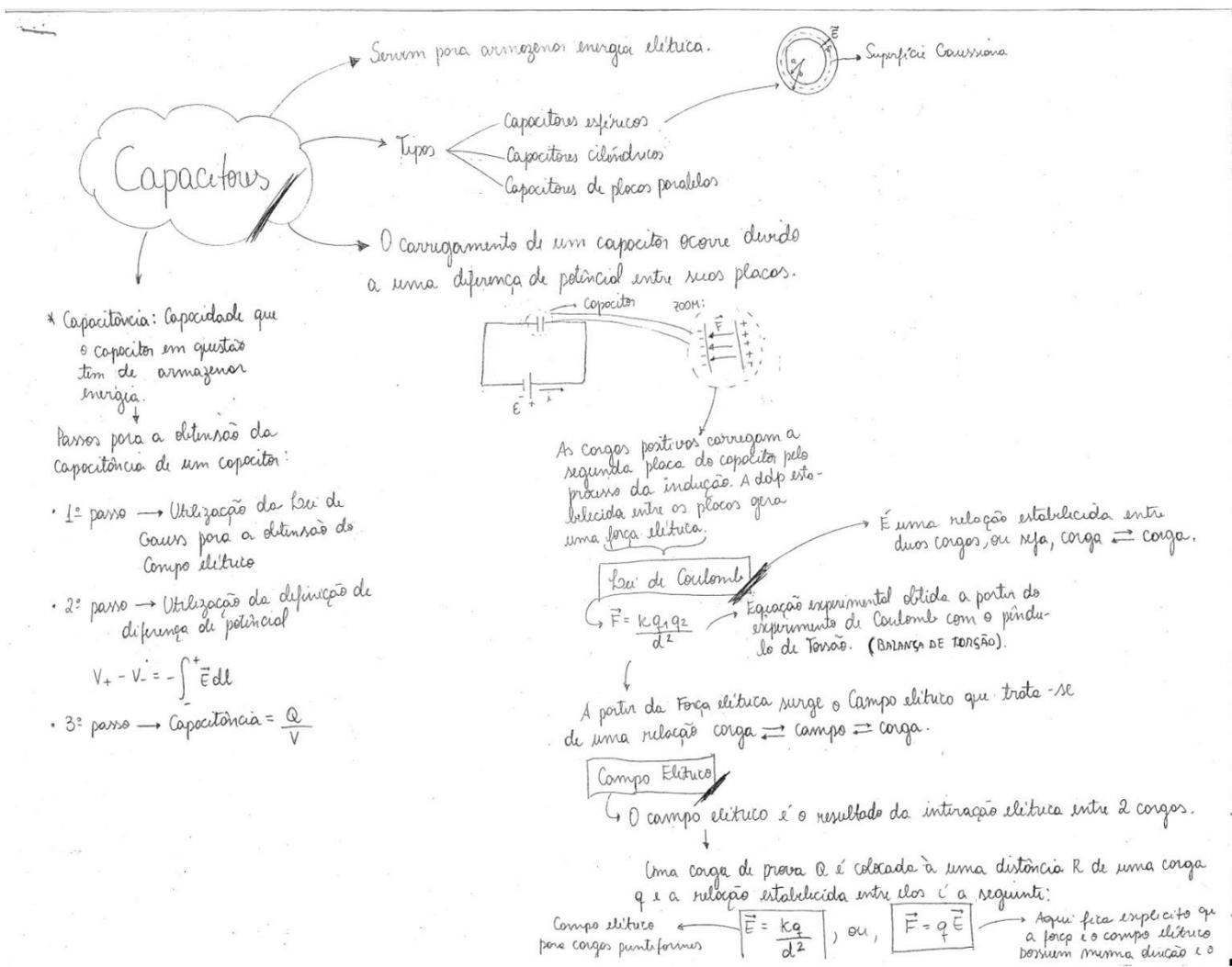


Figura 14. Estrutura confeccionada pelo aluno 2.

mesmo sentido.

O campo elétrico sai de cargas positivas e entra em cargas negativas.

A Lei de Gauss demonstra que o campo elétrico fora da superfície Gaussiana é nulo.

A Lei de Gauss é uma maneira de encontrar o campo elétrico a partir da definição de fluxo elétrico (Φ)

$$\text{Onde } \Phi = \vec{E} \cdot \vec{A}$$

Utilizando uma superfície Gaussiana: $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{\text{int}}}{\epsilon_0}$

Em um capacitor esférico, a superfície Gaussiana envolve a placa interna do capacitor de modo que a capacitância é dada por:

$$1^{\text{a}} \text{ passo) } \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{\text{int}}}{\epsilon_0} \Rightarrow E \cdot A = \frac{q_{\text{int}}}{\epsilon_0} \quad \text{como } A = 4\pi R^2 \Rightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_{\text{int}}}{R^2} \rightarrow \text{CAMPO ELÉTRICO PARA CARGA PUNTIFORME}$$

$$2^{\text{a}} \text{ passo) } \Delta V = - \int \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int \frac{Q}{4\pi R^2 \epsilon_0} dl \Rightarrow V = \frac{Qd}{4\pi R^2 \epsilon_0}$$

$$3^{\text{a}} \text{ passo) } C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{\frac{Qd}{4\pi R^2 \epsilon_0}} = \frac{4\pi R^2 \epsilon_0 Q}{Qd} = \frac{4\pi R^2 \epsilon_0}{d}$$

Continuação da Figura 14.

Aluno 3

A figura 15 mostra uma estrutura confeccionada pelo aluno 3. Nela existem 20 ligações entre caixas que não podem ser consideradas proposições porque não apresentam nenhum termo de ligação (exemplos: " Capacitores → capacidade de armazenamento de energia", "Lei de Gauss → Fluxo de um campo elétrico através de uma superfície Gaussiana"). De acordo com Cicuto e Correia (2013) as proposições são a característica mais marcante dos mapas conceituais e são formadas pela união de 2 conceitos, por meio de um termo de ligação que expressa de forma clara como eles se relacionam. Para Davies (2011) a necessidade de usar proposições, contendo um termo de ligação para expressar claramente a relação conceitual, é o que torna os mapas conceituais ferramentas poderosas e os distingue de outros organizadores gráficos. Nesse sentido, a figura 15 não pode ser considerada um mapa conceitual.

Os quatro conceitos obrigatórios estão presentes na estrutura confeccionada pelo aluno 3 mostrada na figura 15. Além dos conceitos obrigatórios presentes, existem outros que também se relacionam com a pergunta focal (exemplos: "fluxo de um campo elétrico", " Diferença de potencial", "superfície gaussiana"). No entanto, a relação entre todos os conceitos apresentados é posta de modo superficial e a rede proposicional é pouco clara. Por esse motivo, o aluno 3 apresenta dificuldades para responder essa pergunta.

A figura 15 mostra um encadeamento sequencial de conceitos e uma estrutura que lembra um mapa conceitual do tipo linear. No entanto, como não há termos de ligações não pode ser classificada como um mapa conceitual. O aluno 3 apresenta alguns conceitos mais gerais e outros mais específicos, no entanto, não é muito fácil fazer essa distinção, sobretudo porque essa estrutura apresenta problemas de clareza semântica. Tudo isso pode indicar a ocorrência de aprendizagem mecânica, pois na concepção Ausubeliana essa aprendizagem é caracterizada pelo estabelecimento de relações arbitrárias e literais entre os conhecimentos prévios e a nova informação. Como há pouco esforço para criar sentido ao relacioná-los, a nova informação pode ser esquecida após curto período de tempo, sendo difícil utilizá-la em um novo

contexto. Além disso, todas as dificuldades assinaladas podem também indicar a falta de proficiência na técnica de mapeamento conceitual.

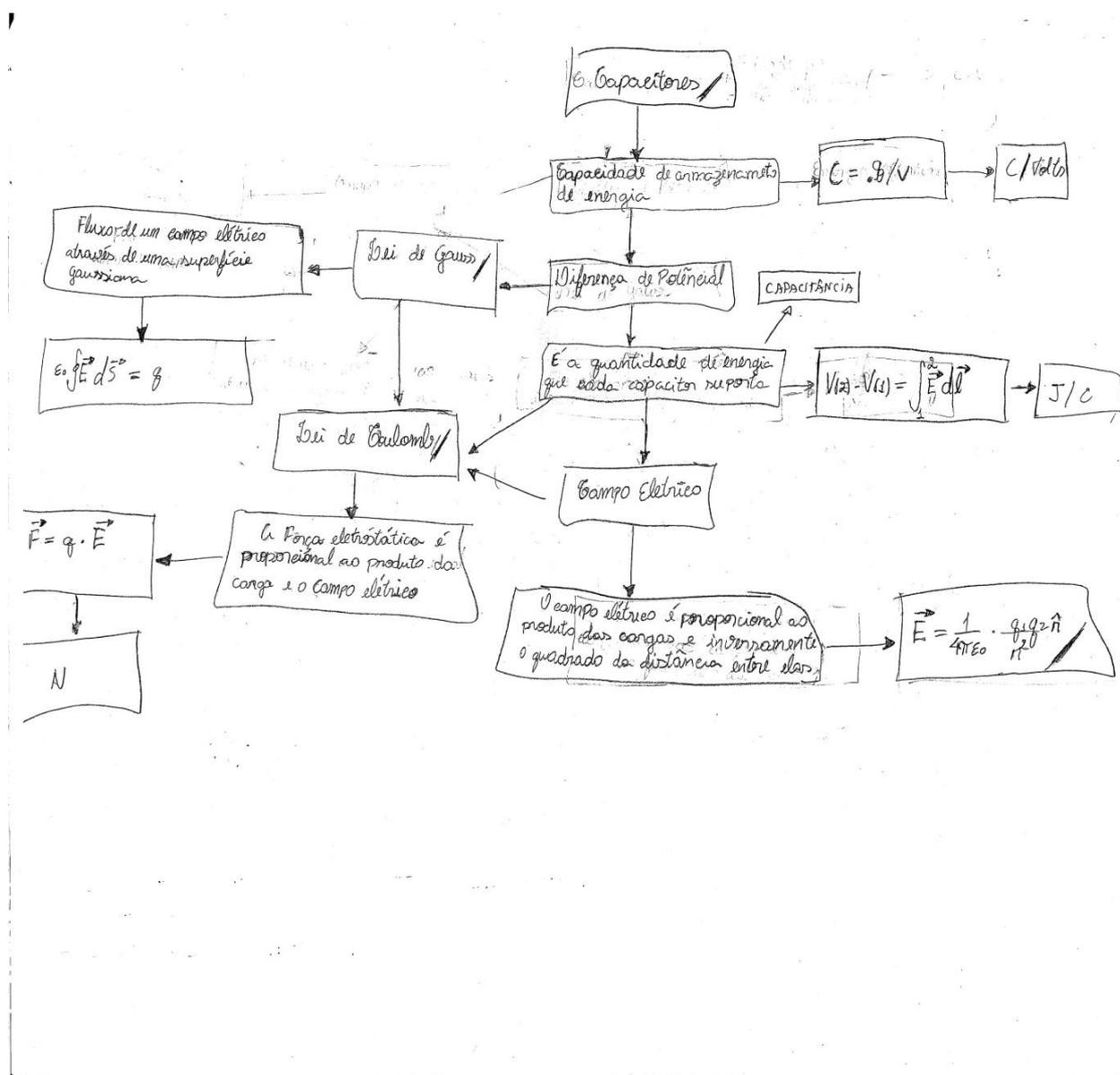


Figura 15. Estrutura confeccionada pelo aluno 3.

Aluno 4

O aluno 4 não pôde ser avaliado porque não conseguiu fazer o mapa conceitual. Ele entregou a folha A3 em branco.

Aluno 5

A figura 16 mostra o mapa confeccionado pelo aluno 5. Ele é o único do grupo que consegue produzir um mapa conceitual. Esse mapa possui oito proposições e todas têm verbos no termo de ligação. No entanto, esses verbos poderiam ser adequadamente flexionados e adaptados para concordar com o conceito inicial e final da proposição. A falta dessa coerência, segundo Cicuto e Correia (2012), compromete a clareza semântica das proposições. O exemplo “Lei de Coulomb – temos que $\rightarrow F = \frac{kq_1q_2}{d^2}$ ”, poderia estar mais claro se fosse substituído, por exemplo, por : “Lei de Coulomb – que é definida como $\rightarrow F = \frac{kq_1q_2}{d^2}$ ”.

Três dos quatro conceitos obrigatórios estão presentes no mapa do aluno 5 que é mostrado na Figura 16, o conceito “Lei de Gauss” foi negligenciado. Além dos conceitos obrigatórios presentes, existe outro (“capacitância”) que também relaciona-se com a pergunta focal. No entanto, a relação entre todos os conceitos apresentados é posta de modo bastante superficial e a rede proposicional é pouco clara. Por esse motivo, o aluno 5 apresenta dificuldades para responder essa pergunta.

No mapa do aluno 5 há um encadeamento sequencial de conceitos e uma estrutura do tipo linear, sugerindo um encadeamento semelhante à estrutura de um texto. Ele apresenta alguns conceitos mais gerais e outros mais específicos, porém não é muito fácil fazer essa distinção, sobretudo porque o mapa apresenta problemas de clareza semântica. Isso pode indicar a ocorrência de aprendizagem mecânica, pois na concepção Ausubeliana essa aprendizagem é caracterizada pelo estabelecimento de relações arbitrárias e literais entre os conhecimentos prévios e a nova informação. Como há pouco esforço para criar sentido ao relacioná-los, a nova informação pode ser esquecida após curto período de tempo, sendo difícil utilizá-la em um novo

contexto. Além disso, todas as dificuldades assinaladas podem também indicar a falta de proficiência na técnica de mapeamento conceitual.

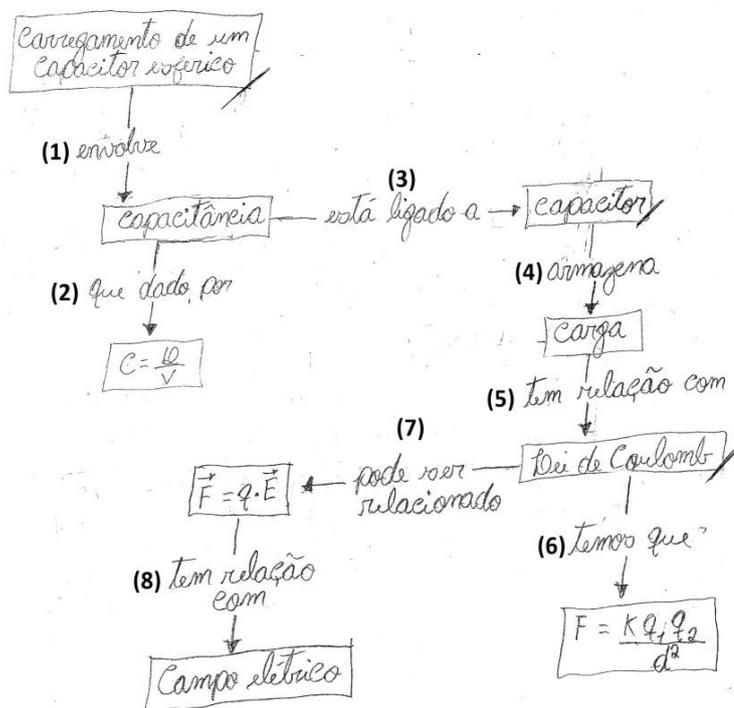


Figura 16. Mapa conceitual produzido pelo aluno 5. Cada número indica uma proposição presente no mapa.

Avaliação geral: todos os alunos apresentam dificuldades na elaboração de um mapa conceitual. Apenas o aluno 5 consegue produzir um, mas tem dificuldades em atender aos requisitos dos parâmetros de referência. Uma dessas dificuldades diz respeito à relação entre os conceitos, o aluno 5 não estabelece essas relações de maneira clara, o que pode evidenciar também uma aprendizagem mecânica sobre o tema. Outro indício de aprendizagem mecânica está presente na estrutura produzida pelo aluno 3; nela as relações entre os conceitos mostram-se pouco compreensíveis. Os alunos 1 e 2 demonstram ter um grande aporte teórico sobre o que está sendo abordado e constroem relações entre a maioria dos conceitos, no entanto essas relações

não estão postas em um mapa conceitual; os alunos apresentam estruturas com muitas descrições e encadeiam suas ideias como em um texto. É importante frisar que, de acordo com Aguiar e Correia (2013), eventuais erros conceituais indicam algumas dificuldades com o conhecimento conceitual, o que não implica necessariamente na dificuldade de elaboração de mapas conceituais. Esta última, como viu-se, está ligada a não proficiência na técnica, e essa avaliação evidencia claramente que todos os alunos necessitam de um treinamento nela. Além disso, a aprendizagem mecânica evidenciada por alguns dos alunos pode, ainda de acordo com Aguiar e Correia (2013), dificultar ainda mais a confecção de um bom mapa conceitual.

Na tabela 2 são sintetizadas as análises dos mapas conceituais elaborados pelos alunos na primeira avaliação escrita da disciplina.

Tabela 2. síntese das análises dos mapas conceituais mostrados nas Figuras 13, 14, 15 e 16.

CRITÉRIOS	AVALIAÇÃO
<p>Clareza semântica das proposições</p>	<p>Aluno 1</p> <p>A Figura 13 mostra uma estrutura confeccionada pelo aluno1. Nela existem 29 ligações entre caixas que não podem ser consideradas proposições porque não apresentam nenhum termo de ligação A figura 13 não tem estrutura de um mapa conceitual.</p>
	<p>Aluno 2</p> <p>A figura 14 mostra uma estrutura confeccionada pelo aluno 2. Não há proposições nessa figura. O aluno faz uma descrição de todos os conceitos e os relacionam através de textos organizados em blocos sequenciais. A figura 14 não tem estrutura de um mapa conceitual.</p>
	<p>Aluno 3</p> <p>A figura 15 mostra uma estrutura confeccionada pelo aluno 3. Nela existem 20 ligações entre caixas que não podem ser consideradas proposições porque não apresentam nenhum termo de ligação A figura 15 não tem estrutura de um mapa conceitual.</p>
	<p>Aluno 4</p> <p>O aluno 4 não pôde ser avaliado porque não conseguiu fazer o mapa no tempo estimado.</p>

Pergunta focal

Aluno 5

A figura 16 mostra o mapa conceitual confeccionado pelo aluno 5. O mapa possui oito proposições e todas têm verbos no termo de ligação. No entanto, esses verbos poderiam ser adequadamente flexionados e adaptados para concordar com o conceito inicial e final da proposição.

Aluno 1

Os quatro conceitos obrigatórios estão presentes na estrutura confeccionada pelo aluno 1 (ver figura 13). Além dos conceitos obrigatórios presentes, existem outros que também se relacionam com a pergunta focal. O aluno 1 consegue estabelecer relações entre os conceitos apresentados e responde a pergunta focal. No entanto, a figura 13 não tem estrutura de um mapa conceitual.

Aluno 2

O aluno 2 responde a pergunta focal, mas não traz essa resposta usando um mapa conceitual. Nessa estrutura textual (ver figura 14), todos os conceitos obrigatórios estão presentes e relacionam-se com a pergunta focal. Além dos conceitos obrigatórios existem outros que são relevantes para tratar da pergunta.

Aluno 3

Os quatro conceitos obrigatórios estão presentes na estrutura confeccionada pelo aluno 3 (ver figura 15). Além dos conceitos obrigatórios presentes, existem outros que também se relacionam com a pergunta focal. No entanto, a relação entre todos os conceitos apresentados é posta de modo superficial e a rede proposicional é pouco clara. Por esse motivo, o aluno 3 apresenta dificuldades para responder a pergunta. A figura 15 não tem estrutura de um mapa conceitual.

Aluno 4

O aluno 4 não pôde ser avaliado porque não conseguiu fazer o mapa no tempo estimado.

Aluno 5

Três dos quatro conceitos obrigatórios estão presentes no mapa do aluno 5 (ver figura 16). Além dos conceitos obrigatórios presentes, existe outro que também relaciona-se com a pergunta focal. No entanto, a relação entre todos os conceitos apresentados é posta de modo bastante superficial e a rede proposicional é pouco clara. Por esse motivo,

Hierarquização dos conceitos

o aluno 5 apresenta dificuldades para responder essa pergunta.

Aluno 1

Na figura 13 há um encadeamento sequencial de conceitos, os mais gerais são postos na parte superior e os mais específicos na parte inferior. A figura 13 tem uma estrutura que lembra um mapa conceitual em rede, do tipo hierárquico. No entanto, como não há termos de ligações não pode ser classificada como um mapa conceitual..

Aluno 2

A figura 14 mostra blocos sequenciais de textos onde é possível identificar os conceitos mais gerais e os mais específicos. No entanto, toda essa estrutura não pode ser considerada um mapa conceitual.

Aluno 3

No figura 15 há um encadeamento sequencial de conceitos e uma estrutura que lembra um mapa conceitual do tipo linear. No entanto, como não há termos de ligações não pode ser classificada como um mapa conceitual. O aluno 3 apresenta alguns conceitos mais gerais e outros mais específicos, no entanto, não é muito fácil fazer essa distinção, sobretudo porque essa estrutura apresenta problemas de clareza semântica.

Aluno 4

O aluno 4 não pôde ser avaliado porque não conseguiu fazer o mapa no tempo estimado.

Aluno 5

No mapa do aluno 5 mostrado na Figura 16 há um encadeamento sequencial de conceitos e uma estrutura do tipo linear, sugerindo um encadeamento semelhante à estrutura de um texto. Ele apresenta alguns conceitos mais gerais e outros mais específicos, porém não é muito fácil fazer essa distinção, sobretudo porque o mapa apresenta problemas de clareza semântica.

5.3 Comparação entre o áudio transcrito e os primeiros mapas confeccionados pelos discentes

Ao analisar a transcrição da fala do aluno 1 percebe-se que ele dispõe de um grande aporte teórico sobre o tema. O aluno é capaz de descrever bem a maioria dos conceitos e relacioná-los satisfatoriamente. Ele ainda adverte durante toda sua fala sobre a necessidade de se entender esses conceitos, bem como de saber relacioná-los. Dentre os alunos analisados, ele é o que mais demonstrava conseguir descrever e relacionar esses conceitos, e sugeria ter conhecimento na técnica de mapeamento conceitual. No entanto, ao analisar-se a estrutura produzida por ele mostrada na Figura 13, percebe-se que não há eficiência nessa técnica. Como se viu, o aluno constrói uma estrutura que não é um mapa conceitual. Nela, todas as ligações entre caixas não possuem termo de ligação e a maioria desses conceitos são muito longos e contém muitas descrições. Aqui, há uma comprovação de que ter um grande conhecimento teórico sobre um determinado tema, como pôde ser notado na transcrição do áudio na página 89, não implica na produção de um bom mapa conceitual. Isso mostra a necessidade de um treinamento na técnica de mapeamento. Para Aguiar e Correia (2013) para que se consiga produzir um bom mapa conceitual é preciso um período de treinamento na técnica.

Ao analisar a transcrição da fala do aluno 2 nota-se que ele descreve muitos conceitos e fórmulas físicas, o que remete a estrutura produzida por ele mostrada na figura 14. O aluno 2, dentre todos os analisados, é o que mais descreve conceitos e fórmulas. Apesar de demonstrar possuir conhecimento teórico sobre o tema, bem como conseguir estabelecer algumas relações entre os conceitos, como pode ser visto na transcrição do áudio na página 89, o aluno 2 mostra-se completamente ineficiente na técnica de mapeamento conceitual. A estrutura produzida por ele demonstra a falta de habilidade em sintetizar conceitos, por isso há a necessidade de um treinamento nessa técnica.

O aluno 3 diferentemente do aluno 2 demonstra em suas falas dificuldades para relacionar os conceitos. Ele acompanha todo o diálogo sobre as descrições desses conceitos, mas diz que é complicado relacioná-los, como

pode ser visto no áudio transcrito na página 89. Isso se traduz no modo superficial de relacionar esses conceitos na estrutura confeccionada por ele, que pode ser vista na Figura 15. Nela há várias ligações entre caixas que não podem ser consideradas proposições porque não possuem termos de ligação. Por esse motivo, o aluno não consegue produzir um mapa conceitual. Nesse sentido, a análise da transcrição da fala do aluno 3, bem como a estrutura mostrada na Figura 14 sugere que ele possui uma aprendizagem mecânica sobre o tema e que é ineficiente na técnica de mapeamento conceitual.

O aluno 4, apesar de mostrar entendimento sobre os conceitos em suas falas, demonstra ineficiência em relacioná-los, o que sugere uma aprendizagem mecânica sobre o tema. O referido aluno não fez o mapa conceitual, por isso não pôde ser avaliado nesse momento.

Na transcrição da fala do aluno 5 fica claro que ele tem dificuldades em relacionar os conceitos, e essa dificuldade traduz-se em seu mapa, sobretudo no modo superficial e pouco claro em que esses conceitos estão relacionados. Além de demonstrar aprendizagem mecânica sobre o tema, o aluno 5 também mostra-se ineficiente na técnica de mapeamento conceitual. Ele é o único que consegue produzir um mapa conceitual. Mas, como visto na tabela 3, apresenta dificuldade em atender aos parâmetros de referência.

Em suma, as análises realizadas até agora evidenciam a ineficiência dos discentes na técnica de mapeamento conceitual. Apesar de alguns possuírem bastante conhecimento teórico sobre o tema, não conseguem produzir um mapa. Além dessa ineficiência na técnica, a análise das transcrições das falas sugere que três dos cinco alunos possuem uma aprendizagem mecânica sobre o tema, o que dificulta ainda mais a produção de um bom mapa conceitual.

5.4 Análise dos mapas conceituais revidados e refeitos pelos discentes

A análise que será feita aqui é referente que aos mapas revisados e refeitos que foram confeccionados pelos alunos do grupo analisado. Essa etapa não era obrigatória, por esse motivo apenas três dos cinco alunos refizeram os mapas conceituais. Cada aluno é designado por um número e uma cor.

Os estudantes tinham que responder através de um mapa conceitual a seguinte pergunta focal: Quais os conceitos que estão envolvidos no processo de carregamento de um capacitor esférico? Como esses conceitos se relacionam?

A questão continha quatro conceitos obrigatórios: Lei de Coulomb, Campo elétrico, Lei de Gauss e Capacitores. Cada um dos mapas conceituais produzidos individualmente por eles são analisados à luz dos critérios estabelecidos na tabela 1 e são mostrados a seguir.

Aluno 2

A Figura 17 mostra o mapa conceitual confeccionado pelo aluno 2. No mapa há vinte e nove proposições, mas nove delas não contém verbo no termo de ligação (exemplos: “ CAPACITORES – utilidade → bloqueia corrente contínua e armazena cargas (Q) e por consequência armazena energia elétrica ” e “ LEI DE GAUSS – que → relaciona os campos elétricos nos pontos de uma superfície gaussiana fechada à carga total envolvida ”).

A figura 17 mostra também que o aluno 2 agrupa muitos conceitos em uma única caixa, fazendo uma descrição muito longa. Isso também, de acordo com Aguiar e Correia (2013), compromete a clareza semântica das proposições. O exemplo “ CAPACITORES – utilidade → bloqueia corrente contínua e armazena cargas (Q) e por consequência armazena energia elétrica ”, poderia ficar mais claro se esses conceitos fossem declarados separadamente e também se fossem utilizados termos de ligações adequados. Isso poderia ser feito do seguinte modo: “CAPACITORES – têm como função → o armazenamento de cargas – o que implica em → armazenamento de

energia elétrica”, “CAPACITORES – podem → bloquear corrente contínua”. Nesse exemplo, o conceito CAPACITORES seria conceito inicial para duas proposições.

Das vinte e nove proposições mostradas no mapa da Figura 17, seis apresentam verbos no gerúndio, que não estão flexionados de acordo com o conceito inicial da proposição. Isso também compromete a clareza semântica delas. No exemplo “ $C = 4\pi\epsilon_0 \frac{ab}{b-a}$ – considerando → a = raio interno da esfera b= raio externo da esfera”, fica a impressão de que é um processo em andamento, mas o aluno 2 poderia ter declarado isso do seguinte modo:

“ $C = 4\pi\epsilon_0 \frac{ab}{b-a}$ – onde tem-se → a = raio interno da esfera, – onde tem-se → b= raio externo da esfera”. Aqui a expressão “onde tem-se” seria o termo de ligação para duas proposições. As demais proposições também apresentam problemas de clareza semântica que poderiam ser solucionados com o uso de verbos flexionados adequadamente para concordar com os conceitos finais e iniciais, bem como com a redução do número de conceitos agrupados numa única caixa.

No mapa da Figura 17 existem ainda dezessete ligações entre caixas que não podem ser consideradas proposições porque não apresentam nenhum termo de ligação (exemplos: “ $\Phi = \frac{q}{\epsilon_0}$ → Pela Lei de Gauss o campo elétrico fora da superfície gaussiana é nulo”, “CAMPO ELÉTRICO → É o resultado da interação elétrica de uma carga qualquer com uma carga de prova”). De acordo com Cicuto e Correia (2013) as proposições são a característica mais marcante dos mapas conceituais e são formadas pela união de 2 conceitos, por meio de um termo de ligação que expressa de forma clara como eles se relacionam. Para Davies (2011) a necessidade de usar proposições, contendo um termo de ligação para expressar claramente a relação conceitual, é o que torna os mapas conceituais ferramentas poderosas do e os distinguem de outros organizadores gráficos. Nesse sentido, a Figura 17 não pode ser considerada um mapa conceitual.

Todos os conceitos obrigatórios estão presentes no mapa do aluno 2 que pode ser visto na Figura 17. Além desses, há também outros que, embora estejam postos em grandes frases dentro de caixas, são relevantes para tratar a pergunta focal, exemplos: “dielétrico” e “superfície Gaussiana”. O mapa mostra uma relação entre os conceitos e uma abordagem satisfatória do tema, nesse sentido, o aluno 2 responde a pergunta focal. No entanto, a rede proposicional apresenta muitos problemas de clareza semântica.

O mapa mostrado na Figura 17 possui algumas ligações entre conceitos que são comuns em mapas com uma estrutura em rede, mapa do tipo hierárquico, no entanto há um predomínio de ligações que expressam uma linearidade entre os conceitos, sugerindo um encadeamento semelhante à estrutura de um texto. Por isso, nesse mapa o que predomina é uma estrutura do tipo linear. O aluno 2 apresenta alguns conceitos mais gerais e outros mais específicos, porém não é tão evidente fazer essa distinção, sobretudo porque o mapa apresenta como conceitos frases muito longas que comprometem a clareza e compreensão. Tudo isso indica uma falta de proficiência na técnica de mapeamento conceitual.

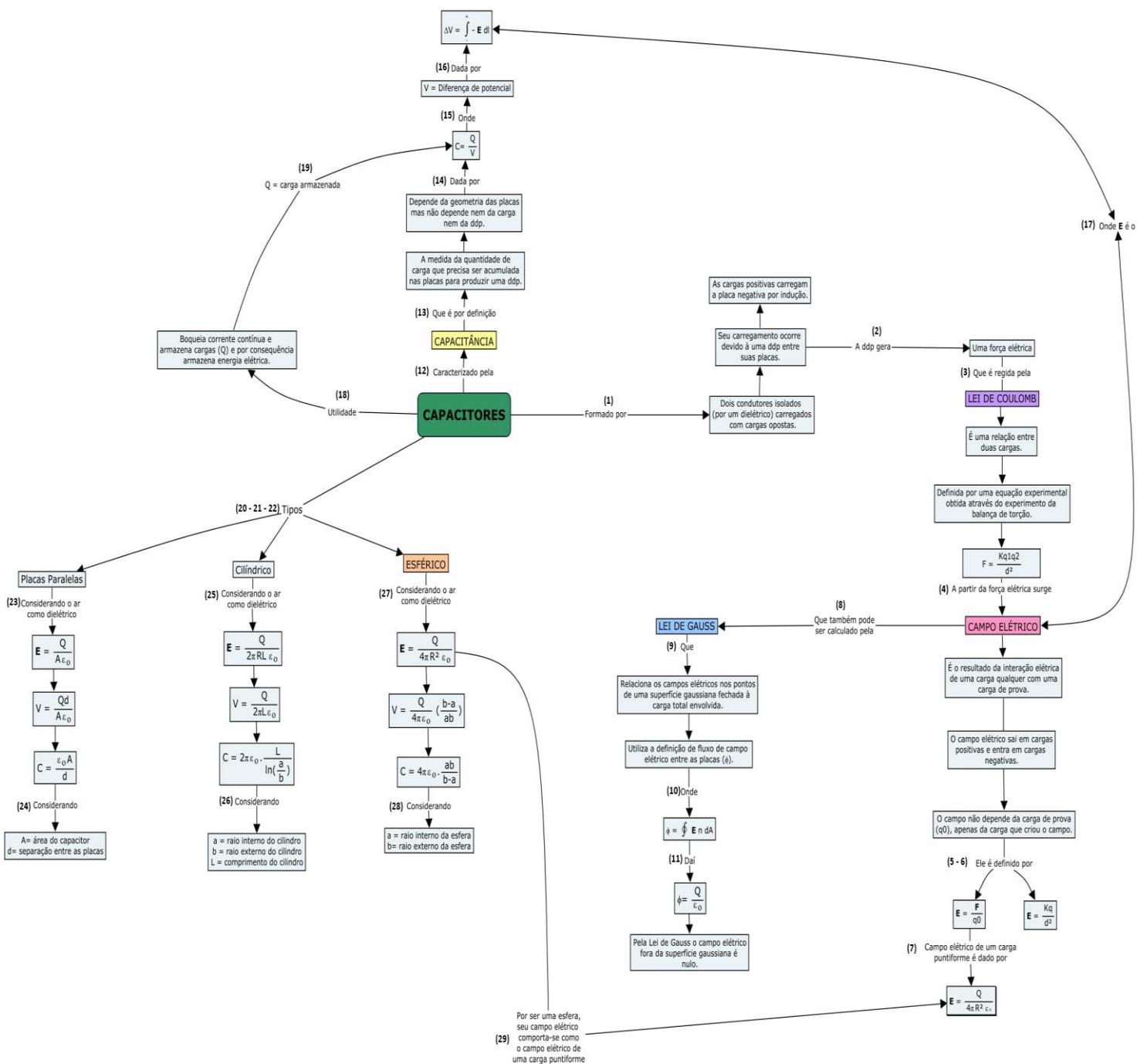


Figura 17. Mapa conceitual refeito pelo aluno 2. Cada número indica uma proposição presente no mapa.

Aluno 4

A Figura 18 mostra o mapa conceitual confeccionado pelo aluno 4. No mapa há dezoito proposições, mas duas delas não contêm verbo no termo de ligação: (exemplos: “Capacitor esférico – sua → capacidade” e “Capacitor esférico – quando → ligados por uma bateria”).

O mapa da Figura 18 mostra também quatro proposições que apresentam verbos no gerúndio que não estão flexionados de acordo com o conceito inicial da proposição. Isso também compromete bastante a natureza semântica das proposições. No exemplo “Campo elétrico E – usando → Lei de Gauss”, fica a impressão de que este é um processo em andamento, o aluno 4 poderia ter declarado isso do seguinte modo: “ Campo elétrico E – pode ser obtido através da → Lei de Gauss”. Há também uma proposição que contém conceitos no termo de ligação: “ Campo elétrico E – para cargas puntiformes usando lei de coulomb → $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \hat{r}$ ”, isso também, de acordo com Aguiar e Correia (2013), compromete a clareza semântica da proposição. O aluno 4 poderia posicionar os conceitos presentes nela dentro de caixas e transformá-la em mais de uma proposição atentando, mais uma vez, para o uso de verbos adequadamente flexionados. Isso poderia ser feito do seguinte modo: “Campo elétrico E para cargas puntiformes – pode ser obtido através da → lei de Coulomb – o que resulta em → $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \hat{r}$ ”. As demais proposições presentes no mapa da Figura 18 poderiam ser adaptadas para melhor entendimento e clareza. O exemplo “ Lei de Gauss – aplicação → Simetria esférica ”, poderia estar mais claro se fosse substituído, por exemplo, por : “ Lei de Gauss – pode ser aplicada numa → Simetria esférica ”.

Três dos quatro conceitos obrigatórios estão presentes no mapa do aluno 4 que pode ser visto na figura 18. No entanto, um desses três conceitos é colocado como termo de ligação, problema que já foi comentado acima. O conceito obrigatório que o aluno 4 não colocou no mapa foi “Capacitores”. Na verdade, ele faz o uso de “capacitor esférico”, que é um conceito mais

específico em relação ao primeiro. Além dos conceitos obrigatórios presentes no mapa do aluno 4, há também outros que são relevantes para tratar a pergunta focal, como: “diferença de potencial” e “capacitor esférico”. No entanto, a relação entre todos os conceitos apresentados é posta de modo superficial e, muitas vezes, a rede proposicional é pouco clara. Por esse motivo, o aluno 4 apresenta dificuldades para responder essa pergunta.

O mapa da figura 18 mostra também algumas ligações entre conceitos que são comuns em mapas com uma estrutura em rede, no entanto há um predomínio de ligações que expressam uma linearidade entre os conceitos, sugerindo um encadeamento semelhante à estrutura de um texto. Por isso, nesse mapa o que predomina é uma estrutura do tipo linear.

O aluno 4 apresenta alguns conceitos mais gerais e outros mais específicos, porém não é muito fácil fazer essa distinção, sobretudo porque o mapa apresenta como conceitos frases muito longas que comprometem a clareza. Além disso, no referido mapa há uma frase que o aluno 4 coloca como um conceito, mas que não é, de fato, um conceito (ver segunda caixa da Proposição 3 na Figura 18), o que também dificulta essa distinção. Tudo isso pode indicar a ocorrência de aprendizagem mecânica, pois na concepção Ausubeliana essa aprendizagem é caracterizada pelo estabelecimento de relações arbitrárias e literais entre os conhecimentos prévios e a nova informação. Como há pouco esforço para criar sentido ao relacioná-los, a nova informação pode ser esquecida após curto período de tempo, sendo difícil utilizá-la em um novo contexto. Além disso, todas as dificuldades assinaladas podem também indicar a falta de proficiência na técnica de mapeamento conceitual.

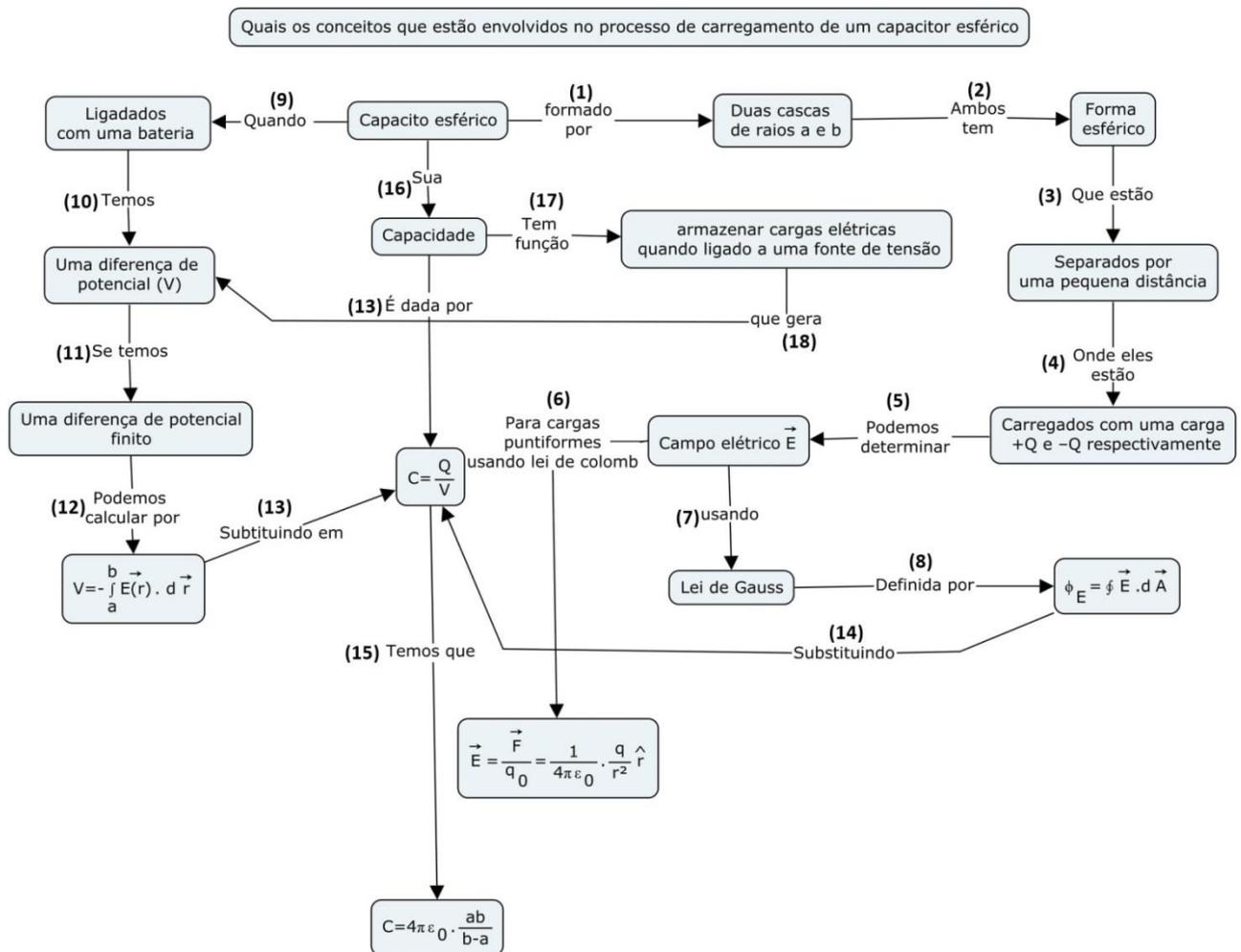


Figura 18. Mapa conceitual feito pelo aluno 4 na etapa de revisão. Cada número indica uma proposição presente no mapa.

Aluno 5

A Figura 19 mostra o mapa conceitual confeccionado pelo aluno 5. Nele há dezessete proposições e nenhuma delas contém verbo no termo de ligação (exemplos: “ $F = \frac{q_1 q_2}{d^2}$ – semelhança \rightarrow Força gravitacional” e “Simetria Esférica – equação $\rightarrow E = \left(\frac{q}{4\pi\epsilon R^3}\right) r$ ”). As outras doze proposições apresentadas no mapa da Figura 19 possuem verbos que poderiam ser adequadamente flexionados e adaptados para concordar com o conceito inicial e final da proposição. A falta dessa coerência, de acordo com Aguiar e Correia (2013), compromete a clareza semântica das proposições. O exemplo “carregamento

de um capacitor esférico – é carregado através →capacitância” poderia estar mais claro se fosse substituído, por exemplo, por: “ carregamento de um capacitor – relaciona-se à → capacitância ”.

Todos os conceitos obrigatórios estão presentes no mapa do aluno 5 que está mostrado na Figura 19, além desses há também outros que são relevantes para tratar a pergunta focal, como por exemplo: “capacitância”, “ simetria esférica” e “fluxo”. No entanto, a relação entre todos os conceitos apresentados é posta de modo superficial e, muitas vezes, a rede proposicional é pouco clara. Por esse motivo, o aluno 5 apresenta dificuldades para responder essa pergunta.

No mapa da figura 19 há também um encadeamento sequencial de conceitos, os mais gerais são postos na parte superior e os mais específicos na parte inferior. Porém, a estrutura desse mapa conceitual é linear, sugerindo um encadeamento semelhante à estrutura de um texto. Tudo isso pode indicar a ocorrência de aprendizagem mecânica, pois na concepção Ausubeliana essa aprendizagem é caracterizada pelo estabelecimento de relações arbitrárias e literais entre os conhecimentos prévios e a nova informação. Como há pouco esforço para criar sentido ao relacioná-los, a nova informação pode ser esquecida após curto período de tempo, sendo difícil utilizá-la em um novo contexto. Além disso, todas as dificuldades assinaladas podem também indicar a falta de proficiência na técnica de mapeamento conceitual.

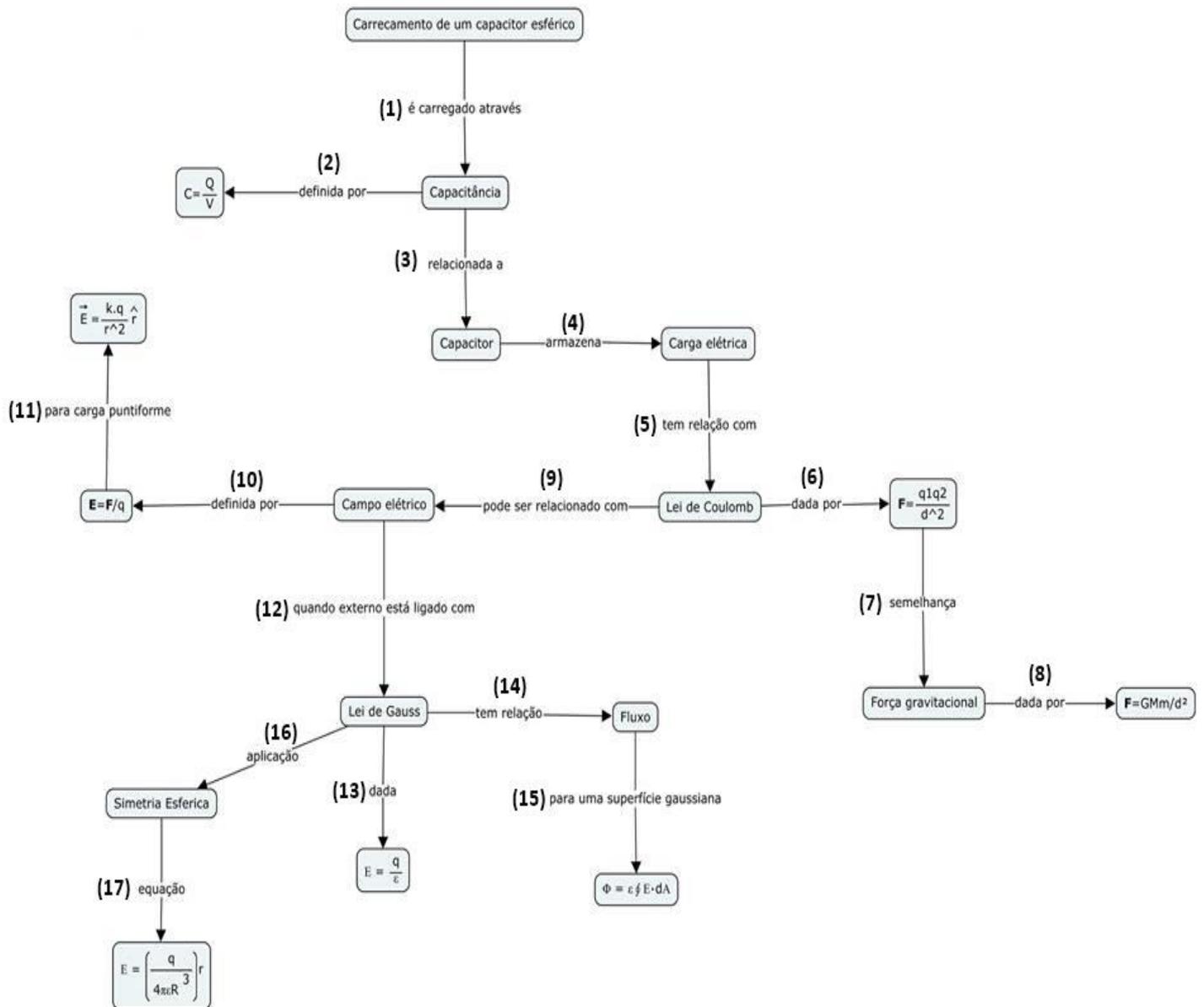


Figura 19. Mapa conceitual feito pelo aluno 5 na etapa de revisão. Cada número indica uma proposição presente no mapa.

Avaliação geral: todos os três alunos apresentam dificuldades em atender aos requisitos dos parâmetros de referência. O aluno 2 consegue responder a pergunta focal, mas apresenta um mapa com muitos problemas de clareza semântica. Além disso, tanto o aluno 2 quanto o aluno 4 apresentam excesso de conceitos dentro de uma única caixa, o que também compromete muito essa clareza. O aluno 5 é o único que não agrupa tantos conceitos dentro de uma mesma caixa, mas mesmo assim apresenta dificuldades para atender aos requisitos. É importante frisar que, de acordo com Aguiar e Correia (2013), eventuais erros conceituais indicam algumas dificuldades com o conhecimento conceitual, o que não implica necessariamente na dificuldade de elaboração de mapas conceituais. Esta última, como viu-se, está ligada a não proficiência na técnica, e essa avaliação evidencia claramente que todos os alunos necessitam de um treinamento nela. Além disso, a aprendizagem mecânica evidenciada por alguns dos alunos pode, ainda de acordo com Aguiar e Correia (2013), dificultar ainda mais a confecção de um bom mapa conceitual.

Na tabela 3 são sintetizadas as análises dos mapas conceituais revisados e refeitos pelos alunos.

Tabela 2. síntese das análises dos mapas conceituais mostrados nas Figuras 17, 18 e 19.

CRITÉRIOS	AVALIAÇÃO
<p>Clareza semântica das proposições</p>	<p>Aluno 2</p> <p>A Figura 17 mostra o mapa conceitual confeccionado pelo aluno 2. No mapa há vinte e nove proposições, mas nove delas não contém verbo no termo de ligação.</p> <p>Das vinte e nove proposições mostradas no mapa da Figura 17, seis apresentam verbos no gerúndio, que não estão flexionados de acordo com o conceito inicial da proposição. Isso também compromete a clareza semântica delas.</p> <p>No mapa da Figura 17 existem ainda dezessete</p>

Pergunta focal

ligações entre caixas que não podem ser consideradas proposições porque não apresentam nenhum termo de ligação.

Aluno 4

A Figura 18 mostra o mapa conceitual confeccionado pelo aluno 4. No mapa há dezoito proposições, mas duas delas não contêm verbo no termo de ligação.

O mapa da Figura 18 mostra também quatro proposições que apresentam verbos no gerúndio que não estão flexionados de acordo com o conceito inicial da proposição. Isso também compromete bastante a natureza semântica das proposições.

Aluno 5

A Figura 19 mostra o mapa conceitual confeccionado pelo aluno 5. No mapa há dezessete proposições e nenhuma delas contém verbo no termo de ligação. As outras doze proposições apresentadas no mapa da Figura 19 possuem verbos que poderiam ser adequadamente flexionados e adaptados para concordar com o conceito inicial e final da proposição. A falta dessa coerência compromete a clareza semântica das proposições.

Aluno 2

Todos os conceitos obrigatórios estão presentes no mapa do aluno 2 mostrado na figura 17. Além desses, há também outros que, embora estejam postos em grandes frases dentro de caixas, são relevantes para tratar a pergunta focal.

No mapa da Figura 17 observa-se uma relação entre os conceitos e uma abordagem satisfatória do tema, nesse sentido, o aluno 2 responde a pergunta focal. No entanto, a rede proposicional apresenta muitos problemas de clareza semântica.

Aluno 4

Três dos quatro conceitos obrigatórios estão presentes no mapa do aluno 4 mostrado na figura 18. No entanto, um desses três conceitos é colocado como termo de ligação. Além dos conceitos obrigatórios presentes no mapa do aluno

Hierarquização dos conceitos

4, há também outros que são relevantes para tratar a pergunta focal. No entanto, a relação entre todos os conceitos apresentados é posta de modo superficial e, muitas vezes, a rede proposicional é pouco clara. Por esse motivo, o aluno 4 apresenta dificuldades para responder essa pergunta.

Aluno 5

Todos os conceitos obrigatórios estão presentes no mapa do aluno 5 mostrado na figura 19, além desses há também outros que são relevantes para tratar a pergunta focal. No entanto, a relação entre todos os conceitos apresentados é posta de modo superficial e, muitas vezes, a rede proposicional é pouco clara. Por esse motivo, o aluno 5 apresenta dificuldades para responder essa pergunta.

Aluno 2

No mapa da figura 17 há um predomínio de ligações que expressam uma linearidade entre os conceitos, sugerindo um encadeamento semelhante à estrutura de um texto. Por isso, nesse mapa o que predomina é uma estrutura do tipo linear. O aluno 2 apresenta alguns conceitos mais gerais e outros mais específicos, porém não é tão evidente fazer essa distinção, sobretudo porque o mapa apresenta como conceitos frases muito longas que comprometem a clareza e compreensão.

Aluno 4

No mapa da figura 18 há um predomínio de ligações que expressam uma linearidade entre os conceitos, sugerindo um encadeamento semelhante à estrutura de um texto. Por isso, nesse mapa o que predomina é uma estrutura do tipo linear. O aluno 4 apresenta alguns conceitos mais gerais e outros mais específicos, porém não é muito fácil fazer essa distinção, sobretudo porque o mapa apresenta como conceitos frases muito longas que comprometem a clareza.

Aluno 5

No mapa da figura 19 há um encadeamento sequencial de conceitos, os mais gerais são

postos na parte superior e os mais específicos na parte inferior. Porém, a estrutura desse mapa conceitual é linear, sugerindo um encadeamento semelhante à estrutura de um texto. O aluno 5 apresenta alguns conceitos mais gerais e outros mais específicos, porém não é muito fácil fazer essa distinção.

5.5 Comparação dos primeiros mapas produzidos com os mapas revisados e refeitos pelos discentes

Apenas três alunos realizaram a etapa de revisão dos mapas. Realizar revisões é importante, pois de acordo com Aguiar e Correia (2013) possibilitam ao mapeador reler as proposições e refletir sobre sua clareza, além de iniciar um processo de reconstrução das mesmas. Isso significa, como já dito, que o mapa conceitual nunca está pronto, até porque o aprendizado é um processo permanente que leva a mudanças nas relações conceituais.

Observa-se aqui, que apesar de ter sido feita essa revisão pelos alunos, os mapas posteriores ainda apresentam muitos problemas com respeito à clareza semântica das proposições, à resposta a pergunta focal e também à hierarquização dos conceitos. Ou seja, os alunos ainda possuem dificuldades para atender aos requisitos dos parâmetros de referência. Isso significa que as revisões contínuas são úteis quando há um conhecimento na técnica de mapeamento. Quando não se tem isso, corre-se o risco de repetirem-se os mesmos erros, tornando esse processo de revisão pouco efetivo. É o que acontece, por exemplo, com o mapa revisado do aluno 2. A análise mostrou que apesar de o referido aluno conseguir trazer, depois da revisão, uma estrutura de mapa conceitual, essa estrutura ainda contém muito do que continha à primeira: muitas descrições de conceitos, ligações que não formam proposições e uma linearidade semelhante à estrutura de um texto.

Com respeito ao aluno 4 que não conseguiu confeccionar o primeiro mapa, mas que participou da etapa de revisão, nota-se também uma ineficiência na técnica de mapeamento. O aluno 4 tem dificuldade em atender aos requisitos dos parâmetros de referência. Por fim, o aluno 5 traz em seu mapa revisado mais ligações e mais conceitos em relação ao que foi primeiro confeccionado, mas ainda assim, essas relações mostram-se pouco claras e muito superficiais.

Toda essa análise confirmou, mais uma vez, a necessidade de um treinamento na técnica de mapeamento conceitual. Tal técnica é uma ferramenta de organização e representação do conhecimento que pode levar a um alto nível de aprendizagem significativa. Para Aguiar e Correia (2013), a

construção de um bom mapa conceitual depende de um período de treinamento na técnica.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar-se os áudios produzidos pelos alunos verificou-se que muito do conteúdo presente nas falas estava evidenciado nos mapas, o que já era esperado. No entanto, contrariando as expectativas, os mapas não conseguiram atender aos parâmetros de referência propostos por Aguiar e Correia (2013), nem mesmo depois de serem revisados e refeitos. Na verdade, observou-se até, sobretudo nas primeiras análises, que a maioria dos alunos apresentavam estruturas que nem podiam ser consideradas mapas conceituais, pois não possuíam proposições. De acordo com Cicuto e Correia (2013) as proposições são a característica mais marcante dos mapas Conceituais. Para Davies (2011) são elas que tornam os mapas conceituais ferramentas poderosas e os distinguem de outros organizadores gráficos.

Apesar de contrariar as expectativas, o insucesso dos alunos na confecção de mapas conceituais pode ser explicado, visto que eles não tiveram nenhum treinamento. Apesar de trabalharem e confeccionarem mapas ao longo de toda a disciplina, a pesquisa mostrou que não há êxito sem que haja um adequado treinamento na técnica de mapeamento conceitual. Para Aguiar e Correia (2013), a confecção de um bom mapa depende de um período de treinamento nessa técnica.

Os parâmetros de referência propostos por Aguiar e Correia (2013) e que estão evidenciados no referencial teórico dessa pesquisa, definem a proficiência na técnica de mapeamento conceitual. De acordo com os autores, quando seguidos, eles geram bons resultados e a maioria dos alunos tornam-se usuários proficientes da técnica. Por esse motivo os parâmetros podem ser tomados pelo docente como elementos teórico-práticos para guiar o desenvolvimento de atividades de treinamento.

É importante considerar ainda, que a pesquisa sugere que alguns alunos possuem uma aprendizagem mecânica sobre o tema. Na concepção Ausubeliana a aprendizagem mecânica é caracterizada pelo estabelecimento de relações arbitrárias e literais entre os conhecimentos prévios e a nova informação. Isso se traduz na transcrição das falas e nos mapas com estruturas lineares confeccionados pelos alunos. Os estudantes apresentam dificuldades para relacionar os conceitos, de modo que apegam-se apenas a descrições individuais de cada um deles.

Existe um trabalho na literatura que relaciona o tipo de aprendizagem (mecânica ou significativa) com a característica da estrutura da rede proposicional do mapa conceitual produzido pelos alunos (KINCHIN; HAY; ADAMS, 2000). Em síntese, alunos que aprendem um tema de forma significativa são capazes de produzir um mapa conceitual em “rede”, do tipo hierárquico, enquanto mapas “lineares” são persistentes durante o processo educativo dos alunos que optaram por uma aprendizagem mecânica.

Para Aguiar e Correia (2013) a técnica de mapeamento conceitual pode levar a um alto nível de aprendizagem significativa. Portanto, pode contribuir para sanar problemas ligados à aprendizagem mecânica. Entretanto, ainda segundo os autores, a facilidade em compreender como se elabora um mapa pode ser uma armadilha perigosa para os professores, visto que eles podem deduzir que sua utilização em sala de aula é igualmente trivial.

Em suma, é importante considerar que mapas conceituais não podem ser confundidos com esquemas ou diagramas organizacionais. Eles são instrumentos que podem levar a profundas modificações na maneira de aprender, pois procuram promover a aprendizagem significativa e entram em choque com técnicas voltadas para aprendizagem mecânica.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, G. J.; CORREIA, M. P. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2013.

AUSUBEL, D. P. **Educational psychology: a cognitive view**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

_____. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune and Stratton, 1963.

_____.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.

AUSUBEL, D.P. *The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View*. **Kluwer Academic Publishers**, Dordrecht, 2000.

_____., *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: **Kluwer Academic Publishers**, 2000.

BATISTA, S. H. et al. **Aprendendo a estudar**. São Paulo: UNIFESP, 2003. CD-ROM.

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

CAÑAS, A. J. ; HILL, G.; LOTT, J. **Support for constructing knowledge models in CmapTools** (Technical Report No. IHMC CmapTools 2003-02). Pensacola, FL: Institute for Human and Machine Cognition, 2003b.

_____. et al. **Colaboración en la construcción de conocimiento mediante mapas conceptuales**. [on line]. Disponível em: . Acesso em: 07 set. 2004.

_____.; NOVAK, J. D. A concept map-centered learning environment. Paper presented at the Symposium at the 11th **Biennial Conference of the European Association for Research in Learning and Instruction (EARLI)**, Cyprus, 2005.

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

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

_____.; NOVAK J. D. **What is a Concept? ... from a Concept Mapping Perspective.** (2009). In: <http://cmap.ihmc.us/docs/Concept.html>, acesso em 17/06/2017.

_____. **What are Linking Words? ... from a Concept Mapping Perspective.** (2009). In: <http://cmap.ihmc.us/Docs/linkingwords.html>, acesso em 17/06/2017.

CICUTO, C. A. T.; CORREIA, P. R. M. Estruturas hierárquicas inapropriadas ou limitadas em mapas Conceituais: um ponto de partida para promover a aprendizagem significativa. **Aprendizagem Significativa em Revista**, vol. 3, n.1, p. 1-11, 2013.

CORREIA, P. R. M. **The use of concept maps for knowledge management: from classrooms to research labs**, 2012.

COSTAMAGNA, A. M. Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para evaluar la evolución del conocimiento de alumnos universitarios. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 16, n. 2, p. 309-318, 2001.

DAVIES, M. Concept mapping, mind mapping and argument mapping: what are the differences and do they matter? **Higher Education**, vol. 62, n.3, p. 279-301, 2011.

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**, vol. 42, n.1, p. 43-57, 2000.

MARRIOT, R.; TORRES, P. L. Handbook of research on collaborative learning using concept mapping. **Hershey, PA: IGI**, 2002.

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

MOON, Brian M. et al. **Applied Concept Mapping: Capturing, Analyzing, and Organizing Knowledge**. CRC Press, Boca Raton, 2011.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB. 130p. 1999.

_____. **Mapas Conceituais**. Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 3(1): 17-25, abr. 1986.

_____. ***Freedom to teach and learn literature. The use of concept maps.*** Bloomington. In: Palibrio. 117p. 2012.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v.5, n.1, jan.-jun. 2010.

_____; GOWIN, D. B. **Learning how to learn**. New York, NY: Cambridge University Press, 1984.

_____; MUSONDA, D. A. Twelve-year longitudinal study of Science concept learning. **American Educational Research Journal**, v. 28, n. 1, p. 117-153, 1991.

_____. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1999.

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

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

RUIZ-MORENO, L. Mapas Conceituales: una experiencia innovadora en el curso de Formación de profesores en Ciencias de la Salud de la Universidad Federal de San Pablo. **Revista de Educacion en Biología**, Córdoba, v. 7, n. 1, p. 21-26, 2004a.

SILVA, T. J. **A representação social do pombo no meio urbano: o simbolismo na praça da bandeira em Campina Grande**, PB. 2006.

STENSVOLD, M. S.; WILSON, J. T. The interaction of verbal ability with concept mapping in learning from a chemistry laboratory activity. **Science Education, Hoboken**, New Jersey, v. 74, n. 4, p. 473-489, 1990.

STRUCHINER, M; VIEIRA, A. R.; RICCIARDI, R. M. V. Análise do conhecimento e das concepções sobre saúde oral de alunos de odontologia:

avaliação por meio de mapas conceituais. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 15, supl. 2, p. 55-68, 1999.

TAVARES, R. **Construindo mapas conceituais**. Departamento de Física, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, Paraíba, Brasil, 2007.

ANEXO A - Áudios transcritos

*Cada aluno é designado por um número e uma cor.

Aluno 1: A pergunta é a seguinte: Quais os conceitos que estão envolvidos no processo de carregamento de um capacitor esférico? Como esses conceitos se relacionam? Os conceitos obrigatórios são: Lei de Coulomb, campo elétrico, Lei de Gauss e Capacitores.

Aluno 2: Na lei de Gauss nós usaremos as curvas gaussianas, vamos precisar delas para encontrar o campo elétrico e jogar na ddp (diferença de potencial) que é uma integral.

Aluno 3: Isso, Lei de Gauss.

Aluno 2: É porque é assim : Para encontrar a capacitância, primeiro vai usar (aqui a aluna começa a esquematizar no papel) a lei de Gauss para o campo , aí depois vai usar a integral de menos até mais...

Aluno 3: Para achar o potencial, né?

Aluno 2: Isso, assim a diferença de potencial que vai ser...

Aluno 4: Eu acho que vamos ter que relacionar lei de Coulomb com lei de Gauss.

Aluno 2: Sim , mas tipo, eu estou fazendo o passo a passo para que possamos colocar na fórmula da capacitância. Temos que fazer: $C = q/v$. Isso é o passo a passo geral. Aí a lei de Coulomb vai entrar onde?

Aluno 1: A lei de Coulomb entra aqui na força, né?

Aluno 3: A lei de Coulomb entra aqui na lei de Gauss.

Aluno 2: Não, não entra aqui na lei de Gauss. Tipo, se você quiser saber a força no final é só você encontrar o campo, aí você vai fazer o processo voltando.

Aluno 5: A Lei de Coulomb entra no campo elétrico não?

Aluno 1: Você tem como achar campo elétrico por lei de Coulomb se você tiver a carga .

Aluno 2: Então a força será igual a ...

Aluno 3: a carga vezes o campo. Ao produto escalar da carga pelo campo.

Aluno 1: Vamos tentar conceituar cada coisa.

Aluno 2: Então, espera aí, vamos lá! A lei de Coulomb vai ser : força igual a k vezes q elevado ao quadrado dividido por d elevado ao quadrado($F = \frac{k q^2}{d^2}$).

Aluno 4: Não. Nesse caso vai ficar q vezes q.

Aluno 2: Sim, mas eu estou considerando as cargas iguais.

Aluno 5: É, como se fosse duas carga puntiformes iguais, né?

Aluno 2: Isso, então teremos o campo elétrico para cargas puntiformes.

Aluno 4: O campo elétrico não é F sobre q ($\frac{F}{q}$) ? Que é igual a k vezes q dividido por d elevado ao quadrado($\frac{kq}{d^2}$) ?

Aluno 2: É! Então onde usamos isso?

Aluno 1: Nós temos que conceituar porque no mapa conceitual as equações são poucas, temos que nos focar nos conceitos. Então lei de Coulomb é o quê? Lei de Coulomb é a força de atração entre duas partículas, pode ser de atração ou de repulsão. Se eu tiver cargas iguais então vai ser de repulsão, se forem cargas diferentes será de atração.

Aluno 5: Isso, está certo.

Aluno 2: Isso! Agora o campo elétrico ...

Aluno 1: O campo elétrico pode ser gerado por uma carga , né isso?

Aluno 2: Isso!

Aluno 1: Aí para testar se existe campo eu preciso colocar uma carga de prova perto dessa.

Aluno 2: É, uma carga de prova.

Aluno 1: Se a carga que está gerando o campo for positiva, as linhas de campo serão para fora dela e se for negativa serão entrando... Dependendo do sinal dessa carga de prova a força vai ser de atração ou repulsão.

Aluno 2: Agora vem a lei de Gauss. Na lei de Gauss usamos a superfície gaussiana para simplificar o cálculo...

Aluno 1: Tem a ver com o fluxo , né? O fluxo de carga saindo de uma superfície...

Aluno 5: Atravessando uma superfície Gaussiana.

Aluno 1: Saindo e entrando de uma superfície...Então você consegue calcular um campo...

Aluno 3: O campo elétrico!

Aluno 1: Um campo elétrico a partir da superfície de Gauss da lei de Gauss. E capacitores são o quê?

Aluno 3: Tem que usar a diferença de potencial, né?

Aluno 1: Mas, tipo, o conceito.

Aluno 2: Os capacitores servem para armazenar uma quantidade de carga.

Aluno 1: Eles são formador por duas placas , né? Duas placas afastadas de mesma carga sendo uma positiva e uma negativa.

Aluno 2: Vão ser duas placas com um dielétrico no meio. Então essas placas servem para armazenar energia e a descarga dele é rápida.. Serve como um ... esqueci o nome ...

Aluno 4: Como um flash? Um estabilizador de corrente?

Aluno 2: Isso, serve para estabilizar corrente!

Aluno 1: Pronto, agora temos que relacionar os conceitos, certo?

Aluno 2: É. Primeiro temos as definições.

Aluno 1: Vamos pensar assim: primeiro, temos um capacitor esférico, então aí já entra o conceito de capacitor. Nesse caso, vai ser uma esfera dentro da outra que vai ter um espaço entre elas...

Aluno 2: Eu vou ter dois raios, um menor que é o da esfera menor e outro maior para a esfera maior. Então temos que relacionar o passo a passo. Primeiro vai ser Lei de Gauss, para encontrar o campo elétrico, aí depois vamos usar esse campo elétrico que encontramos na diferença de potencial dentro da integral, e depois disso vamos utilizar a diferença de potencial encontrada na capacitância, que é a carga sobre a voltagem.

Aluno 1: Sim, eu sei, mas tem que ter o conceito. Temos que relacionar os conceitos.

Aluno 2: E também temos que saber do processo de carregamento.

Aluno 4: Então cada um tem que saber do processo de carregamento.

Aluno 2: Então como é o processo pra carregar um capacitor? Eu lembro que é assim, coloca-se uma bateria, então essa bateria vai carregar um lado das placas e a outra será carregada por indução, é?

Aluno 1: É!

Aluno 2: Espera, eu não lembro se é por indução.

Aluno 1: Não sei, eu acho que é... Teremos que relacionar esses conceitos.

Aluno 4: O problema tá sendo esse.

Aluno 5: Ligar os conceitos, né?

Aluno 3: É complicado.

Aluno 2: O processo de carregamento se dar por indução mesmo. Aí você coloca uma bateria (a aluna começa a esquematizar no papel), umas das cargas vem para cá e carrega uma placa positivamente. Aí por indução, a outra placa fica carregada negativamente, e então eu terei placas com configurações eletrônicas opostas.

Aluno 1: Eu acho que o primeiro conceito que teremos que falar nesse mapa é capacitor, porque é o capacitor esférico que dá início a questão. Então, por exemplo, ele está descarregado. Quando você carrega, a bateria está gerando uma diferença de potencial e essa diferença de potencial vai gerar um campo, esse campo tem relação com uma força que é dada por Coulomb. Então para explicar essa questão de campo elétrico usamos a lei de Gauss.

Aluno 3: Então o primeiro conceito seria capacitores, o segundo seria ddp e o terceiro lei de Gauss.

Aluno 2: Primeiro a gente vai falar sobre capacitores. Aí pra carregar o capacitor precisamos de uma diferença de potencial.

Aluno 1: Essa diferença de potencial serve para qualquer capacitor. Mas o segundo tópico a ser falado aqui é a Lei de Coulomb, porque eu terei uma diferença de potencial, eu terei uma carga positiva e outra negativa então eu terei uma força entre elas, uma força de atração porque são cargas opostas, pronto esse é o segundo tema. Depois tem campo elétrico que está relacionado com a equação de força de Coulomb.