

Mapas Conceituais

e

Diagramas V

Marco Antonio Moreira

**Instituto de Física
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
2006**

FICHA CATALOGRÁFICA

APRESENTAÇÃO

SUMÁRIO

MAPAS CONCEITUAIS

Resumo & abstract.....	9
O que são mapas conceituais.....	9
Um modelo para mapeamento conceitual.....	10
Uso de mapas conceituais.....	16
Mapas conceituais como instrumentos didáticos.....	16
Mapas conceituais como instrumentos de avaliação.....	17
Mapas conceituais como recurso para análise do conteúdo.....	26
Conclusão – “Negociando significados”.....	26
Referências.....	30
Apêndice 1.....	33
Apêndice 2.....	43
Pós-escrito 1.....	44
Pós-escrito 2.....	48

DIAGRAMAS V

Resumo & Abstract.....	61
Introdução – O Vê epistemológico de Gowin ou diagrama V.....	62
O Vê epistemológico na análise do currículo.....	64
O Vê epistemológico na avaliação da aprendizagem.....	68
O Vê epistemológico como instrumento de ensino e aprendizagem.....	72
Conclusão.....	73
Referências.....	73
Apêndice 1 – Exemplos adicionais em Física.....	76
Apêndice 2 – Pós-escrito.....	81
Apêndice 3 – Procedimentos para ensinar diagramas V.....	87
Apêndice 4 – Exemplos adicionais em outras áreas de conhecimento.....	92
Apêndice 5 – Adaptação do Vê de Gowin para a modelagem e simulação computacionais aplicadas ao ensino.....	96

Mapas Conceituais

MAPAS CONCEITUAIS¹ (Concept maps)

Marco Antonio Moreira
Instituto de Física, UFRGS
Caixa Postal 15051, Campus
91501-970 Porto Alegre, RS
www.if.ufrgs.br/~moreira

Resumo

Mapas conceituais são apresentados como instrumentos potencialmente úteis no ensino, na avaliação da aprendizagem e na análise do conteúdo curricular. São oferecidos vários exemplos de mapas conceituais, usados na instrução em Física, enfocando estas três áreas. Ao final, os mapas conceituais são discutidos do ponto de vista da troca de significados e são dados exemplos adicionais em outras áreas de conhecimento. Além disso, distingue-se entre mapas conceituais, entendidos como mapas de conceitos, e outros tipos de diagramas.

Abstract

Concept maps are proposed as tools for teaching, evaluation, and content analysis. Several examples of concept maps used in physics instruction, focusing on these three areas, are given. At the end, concept maps are discussed from the point of view of exchanging meanings, and additional examples in other areas of knowledge are provided. In addition, a distinction is made between concept maps, understood as maps of concepts, and other types of diagrams.

O que são mapas conceituais²

De uma maneira ampla, mapas conceituais são apenas diagramas que indicam relações entre **conceitos**. Mais especificamente, podem ser interpretados como diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização conceitual de um corpo de conhecimento ou de parte dele. Ou seja, sua existência deriva da estrutura conceitual de um conhecimento.

¹ Trabalho utilizado em um "workshop" sobre mapas conceituais oferecido no Segundo Congresso Internacional sobre Investigação em Didática das Ciências & das Matemáticas, Valência, Espanha, 23 a 25 de setembro de 1987. Adaptado de uma conferência proferida na Terceira Reunião Nacional de Educação em Física, Córdoba, Argentina, 5 a 8 de outubro de 1983. Publicado em CONTACTOS, México, 3(2):38-57, 1988, em *Monografias do Grupo de Ensino, Série Enfoques Didáticos*, N° 2, 1991 e na Série *Textos de Apoio ao Professor de Física*, N° 3, 1992. **Revisado, atualizado e ampliado em 2006.**

² Extraído do trabalho "Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa", de M. A. Moreira, publicado em *Ciência e Cultura*, 32(4):474-479, 1980.

Em princípio, esses diagramas podem ter uma, duas ou mais dimensões. Mapas unidimensionais são apenas listas de conceitos que tendem a apresentar uma organização linear vertical. Embora simples, tais mapas dão apenas uma visão grosseira da estrutura conceitual, por exemplo, de uma disciplina ou subdisciplina. Mapas bidimensionais tiram partido também da dimensão horizontal, permitindo, portanto, uma representação mais completa das relações entre os conceitos, por exemplo, de uma disciplina. Obviamente, mapas com mais dimensões permitiriam uma representação ainda melhor dessas relações e possibilitariam a inclusão de outros fatores que afetam a estrutura conceitual de uma disciplina. Todavia, mapas bidimensionais são mais simples e mais familiares. Além disso, mapas com mais de três dimensões já seriam abstrações matemáticas, de limitada utilidade para fins instrucionais, ao invés de representações concretas de estruturas conceituais.

Assim sendo, daqui para frente *mapas conceituais devem ser entendidos como diagramas bidimensionais que procuram mostrar relações hierárquicas entre conceitos de um corpo de conhecimento e que derivam sua existência da própria estrutura conceitual desse corpo de conhecimento.*

Mapas conceituais podem ser traçados para toda uma disciplina, para uma subdisciplina, para um tópico específico de uma disciplina e assim por diante. Existem várias maneiras de traçar um mapa conceitual, ou seja, há diferentes modos de representar uma hierarquia conceitual em um diagrama. Além disso, mapas conceituais traçados por diferentes especialistas em uma mesma área de conhecimento, provavelmente, refletirão pequenas diferenças de compreensão e interpretação das relações entre conceitos-chave dessa área. O ponto importante é que um mapa conceitual deve ser sempre visto como "um mapa conceitual", não como "o mapa conceitual" de um determinado conjunto de conceitos. Isto é, qualquer mapa conceitual deve ser visto apenas como uma das possíveis representações de uma certa estrutura conceitual.

Um modelo para mapeamento conceitual

A figura 1 mostra um modelo simplificado para fazer um mapa conceitual, tomando como base o princípio ausubeliano (Ausubel, 1980) da diferenciação conceitual progressiva. Neste modelo, os conceitos mais gerais e inclusivos aparecem na parte superior do mapa. Prosseguindo, de cima para baixo no eixo vertical, outros conceitos aparecem em ordem descendente de generalidade e inclusividade até que, ao pé do mapa, chega-se aos conceitos mais específicos. Exemplos também podem aparecer na base do mapa. Linhas que conectam conceitos sugerem relações entre os mesmos, inclusive relações horizontais.

Este modelo propõe uma hierarquia vertical, de cima para baixo, indicando relações de subordinação entre conceitos. Conceitos que englobam outros conceitos aparecem no topo, conceitos que são englobados por vários outros aparecem na base do mapa. Conceitos com aproximadamente o mesmo nível de generalidade e inclusividade aparecem na mesma posição vertical. O fato de que diferentes conceitos possam aparecer na mesma posição vertical dá ao mapa sua dimensão horizontal. Ou seja, no eixo das abcissas os conceitos são colocados de tal forma que fiquem mais próximos aqueles que se constituem em diferenciação imediata de um mesmo conceito superordenado, enquanto os que o diferenciam mais remotamente ficam mais afastados na dimensão horizontal. Na prática, se dá prioridade ao

ordenamento hierárquico vertical; por esta razão, nem sempre é possível mostrar as relações horizontais desejadas. Assim, o eixo horizontal deve ser interpretado como menos estruturado, enquanto que o vertical deve refletir bem o grau de inclusividade dos conceitos (Rowell, 1978).

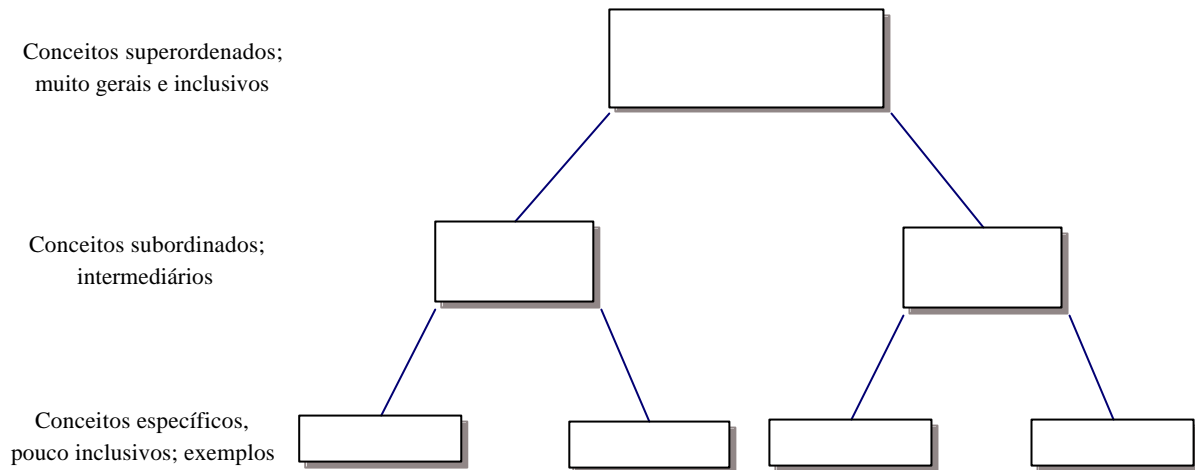


Figura 1. Um modelo para mapeamento conceitual segundo a teoria de Ausubel.

As figuras 2, 3, 4 e 5 mostram mapas conceituais construídos de acordo com o modelo proposto. A figura 2 é um mapa para "forças"; o conceito geral de força está no topo do mapa, diferentes tipos de forças estão em um nível intermediário e exemplos específicos de forças estão ao pé do mapa (Moreira, 1977, 1979). A figura 3 apresenta um mapa para "campos"; o conceito geral de campo aparece na parte mais superior do diagrama, diferentes tipos de campos estão situados em posições intermediárias e exemplos específicos de campos aparecem na base da figura. Além disso, no canto superior esquerdo aparece o conceito de força (que deu origem ao mapa da figura 2), o qual está intimamente ligado ao conceito de campo através da idéia de "ação à distância" (Moreira, 1977, 1980). As figuras 4 e 5, por sua vez, mostram, respectivamente, um mapa para forças (interações) de um ponto de vista mais contemporâneo (Moreira, 1990, 2004) e um mapa conceitual para partículas elementares (Moreira, 1989, 2004).

Os mapas apresentados nestas figuras são bastante específicos, pois enfocam apenas um conceito. Nas seções seguintes serão dados exemplos de mapas mais abrangentes. Serão também mostrados mapas conceituais que não foram construídos segundo o modelo da figura 1, uma vez que ele não é o único e que não existem regras fixas a serem observadas na construção de um mapa de conceitos. Aliás, esse modelo se presta a confusões pois facilmente leva à idéia, errada, de que mapas conceituais são quadros sinóticos ou organogramas conceituais.

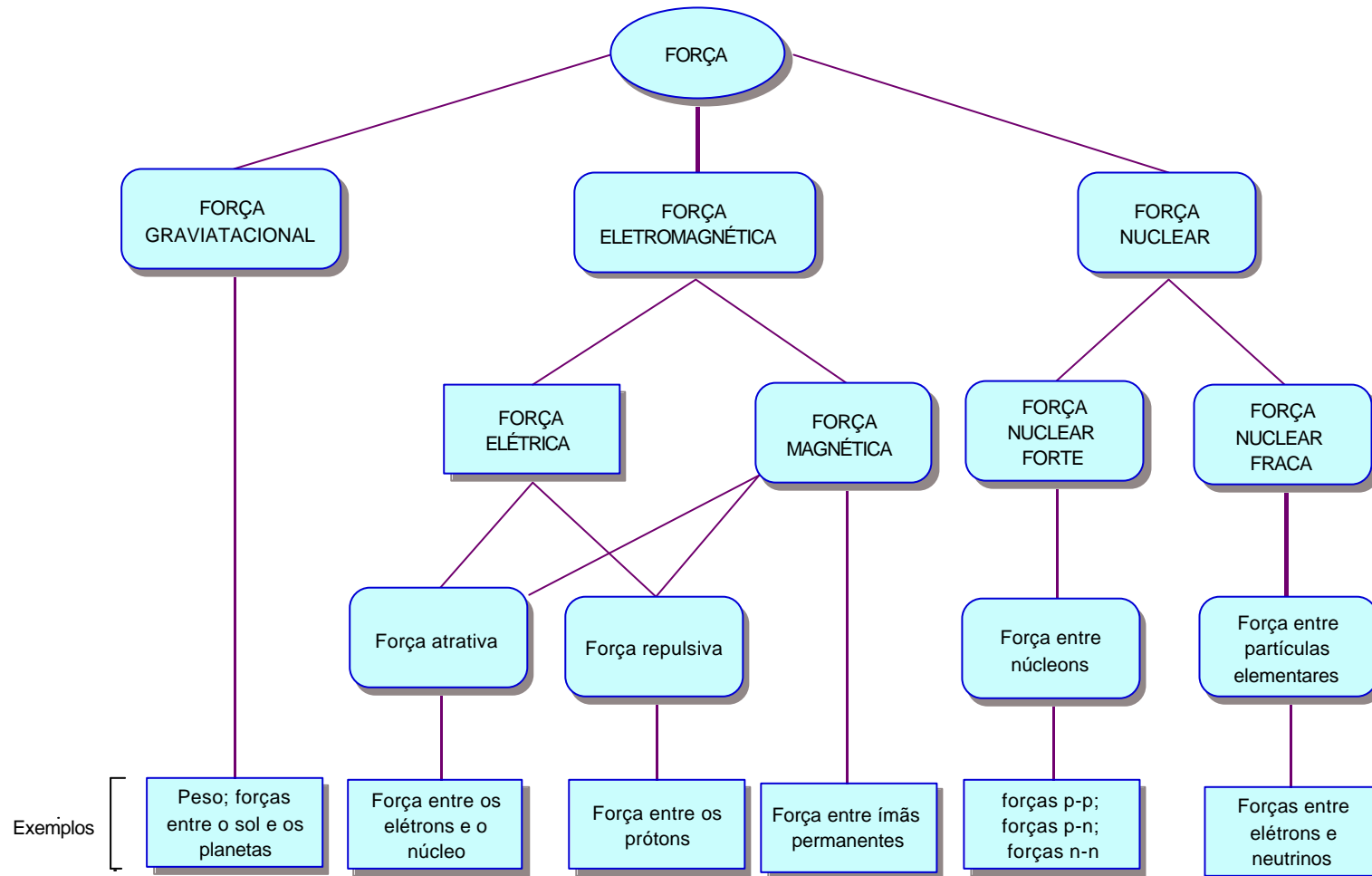


Figura 2: Um mapa conceitual para *forças* (Moreira, 1977, 1979, 1983; Moreira e Buchweitz, 1987).

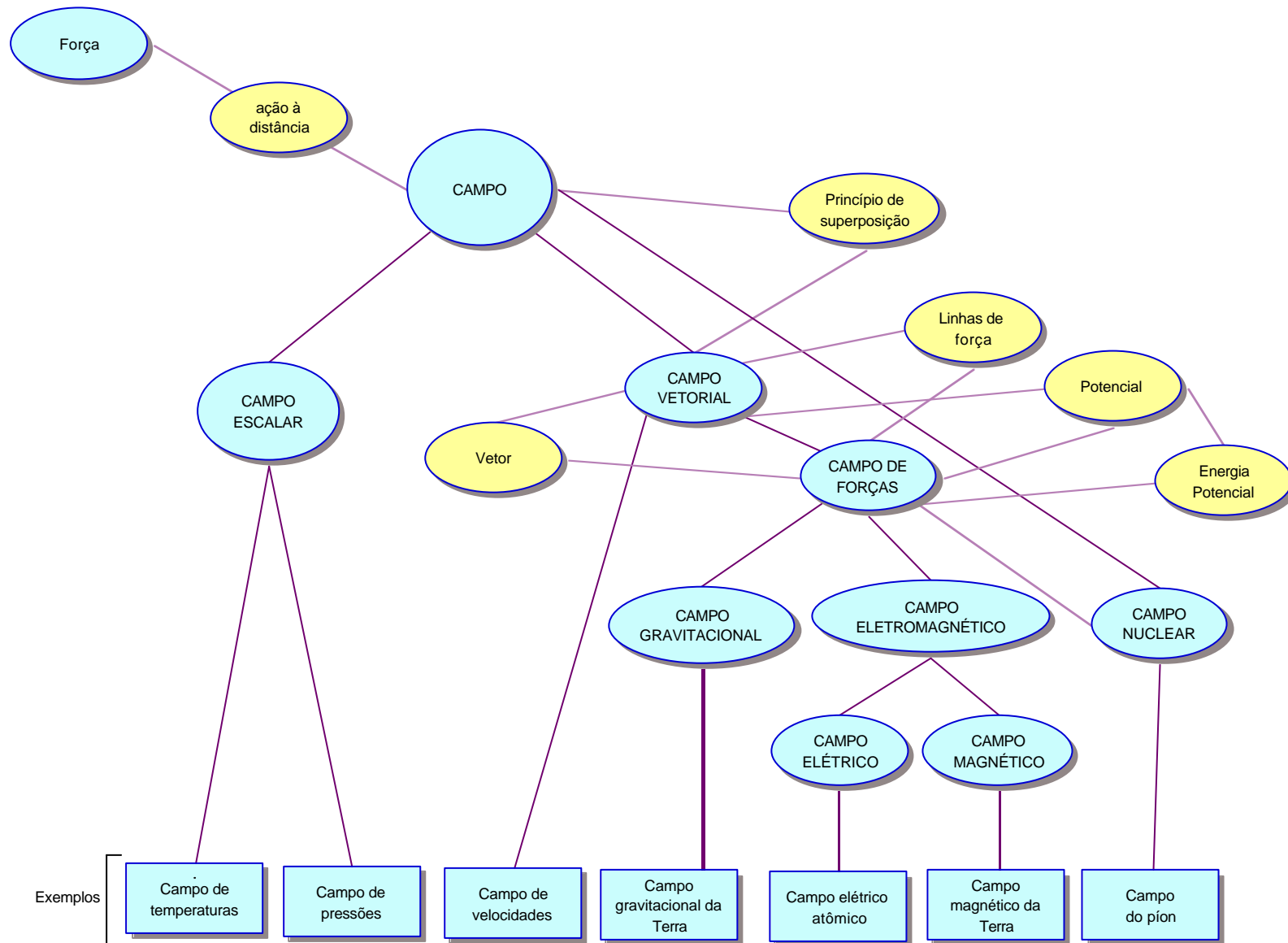


Figura 3 - Um mapa conceitual para *campo* (Moreira, 1977, 1980, 1983; Moreira e Buchweitz, 1987)

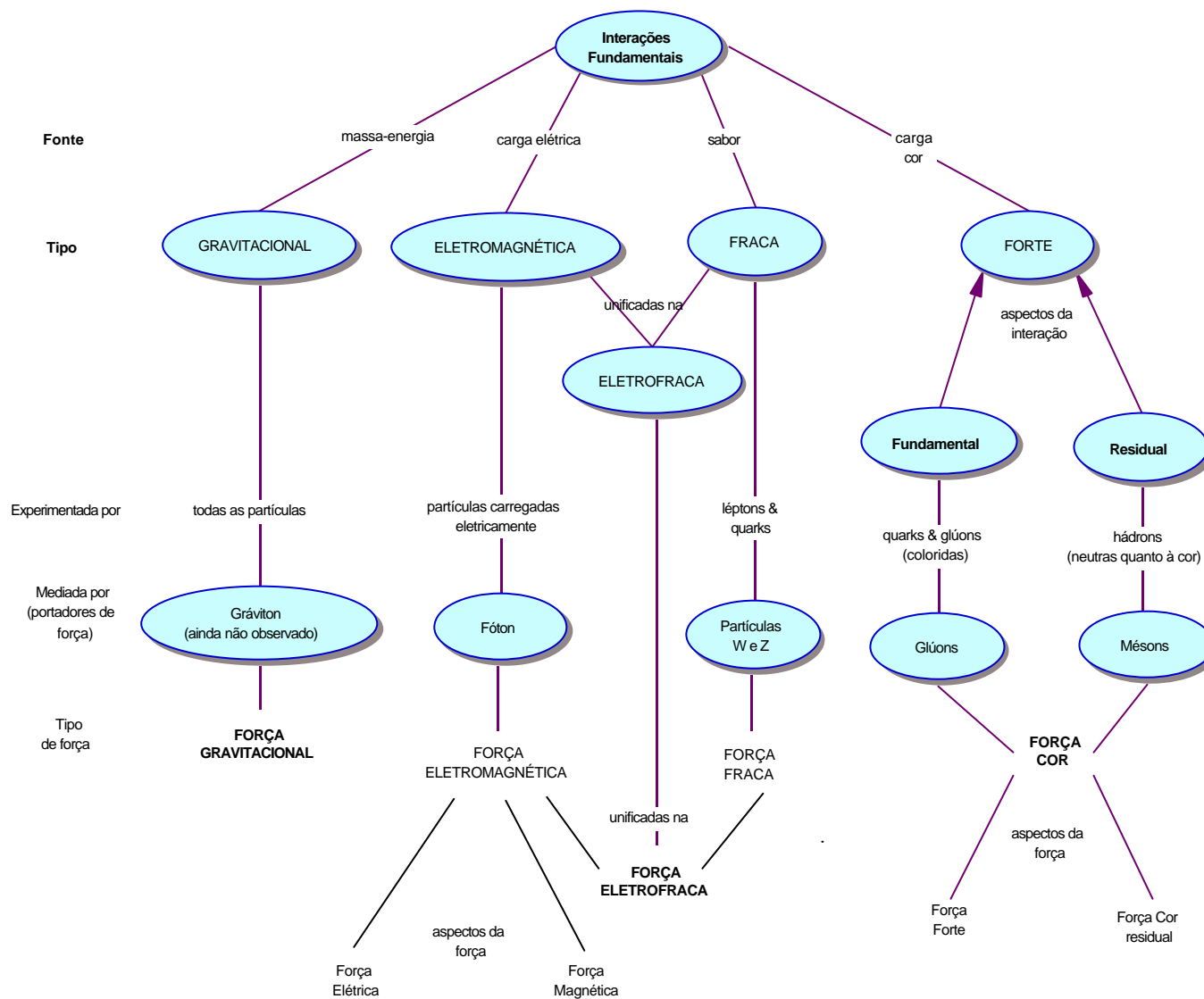


Figura 4: Um mapa conceitual para interações fundamentais (M.A. Moreira, 1990, revisado em 2004)

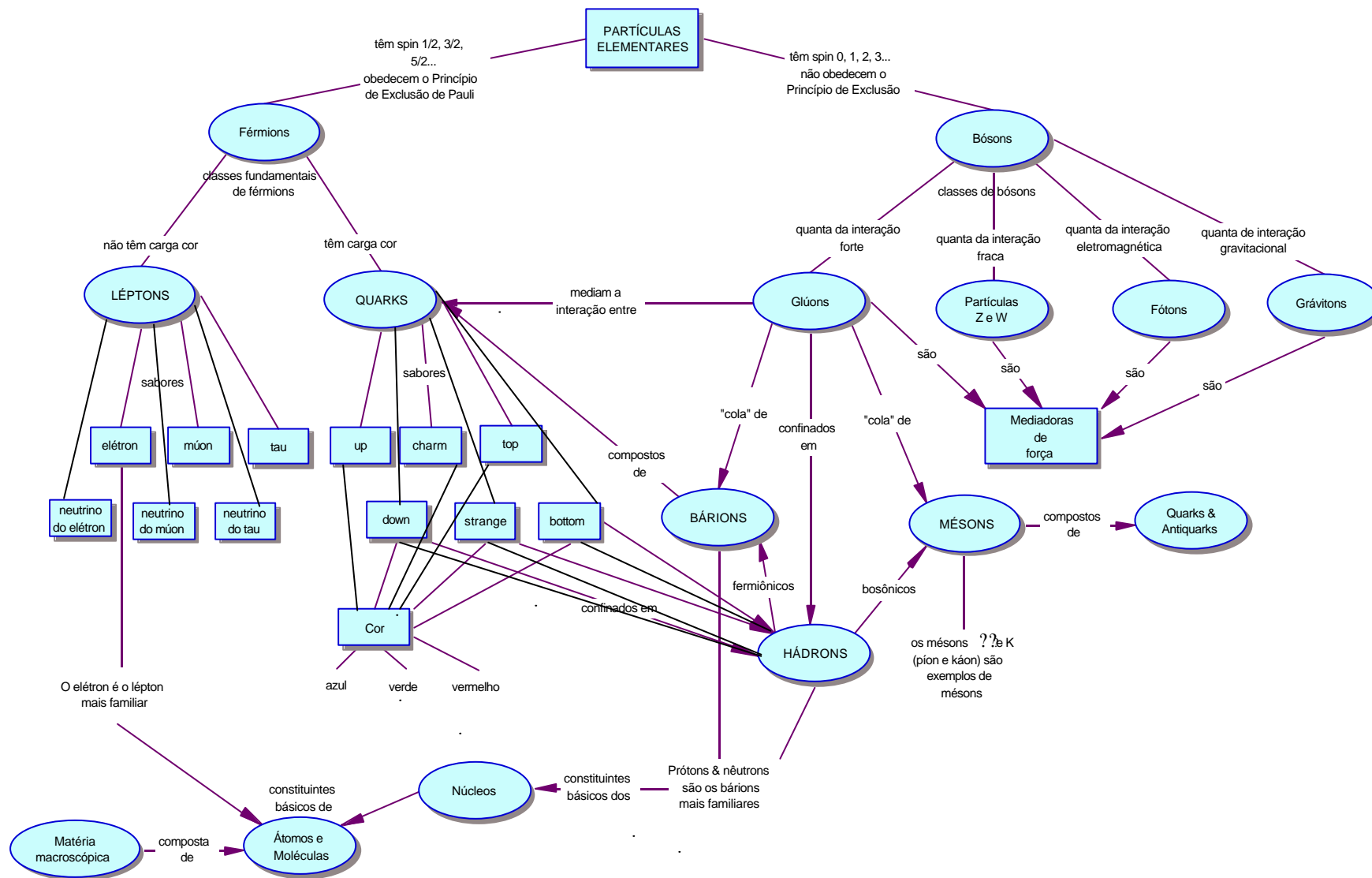


Figura 5: Um mapa conceitual sobre partículas elementares (M.A. Moreira, 1989, revisado em 2004)

Uso dos mapas conceituais

De um modo geral, mapas conceituais podem ser usados como instrumentos de **ensino** e/ou de **aprendizagem**. Além disso, podem também ser utilizados como auxiliares na análise e planejamento do **currículo** (Stewart et al., 1979), particularmente na análise do conteúdo curricular. Todavia, em cada um destes usos, mapas conceituais podem ser sempre interpretados como instrumentos para "negociar significados" (ver p. 22).

Nas secções seguintes serão discutidas todas estas possibilidades de utilização dos mapas conceituais.

Mapas conceituais como instrumentos didáticos³

Como instrumentos didáticos, os mapas propostos podem ser usados para mostrar as relações hierárquicas entre os conceitos que estão sendo ensinados em uma aula, em uma unidade de estudo ou em um curso inteiro. Eles explicitam relações de subordinação e superordenação que possivelmente afetarão a aprendizagem de conceitos. São representações concisas das estruturas conceituais que estão sendo ensinadas e, como tal, provavelmente facilitarão aprendizagem dessas estruturas.

Contudo, contrariamente a textos e outros materiais instrucionais, mapas conceituais não dispensam explicações do professor. A natureza idiossincrática de um mapa conceitual, dada por quem faz o mapa (o professor, no caso), torna necessário que o professor guie o aluno através do mapa quando o utiliza como recurso instrucional (Bogden, 1977). Além disso, apesar de que os mapas podem ser empregados para dar uma visão geral prévia do que vai ser estudado, eles devem ser usados preferentemente quando os alunos já têm uma certa noção do assunto. Neste caso, podem ser utilizados para integrar e reconciliar relações entre conceitos e promover a diferenciação conceitual. Os conceitos e as linhas que ligam conceitos em um mapa conceitual não terão significado para os alunos a menos que sejam explicados pelo professor e que os estudantes tenham pelo menos alguma familiaridade com a matéria de ensino.

Cabe, no entanto, assinalar que, apesar de que o modelo de mapa proposto está de acordo com o princípio ausubeliano (Ausubel, 1978, 1980) da **diferenciação progressiva**, sua utilização do ponto de vista instrucional não deve ser unidirecional, exclusivamente de cima para baixo, como sugere o modelo. Isso porque, do ponto de vista ausubeliano, a instrução deve ser planejada não somente para promover a diferenciação progressiva mas também para explorar, explicitamente, relações entre proposições e conceitos, evidenciar semelhanças e diferenças significativas e reconciliar inconsistências reais ou aparentes. Ou seja, para promover também o que Ausubel chama de **reconciliação integrativa**. Segundo Novak (1977, 1981), para conseguir a reconciliação integrativa de maneira mais eficiente, a instrução deve ser organizada de tal forma que se "baixe e suba" nas hierarquias conceituais à medida que a nova informação é apresentada. Isso significa que, embora no enfoque ausubeliano se deva começar com os conceitos mais gerais, é necessário mostrar logo como os conceitos subordinados estão relacionados com eles e, então, voltar, através de exemplos, a novos

³ Extraído do trabalho citado na nota de rodapé nº 1.

significados para os conceitos de ordem mais elevada na hierarquia. Em outras palavras, se deve "baixar e subir" no mapa, explorando, explicitamente, as relações de subordinação e superordenação entre os conceitos (Moreira e Masini, 1982).

Os exemplos apresentados nas figuras 2 e 3 são mapas utilizados como recursos didáticos em uma disciplina de Física Geral em nível universitário básico. A figura 6 mostra outro exemplo; trata-se de um mapa mais abrangente, incluindo conceitos da Eletricidade e do Magnetismo. Observe-se que, neste mapa, sobre várias linhas que unem conceitos, e que sugerem relações entre eles, está explicitado o tipo de relação existente entre os conceitos. Note-se também que este mapa inclui algumas leis (conjuntos de conceitos). Como já foi dito, a construção de mapas conceituais é bastante flexível.

No ensino, o uso de mapas conceituais feitos pelo professor apresenta vantagens e desvantagens. Entre as possíveis vantagens, pode-se mencionar (Moreira, 1979; Moreira e Buchweitz, 1993):

1. enfatizar a estrutura conceitual de uma disciplina e o papel dos sistemas conceituais em seu desenvolvimento;
2. mostrar que os conceitos de uma certa disciplina diferem quanto ao grau de inclusividade e generalidade e apresentar esses conceitos em uma ordem hierárquica de inclusividade que facilite sua aprendizagem e retenção;
3. proporcionar uma visão integrada do assunto e uma espécie de "listagem conceitual" daquilo que foi abordado nos materiais instrucionais.

Dentre as possíveis desvantagens poder-se-ia citar:

1. se o mapa não tem significado para os alunos, eles podem encará-lo como algo mais a ser memorizado;
2. os mapas podem ser muito complexos ou confusos e dificultar a aprendizagem e retenção, ao invés de facilitá-las;
3. a habilidade dos alunos em construir suas próprias hierarquias conceituais pode ficar inibida em função de já receberem prontas as estruturas propostas pelo professor (segundo sua própria percepção e preferência) .

Na prática, essas desvantagens podem ser minimizadas explicando os mapas e sua finalidade, introduzindo-os quando os estudantes já têm alguma familiaridade com o assunto, chamando atenção que um mapa conceitual pode ser traçado de várias maneiras e estimulando os alunos a traçar seus próprios mapas. Além disso, o professor, ao elaborar mapas conceituais para usá-los como recurso instrucional, deve ter sempre em mente um compromisso entre clareza e completeza. Ou seja, nem todas as possíveis linhas que indicam relações entre conceitos devem ser traçadas a fim de manter a clareza do mapa.

Mapas conceituais como instrumentos de avaliação.

Outra possibilidade de uso dos mapas conceituais está na avaliação da aprendizagem. Avaliação não com o objetivo de testar conhecimento e dar uma nota ao aluno, a fim de classificá-lo de alguma maneira, mas no sentido de obter informações sobre o tipo de estrutura que o aluno vê para um dado conjunto de conceitos. Para isso, pode-se solicitar ao aluno que construa o mapa ou este pode ser obtido indiretamente através de suas respostas a testes

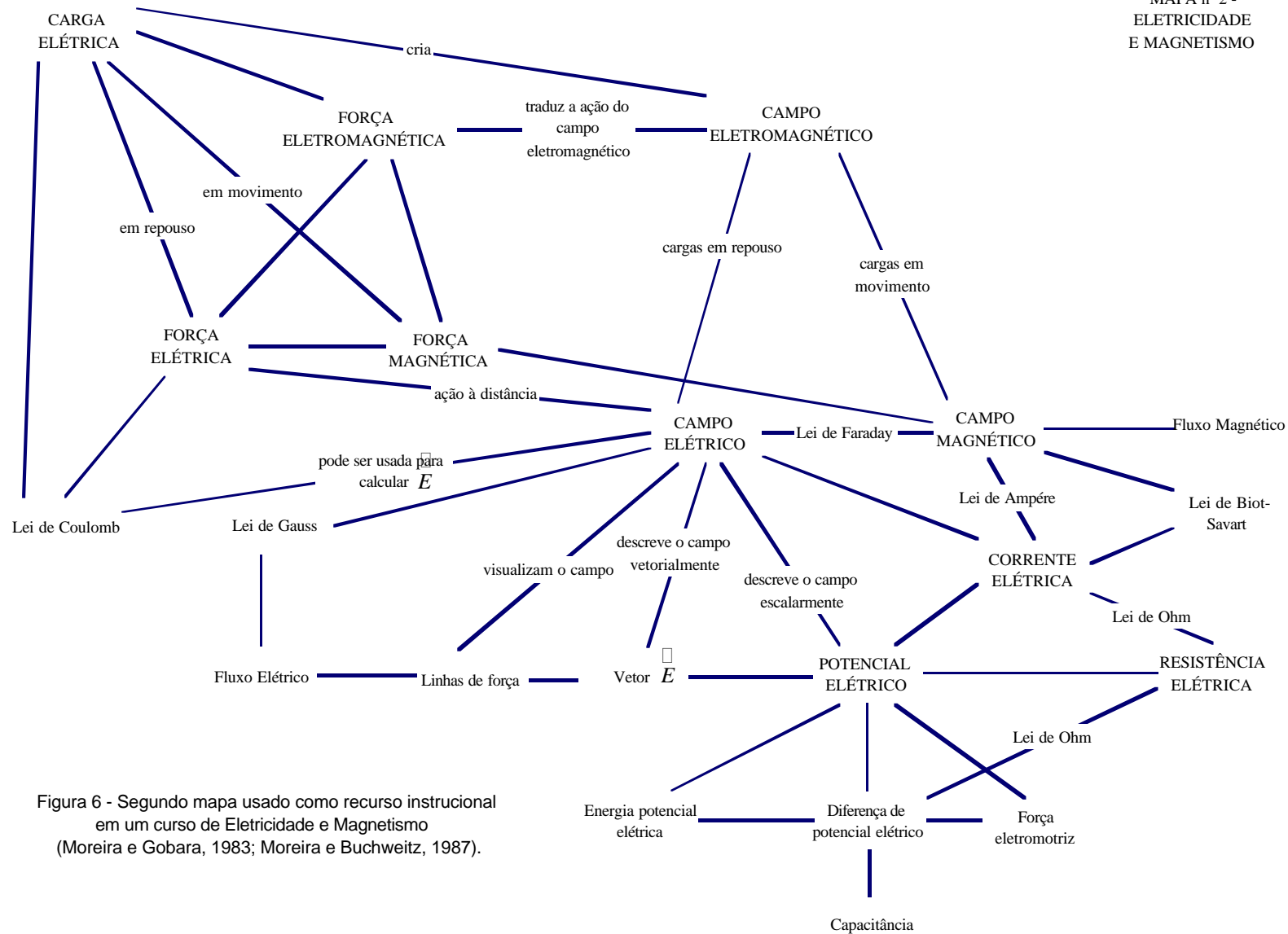


Figura 6 - Segundo mapa usado como recurso instrucional em um curso de Eletricidade e Magnetismo (Moreira e Gobara, 1983; Moreira e Buchweitz, 1987).

escritos ou entrevistas orais. Na figura A1 são apresentados exemplos de mapas conceituais construídos a partir de entrevistas (Moreira e Novak, 1987).

Portanto, o uso de mapas conceituais como instrumentos de avaliação implica uma postura que, para muitos, difere da usual. Na avaliação através de mapas conceituais a principal idéia é a de avaliar o que o aluno sabe em termos conceituais, isto é, como ele estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona, discrimina, integra, conceitos de uma determinada unidade de estudo, tópico, disciplina, etc..

Aquilo que o aluno já sabe, isto é, seu conhecimento prévio, parece ser o fator isolado que mais influencia a aprendizagem subsequente (Ausubel, 1978, 1980). Se assim for, torna-se extremamente importante para a instrução avaliar, da melhor maneira possível, esse conhecimento. Os mapas conceituais se constituem em uma visualização de conceitos e relações hierárquicas entre conceitos que pode ser muito útil, para o professor e para o aluno, como uma maneira de exteriorizar o que o aluno já sabe. Obviamente, não se trata de uma representação precisa e completa do conhecimento prévio do aluno, mas sim, provavelmente, de uma boa aproximação.

Se entendermos a estrutura cognitiva de um indivíduo, em uma certa área de conhecimento, como o conteúdo e organização conceitual de suas idéias nessa área, mapas conceituais podem ser usados como instrumentos para representar a estrutura cognitiva do aprendiz.

Assim sendo, os mapas conceituais serão úteis não só como auxiliares na determinação do conhecimento prévio do aluno (ou seja, antes da instrução), mas também para investigar mudanças em sua estrutura cognitiva durante a instrução. Dessa forma se obtém, inclusive, informações que podem servir de realimentação para a instrução e para o currículo.

As figuras 7 a 13 são exemplos de mapas conceituais construídos por estudantes de engenharia, em uma disciplina de Eletricidade e Magnetismo, com a finalidade de proporcionar informações sobre a evolução da estrutura cognitiva desses estudantes ao longo do curso.

As figuras 7 e 8, por exemplo, foram obtidas em um estudo (Moreira, 1977) no qual o mesmo conteúdo foi abordado segundo diferentes enfoques, um baseado na teoria de Ausubel⁴ e o outro o tradicionalmente encontrado nos livros de texto, a diferentes grupos de estudantes. A figura 7 mostra os mapas de um aluno que estudou o conteúdo de Eletricidade e Magnetismo de acordo com o enfoque ausubeliano, enquanto a figura 8 apresenta os mapas de um aluno que estudou o mesmo conteúdo segundo a organização convencional. Ambas figuras são representativas dos tipos de mapas traçados por alunos que estudaram esse conteúdo segundo uma ou outra abordagem:

Comparando tais figuras, poder-se-ia argumentar que os mapas da figura 7 sugerem uma tendência gradual em direção a uma hierarquia vertical na qual os conceitos mais gerais estão no topo e os mais específicos na base. Esta tendência,

⁴ O enfoque ausubeliano enfatiza a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa.

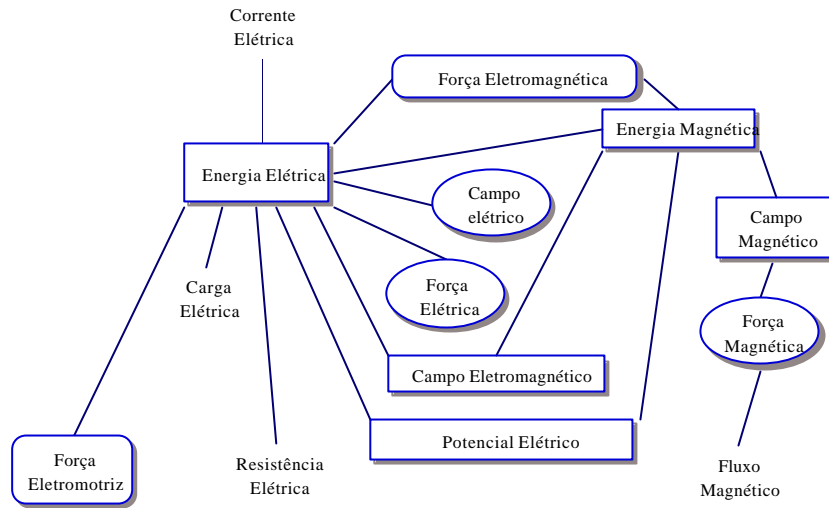
que parece não haver na figura 8, pode ser explicada pelo fato de que mapas conceituais com o mesmo tipo de hierarquia foram usados como recursos instrucionais na abordagem ausubeliana e não o foram na abordagem convencional. Esta diferença, portanto, pode apenas refletir uma influência dos materiais instrucionais sobre a estrutura cognitiva dos alunos. Isso significa que tal diferença não implica que os mapas da figura 7 sejam necessariamente melhores que os da figura 8. Por outro lado, considerando as regras que os alunos deveriam seguir, se pode observar muitas diferenças entre as figuras 7 e 8. Por exemplo, no último mapa da figura 7 os conceitos mais gerais são campo eletromagnético e força eletromagnética, enquanto que no mapa correspondente na figura 8 força eletromagnética é considerado um conceito específico e os conceitos gerais são carga elétrica e corrente elétrica. Também neste caso não se pode dizer que um aluno está certo e o outro errado, contudo, este tipo de diferença pode estar sugerindo diferentes maneiras de organizar o conteúdo cognitivo em uma certa área, ou seja, diferentes estruturas cognitivas. É justamente isso o que se procura através deste tipo de instrumento de avaliação (Moreira, 1983).

As figuras 9, 10 e 11, por sua vez, foram obtidas em outra pesquisa (Ahumada, 1983; Moreira e Ahumada, 1983) na qual mapas conceituais foram usados como instrumentos de avaliação em um curso de Física Geral. Nessa pesquisa, se pediu aos alunos que construíssem mapas conceituais em três oportunidades ao longo do curso (aproximadamente no começo, no meio e no fim), durante as quais eles eram também entrevistados pelo professor a fim de explicar seus mapas. Este tipo de estratégia (entrevistas) foi possível porque a pesquisa foi conduzida em um curso individualizado. As figuras 9, 10 e 11 mostram os mapas de um mesmo aluno nessas três ocasiões. Estes mapas sugerem uma organização vertical que reflete claramente a ordem de apresentação dos conceitos no livro de texto (Halliday & Resnick). Os três mapas têm a mesma estrutura e diferem apenas no número de conceitos que envolvem, refletindo uma forte influência do material instrucional sobre a estrutura cognitiva do aluno.

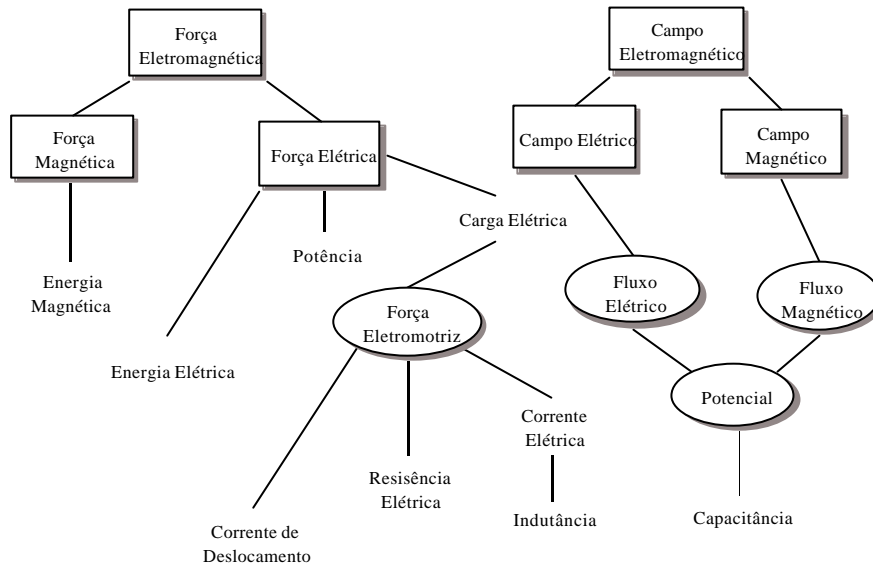
Exemplos adicionais são dados nas figuras 12 e 13. Tais figuras ilustram os resultados obtidos em outro estudo no qual se utilizou mapas conceituais como instrumentos de ensino e avaliação (Moreira e Gobara, 1983). Distintamente da pesquisa referida anteriormente (Moreira e Ahumada, 1983), os alunos, antes de construir seus próprios mapas, tiveram contato com mapas conceituais elaborados pelo professor com fins instrucionais. O mapa da figura 6, por exemplo, foi um dos mapas usados neste estudo como recurso instrucional. As figuras 12 e 13 são mapas de um mesmo aluno traçados aproximadamente na metade e no final do curso respectivamente. Estes mapas parecem apresentar uma organização hierárquica do centro para as bordas. No primeiro, o conceito de carga elétrica ocupa uma posição central e parece estar rodeado por outros conceitos a ele subordinados. No segundo, além de carga elétrica, outros conceitos ocupam a parte central do mapa e ficam rodeados por conceitos subordinados. Note-se que o mapa da figura 12 ficou muito denso por que o aluno escreveu muitas palavras sobre as linhas. Observe-se também que o mapa da figura 13 inclui muitas equações como conectivos, o que não é recomendável pois pode ser uma maneira de contornar o desconhecimento das relações entre os conceitos.

Todos estes exemplos foram oferecidos nesta seção para ilustrar, da melhor maneira possível, as potencialidades do uso de mapas conceituais como instrumentos de avaliação. Não são propostos critérios para atribuição de um escore aos mapas conceituais porque acredita-se que são instrumentos mais adequados a uma avaliação formativa, interpretativa, qualitativa.

1.



2.



3.

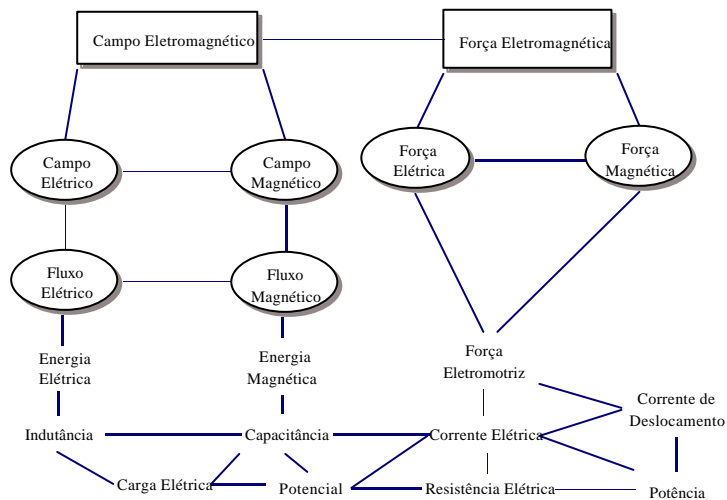
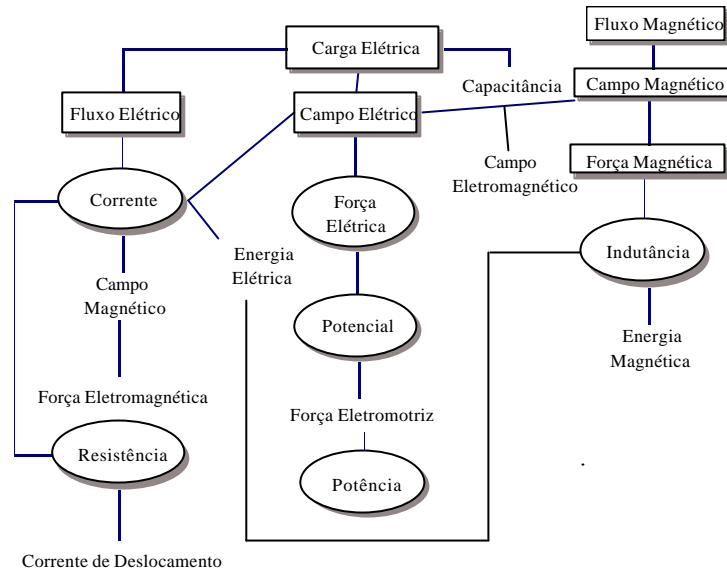
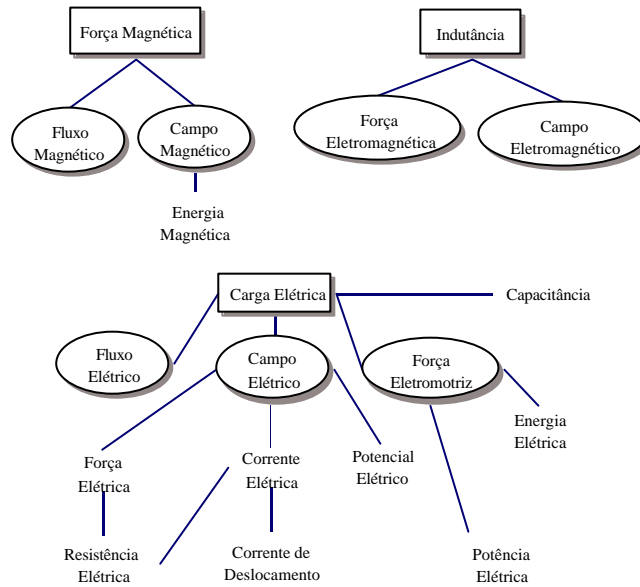


Figura 7 - Mapas conceituais traçados por um aluno que estudou o conteúdo de Eletricidade e Magnetismo sob a abordagem ausubeliana; 1, 2 e 3 significam, respectivamente, antes durante e após a instrução.

1.



2.



3.

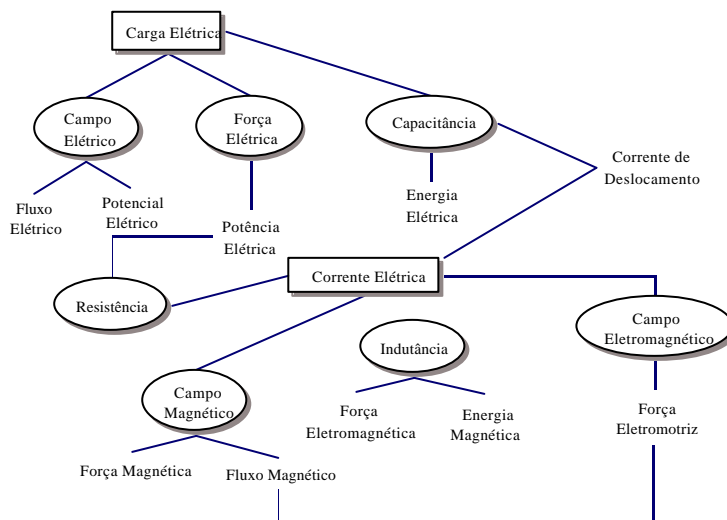


Figura 8 - Mapas conceituais traçados por um aluno que estudou o conteúdo de Eletricidade e Magnetismo sob uma abordagem convencional; 1, 2 e 3 significam, respectivamente, antes, durante e após a instrução.

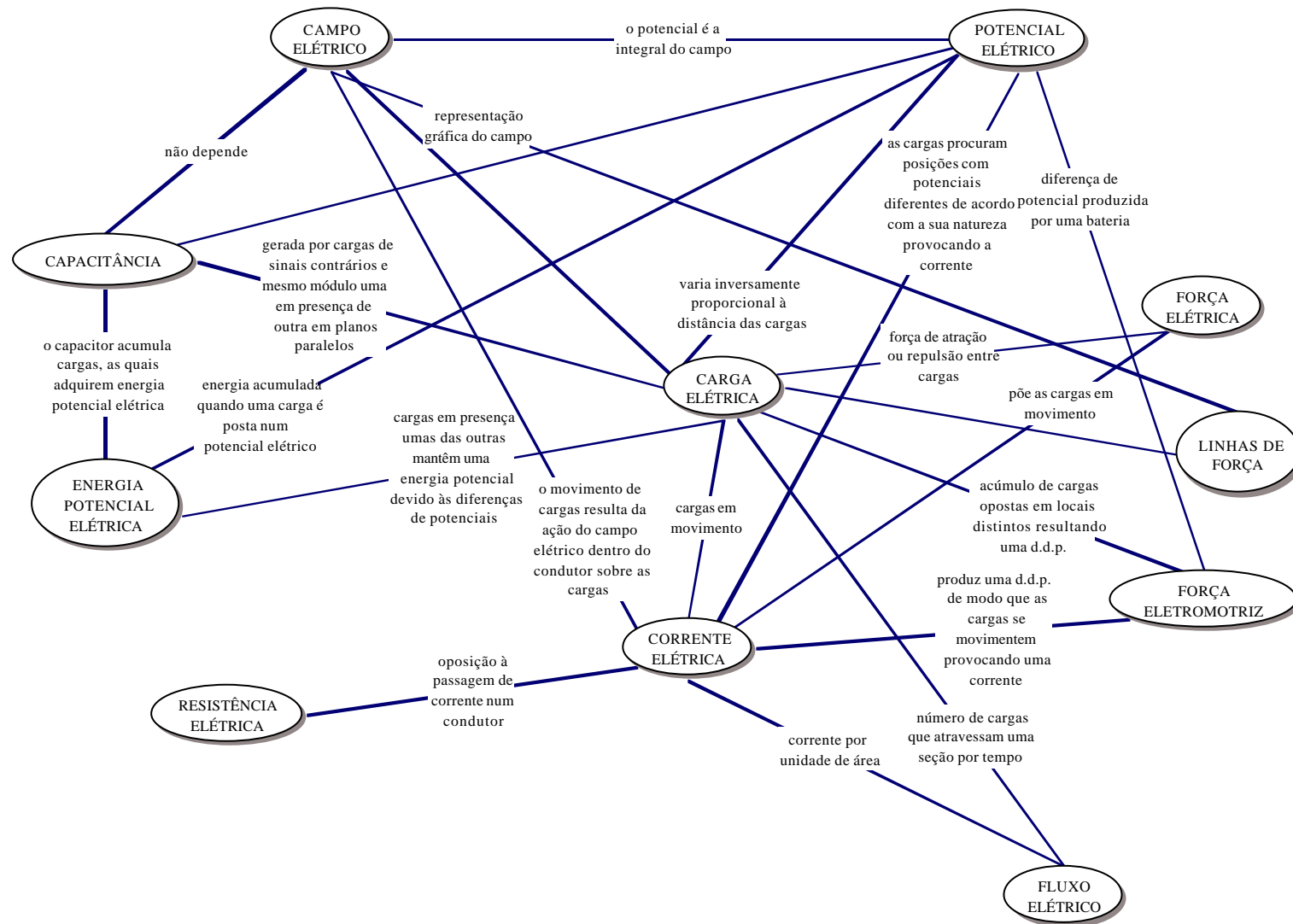


Figura 12 - Primeiro mapa conceitual confeccionado pelo estudante nº 2; após a 10ª unidade de estudo (Moreira e Gobara, 1983; Moreira e Buchweitz, 1987). (É desnecessário escrever frases inteiras entre os conceitos, fica muito denso; basta uma ou duas palavras para dar uma idéia da relação proposicional entre os conceitos.)

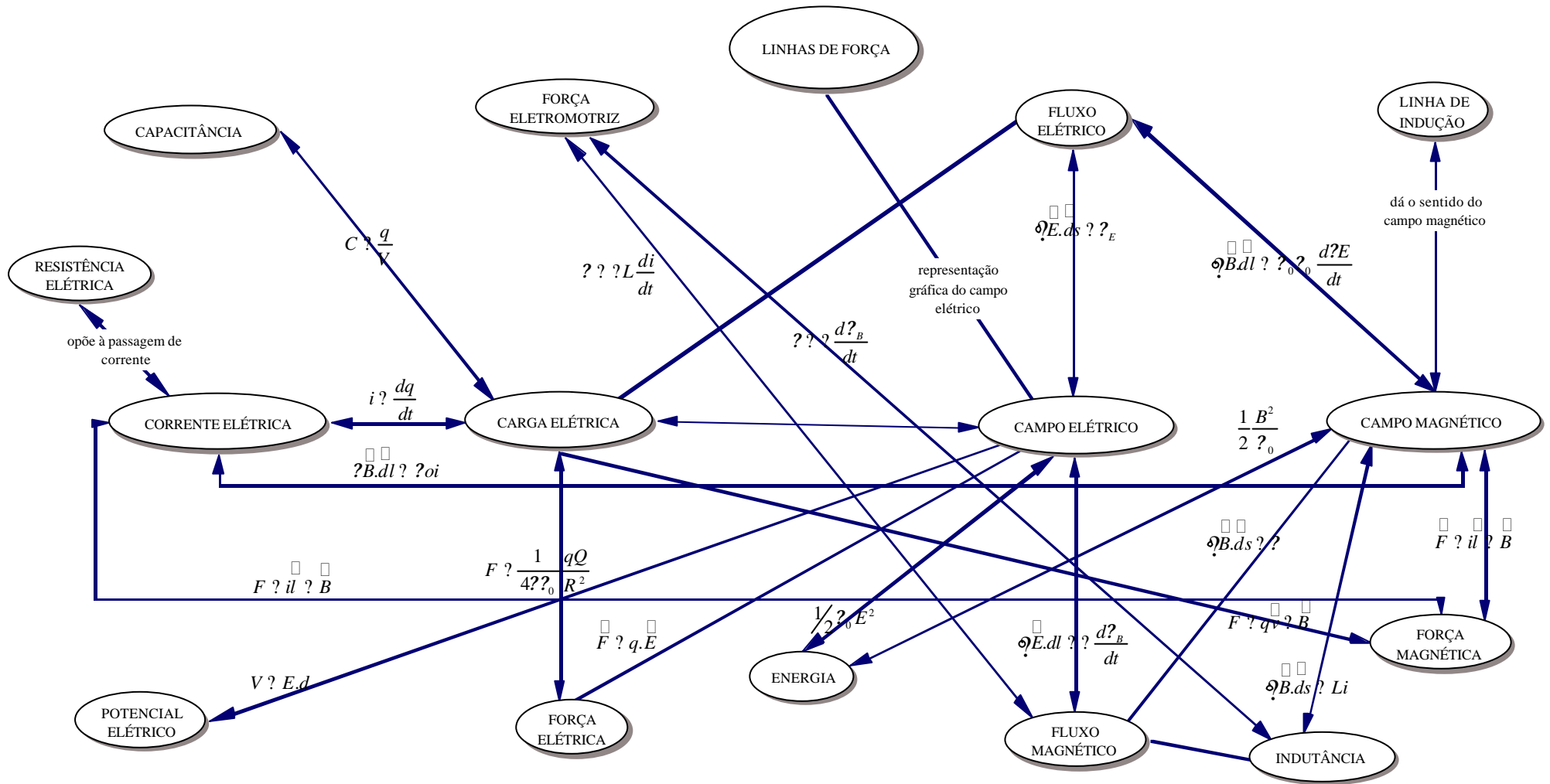


Figura 13 – Segundo mapa conceitual confeccionado pelo estudante; após a 20ª unidade de estudo (Moreira e Gobara, 1993; Moreira e Buchweitz, 1987). (O uso de equações como conectivos não é recomendável por que pode ser uma maneira de contornar o desconhecimento das relações entre conceitos.)

Mapas conceituais como recurso para análise do conteúdo

Os mapas conceituais podem ser construídos para o conteúdo de uma aula, de uma disciplina, de um conjunto de disciplinas ou de um programa educacional inteiro que conduza à obtenção de um diploma profissional. Tudo depende da generalidade ou da especificidade dos conceitos, do nível de inclusividade dos conceitos que estão no mapa. Conceitos abrangentes, integradores, podem servir de base para o planejamento curricular de um determinado curso, enquanto conceitos mais específicos, pouco inclusivos, podem orientar a seleção de materiais e atividades instrucionais específicos.

Mapas conceituais podem ser uma ferramenta importante para focalizar a atenção do planejador de currículo para o ensino de conceitos e para distinção entre conteúdo curricular e conteúdo instrumental. Ou seja, entre o conteúdo que se espera que seja aprendido e aquele que servirá de veículo para a aprendizagem (Stewart et al., 1979).

Um bom planejamento de currículo implica uma cuidadosa análise de quais são os conceitos centrais para o entendimento da disciplina, ou parte da disciplina, que está sendo considerada. Mapas conceituais podem ser extremamente úteis nessa tarefa. Na figura 14, por exemplo, apresenta-se um mapa conceitual para o conteúdo relativo ao estudo dos fenômenos térmicos. Nele aparecem os conceitos e leis que são fundamentais para o entendimento desse assunto. A figura 15, por sua vez, mostra o mapeamento conceitual do conteúdo de eletromagnetismo que serviu de guia para um curso introdutório nesse assunto (Moreira, 1977). Na coluna central estão os conceitos mais abrangentes e que são comuns aos fenômenos elétricos (lado esquerdo do mapa) e aos magnéticos (lado direito). Aproximadamente nos quatro cantos do mapa, dentro de retângulos, aparecem as quatro equações básicas do Eletromagnetismo (Equações de Maxwell). A figura 16 mostra outro mapa conceitual para o mesmo conteúdo de acordo com a percepção de outra pessoa. (Não existe um único mapa para cada conteúdo !)

Observe-se que o mapa da figura 15 não foi construído seguindo o modelo proposto na figura 1. Isso ilustra o fato de que não existem regras fixas para a construção de mapas conceituais. Da mesma forma, não existe uma única maneira, ou a melhor maneira, de representar a matéria de ensino em um mapa conceitual. O importante é representá-la em um mapa de conceitos que tenha sentido e que seja útil para o planejamento curricular.

Um exercício interessante é o de tentar fazer o mapeamento conceitual de um programa educacional (curso) completo. Às vezes é surpreendente observar como, no fundo, o número de conceitos importantes é relativamente pequeno. Ocorre que tais conceitos são repetidos com nomes diferentes em diferentes disciplinas. Não é raro, ao fazer isso, chegar-se à conclusão de que o programa está cheio de repetições inúteis e não focaliza adequadamente os conceitos que são realmente importantes.

Conclusão — "Negociando significados".

Neste trabalho, mapas conceituais foram propostos como recurso para o planejamento instrucional e curricular e como instrumento de avaliação. Principalmente através de exemplos, se procurou ilustrar as possibilidades de utilização dos mapas conceituais, em particular no ensino da Física.

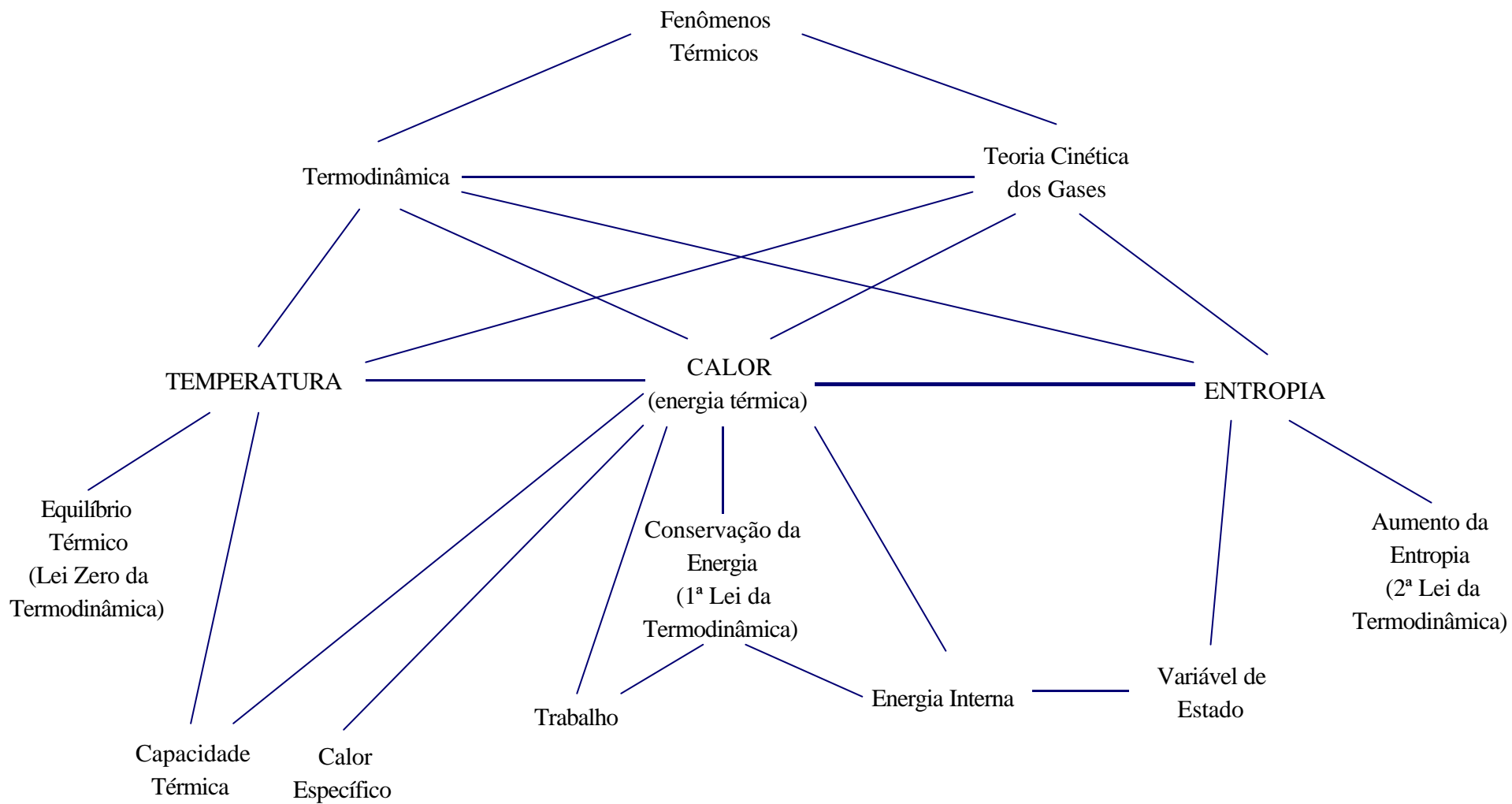


Figura 14 - Mapeamento do conteúdo referente a fenômenos térmicos (Moreira, 1983).

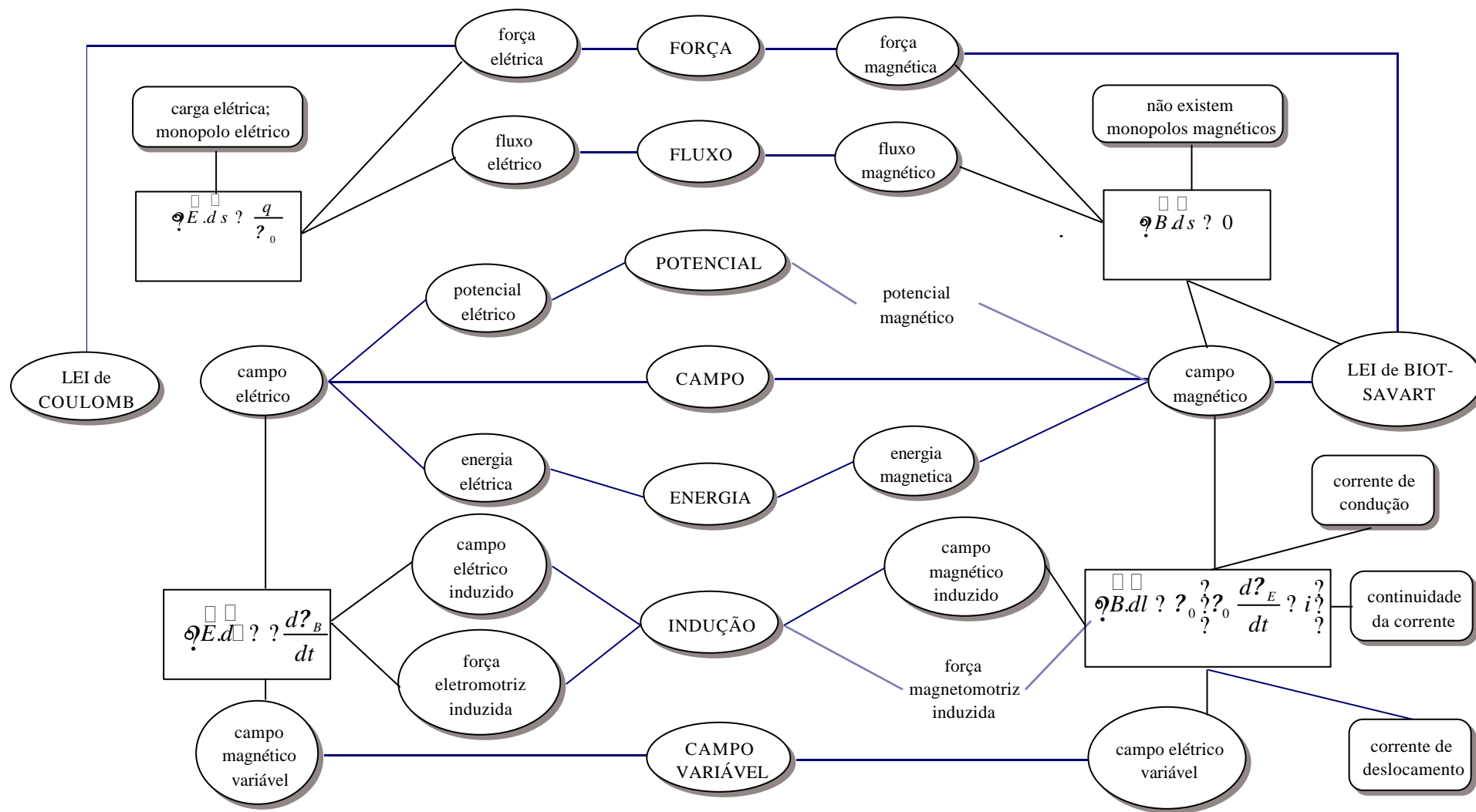


Figura 15 - Um mapa conceitual para o conteúdo de Eletromagnetismo (Moreira, 1977, 1979, 1983; Moreira e Buchweitz, 1987). (Neste mapa explora-se a simetria entre conceitos e leis existente neste campo conceitual da Física.)

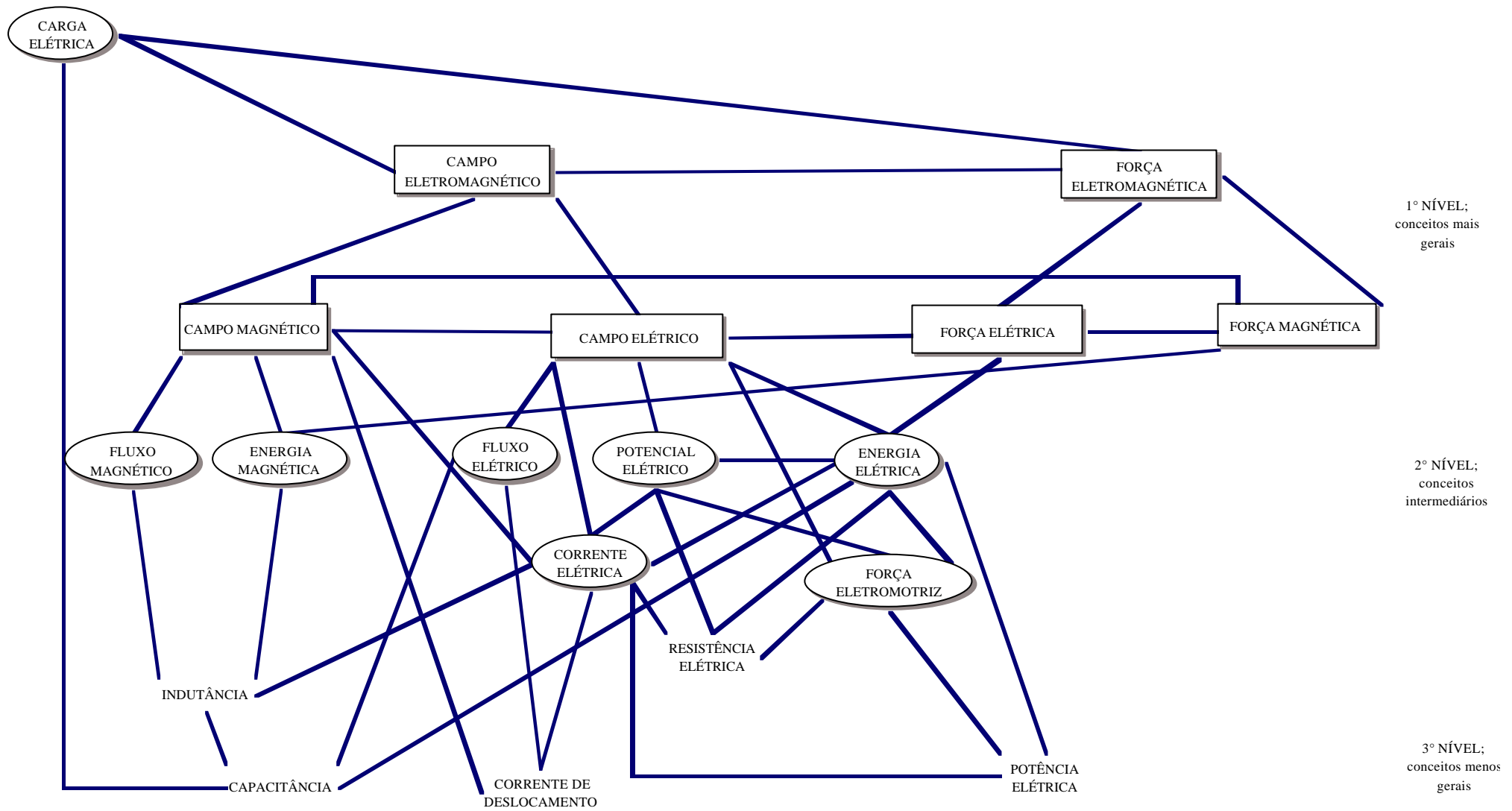


Figura 16 - Mapeamento do conteúdo de Eletromagnetismo sob outro ponto de vista.

Embora se tenha abordado separadamente o uso de mapas como instrumentos didáticos, de avaliação e de análise do conteúdo, esta separação é um pouco artificial pois os mesmos mapas usados no planejamento curricular (na análise conceitual do conteúdo) podem ser empregados como recursos instrucionais. Podem também servir de auxiliares na avaliação quando são usados como termo de comparação com mapas traçados pelos alunos ou quando são usados como referencial para a elaboração de provas.

Cabe também assinalar que apesar de que os mapas apresentados neste trabalho se referem, em geral, ao ensino universitário, o mapeamento conceitual pode ser usado tanto na escola secundária como na primária. Novak e Gowin (1984) apresentam vários exemplos de mapas conceituais construídos por crianças de escola primária.

Não obstante, em todos esses casos, mapas conceituais podem ser pensados como uma ferramenta para negociar significados. Tal como dizem Novak e Gowin (1984, p. 14), porque são representações explícitas, abertas, dos conceitos e proposições que uma pessoa tem, mapas conceituais permitem que professores e alunos troquem, "negociem", significados até que os compartilhem. Segundo Novak e Gowin, *mapas conceituais se destinam a representar relações significativas entre **conceitos** na forma de proposições, isto é, são dispositivos esquemáticos para representar um conjunto de significados de conceitos encaixados em um sistema de referência proposicional.*

De fato, como proposições são dois ou mais conceitos ligados por palavras em uma unidade semântica, mapas conceituais podem ser traçados de tal maneira que não somente conceitos sejam exteriorizados mas também proposições. Quer dizer, se a pessoa que faz o mapa rotula com uma ou mais palavras-chave as linhas que unem conceitos em um mapa, de tal modo que os conceitos e essas palavras formem uma proposição, seu mapa representará não apenas sua maneira de organizar um conjunto de conceitos mas também proposições que expressam significados atribuídos às relações entre conceitos. Como tal, o mapeamento conceitual pode ser visto como uma técnica para exteriorizar o entendimento conceitual e proposicional que uma pessoa tem sobre um certo conhecimento.

O mapeamento conceitual como técnica para negociar significados foi a perspectiva dominante no trabalho desenvolvido no Programa de Educação em Ciências e Matemática do Departamento de Educação da Universidade de Cornell, onde foi originalmente desenvolvida a idéia de mapa conceitual no início dos anos setenta (Moreira e Novak, 1987) .

Apêndices : 1. exemplos de mapas conceituais em distintas áreas; 2. como construir um mapa conceitual; 3. pós-escrito 1; 4. pós-escrito 2.

Referências

- AHUMADA, Waldo E. Mapas conceituais como instrumentos para investigar a estrutura cognitiva em Física. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física da UFRGS, 1983.
- AUSUBEL, David P., NOVAK, Joseph D. and HANESIAN, H. **Educational psychology: a cognitive view**. 2nd.ed. New York: Holt Rinehart and Winston, 1978. Trad. p/português de Eva Nick et al. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

- BOGDEN, Christopher A. The use of concept mapping as a possible strategy for instructional design and evaluation in college genetics. M.Sc. dissertation, Cornell University, Ithaca, N.Y., 1977.
- MOREIRA, Marco A. An Ausubelian approach to physics instruction: an experiment in an introductory college course in electromagnetism. Ph.D. thesis, Cornell University, Ithaca, N. Y., 1977.
- MOREIRA, Marco A. Concept maps as tools for teaching. **Journal of College Science Teaching**, Washington, 8(5):283-86,1979.
- MOREIRA, Marco A. Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. **Ciência e Cultura**, São Paulo, 32(4):474-79, 1980.
- MOREIRA, Marco A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física**: a teoria de Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983.
- MOREIRA, Marco A. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. **O Ensino**, Pontevedra/Espanha & Braga/Portugal, N^{os} 23 a 28: 87-95, 1988.
- MOREIRA, Marco A. Um mapa conceitual para partículas elementares. **Revista de Ensino de Física**, São Paulo, 11: 114-129, 1989.
- MOREIRA, Marco A. Um mapa conceitual para interações fundamentais. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, 8(2): 133-139, 1990.
- MOREIRA, Marco A. Partículas e interações. **A Física na Escola**, São Paulo, 5(2): 10-14, 2004.
- MOREIRA, Marco A. e MASINI, Elcie F.S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de aprendizagem de David Ausubel. São Paulo: Editora Moraes, 1982.
- MOREIRA, Marco A. and AHUMADA, Waldo E. Concept maps as tools for evaluation in physics education. Paper presented at the International Seminar on Physics Education, Caracas, Venezuela, August, 1983.
- MOREIRA, Marco A. and Gobara, Shirley T. Concept maps as instructional tools in physics education. Paper presented at the International Seminar on Physics Education, Caracas, Venezuela, August, 1983.
- MOREIRA, Marco A. e Buchweitz, Bernardo. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993. 114 p.
- MOREIRA, Marco A. y NOVAK, Joseph.D. Investigación en enseñanza de las ciencias en la Universidad de Cornell: sistemas de referencia teóricos, cuestiones foco y abordos metodológicos. Trabajo presentado en el II Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas, València, España, Septiembre de 1987. **Enseñanza de las Ciencias**, 6(1):3-18, 1988.
- MOREIRA, Marli M. The learning theory of David Ausubel as an alternative framework for organizing the teaching of language and literature. M.Sc. dissertation, Cornell University, Ithaca, N. Y., 1977.
- NOVAK, Joseph D. **A theory of education**. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press, 1977. Trad. p/português de M.A.Moreira, **Uma teoria de educação**. São Paulo, Pioneira, 1981.

- NOVAK, Joseph D. and Gowin, D.Bob. **Learning how to learn**. New York: Cambridge University Press, 1984. Trad. p/ português de Carla Valadares, **Aprender a aprender**. Lisboa, Plátano Edições Técnicas, 1996.
- ROWELL, Richard M. Concept mapping: evaluation of children's science concepts following Audio-Tutorial instruction. Ph. D. thesis, Cornell University, Ithaca, N. Y., U.S.A., 1978.
- STEWART, James; VAN KIRK, Judy and ROWELL, Richard M. Concept maps : a tool for use in biology teaching. **The American Biology Teacher**, 41(3):171-75, 1979.

Apêndice 1

Exemplos adicionais em distintas áreas

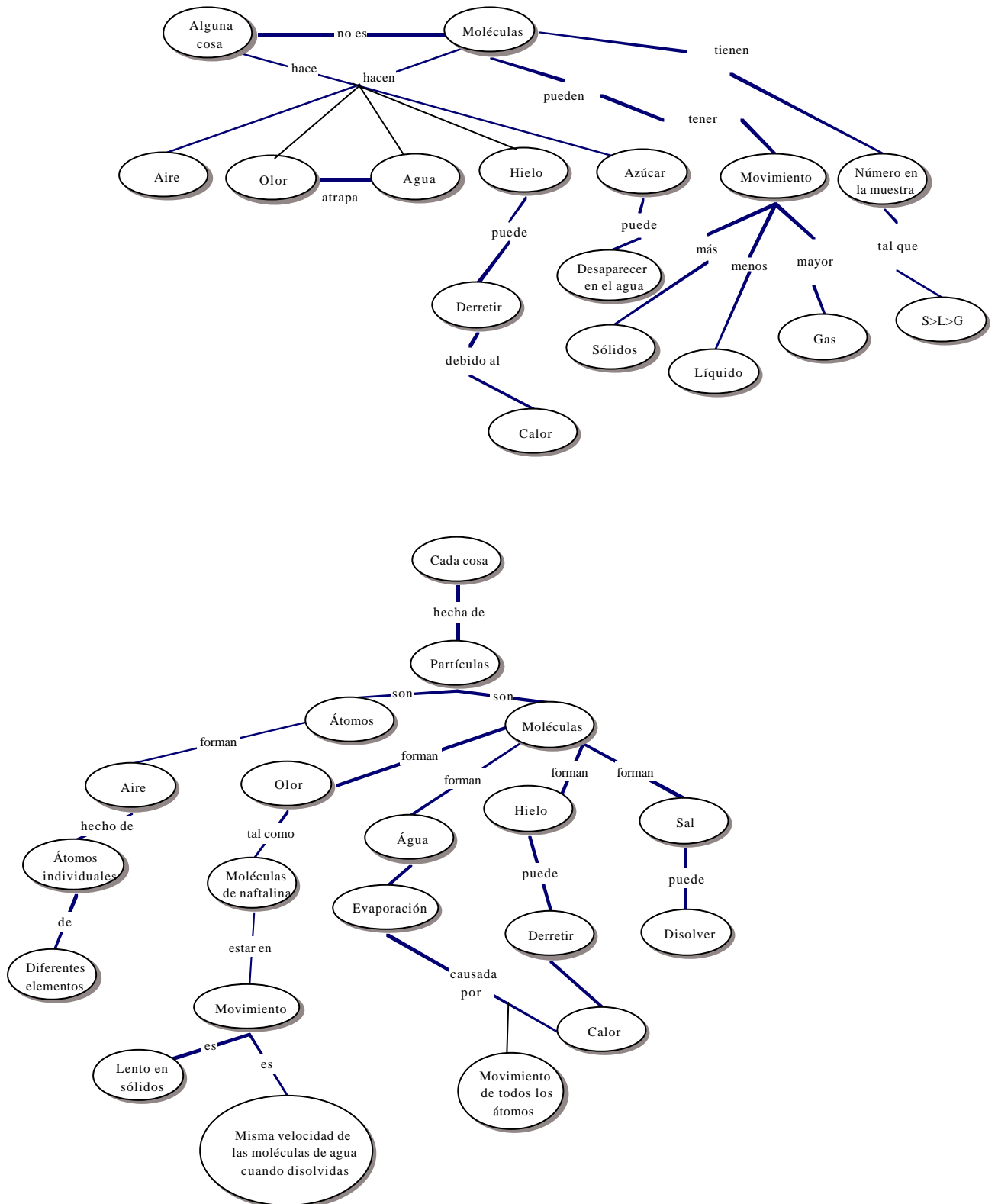


Figura A1 - Dois mapas conceituais construídos a partir de entrevistas com um estudante de segunda série (acima) e, dez anos depois, ao final da escola secundária grau (abaixo). Os mapas sugerem a "correção" de conceitos contextualmente errôneos bem como a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa de conceitos. (Moreira e Novak, 1987)

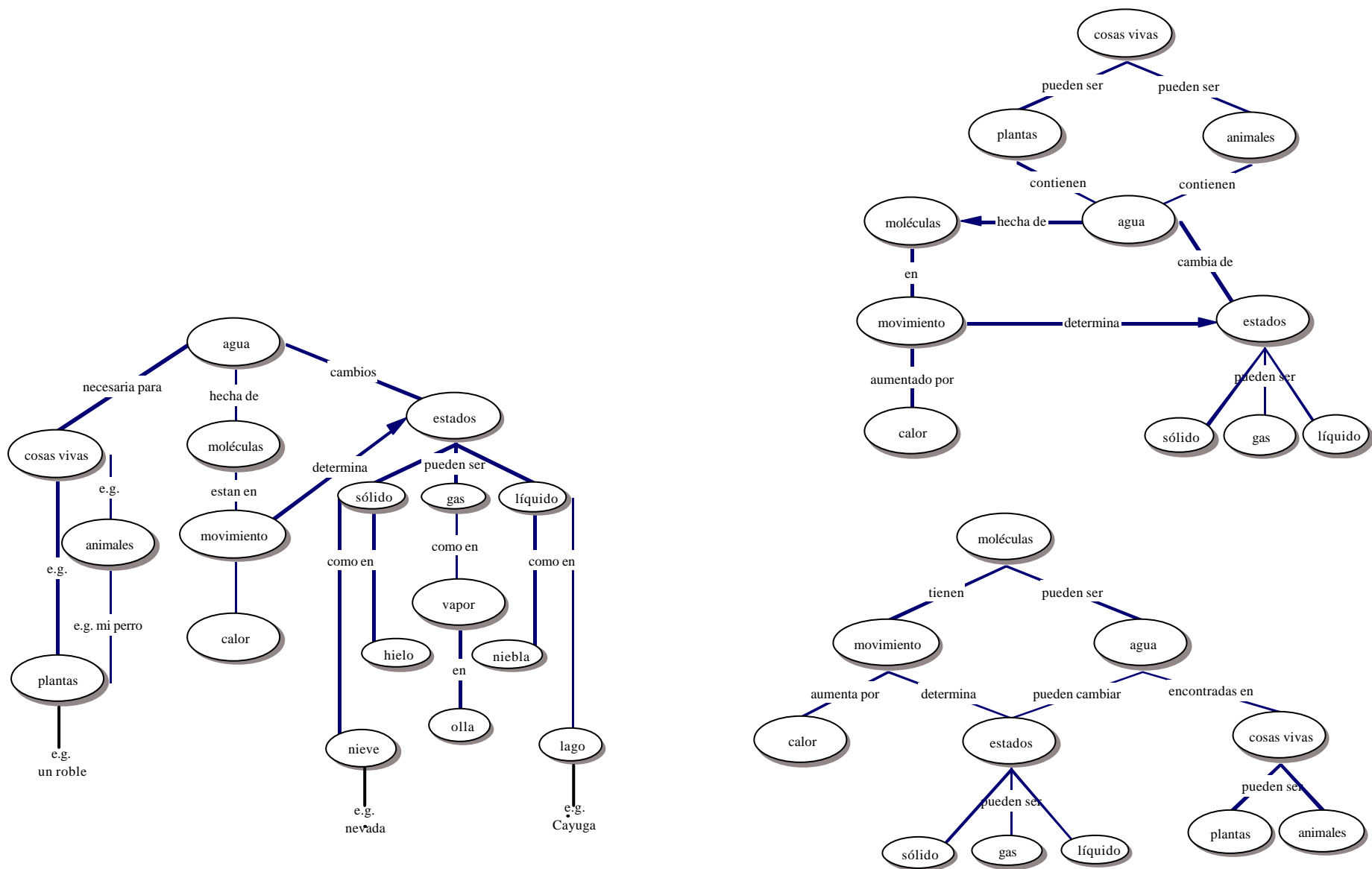


Figura A2 - Três mapas conceituais indicando como os mesmos conceitos assumem novas relações de significado quando diferentes conceitos são "elevados" a um estado superordenado, ilustrando a natureza de "mapa de borracha" da organização cognitiva. (Novak e Gowin, 1984).

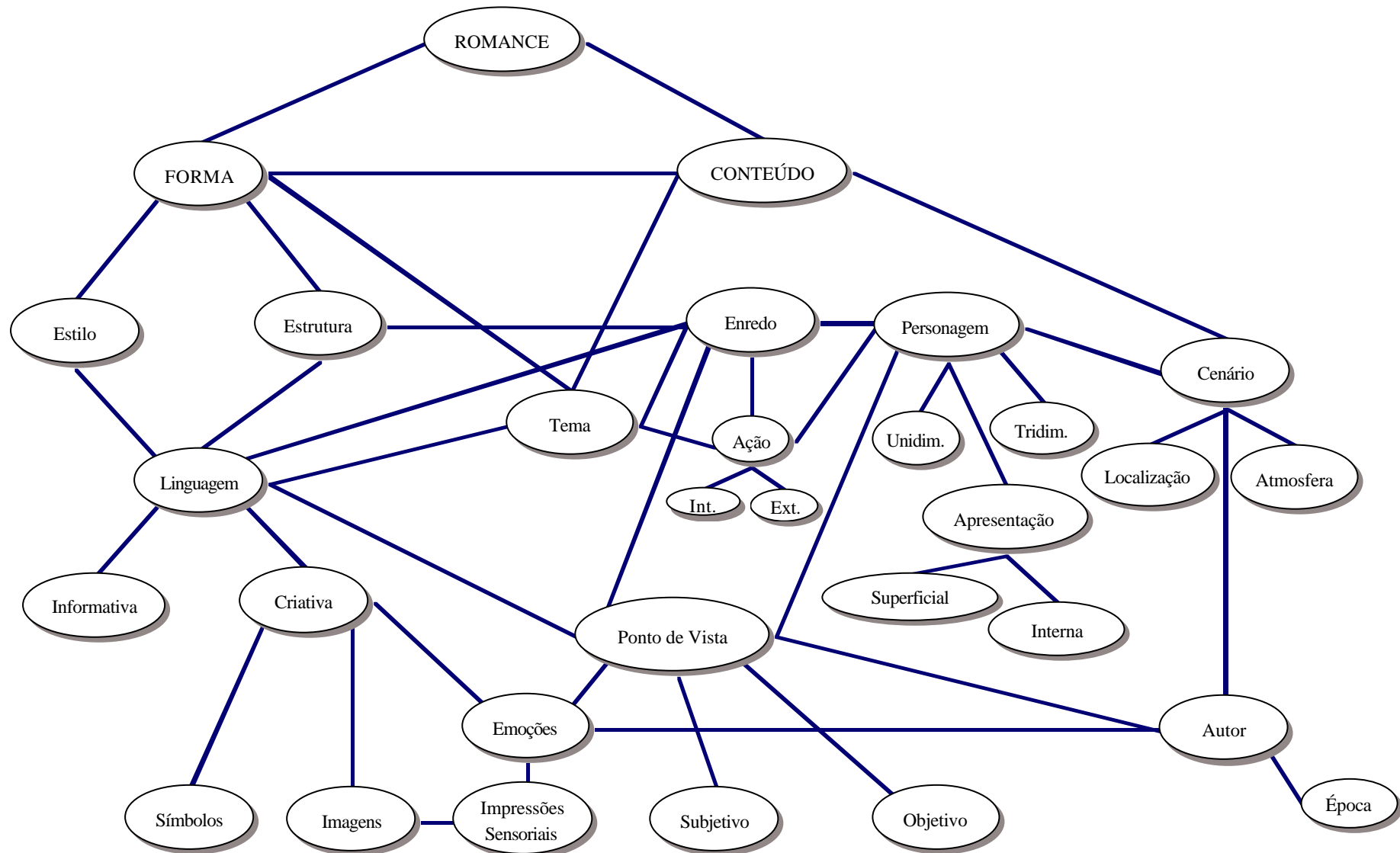


FIGURA A3 - Um mapa conceitual para romance (M.M.Moreira, 1977). (Note-se que neste mapa, por ser muito antigo, não são usados conectivos, palavras de enlace, entre os conceitos.)

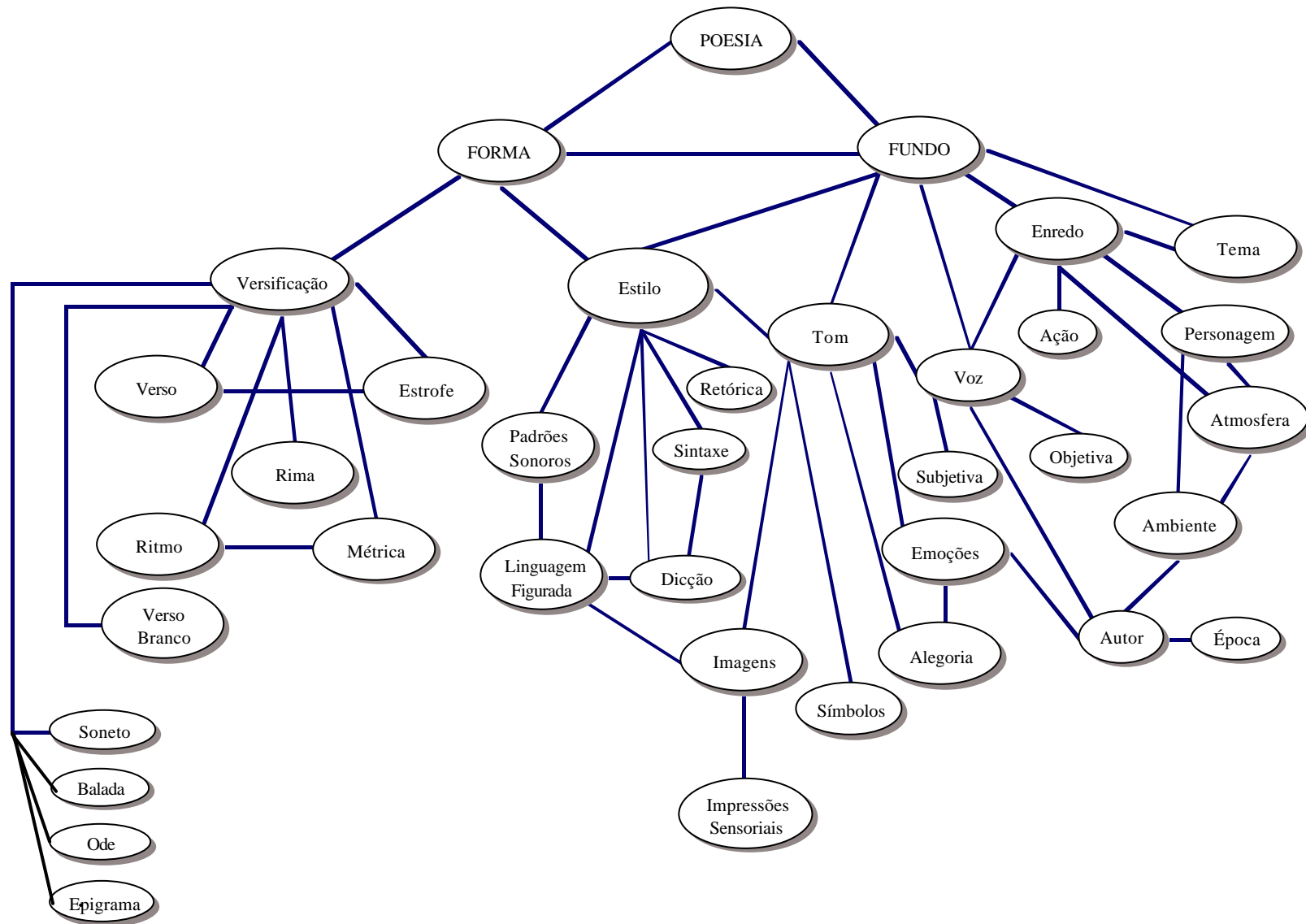


FIGURA A4 - Um mapa conceitual para poesia (M.M. Moreira, 1977). (Neste mapa também não há conectivos; não eram usados nos primeiros mapas conceituais.)

RIP VAN WINCKLE

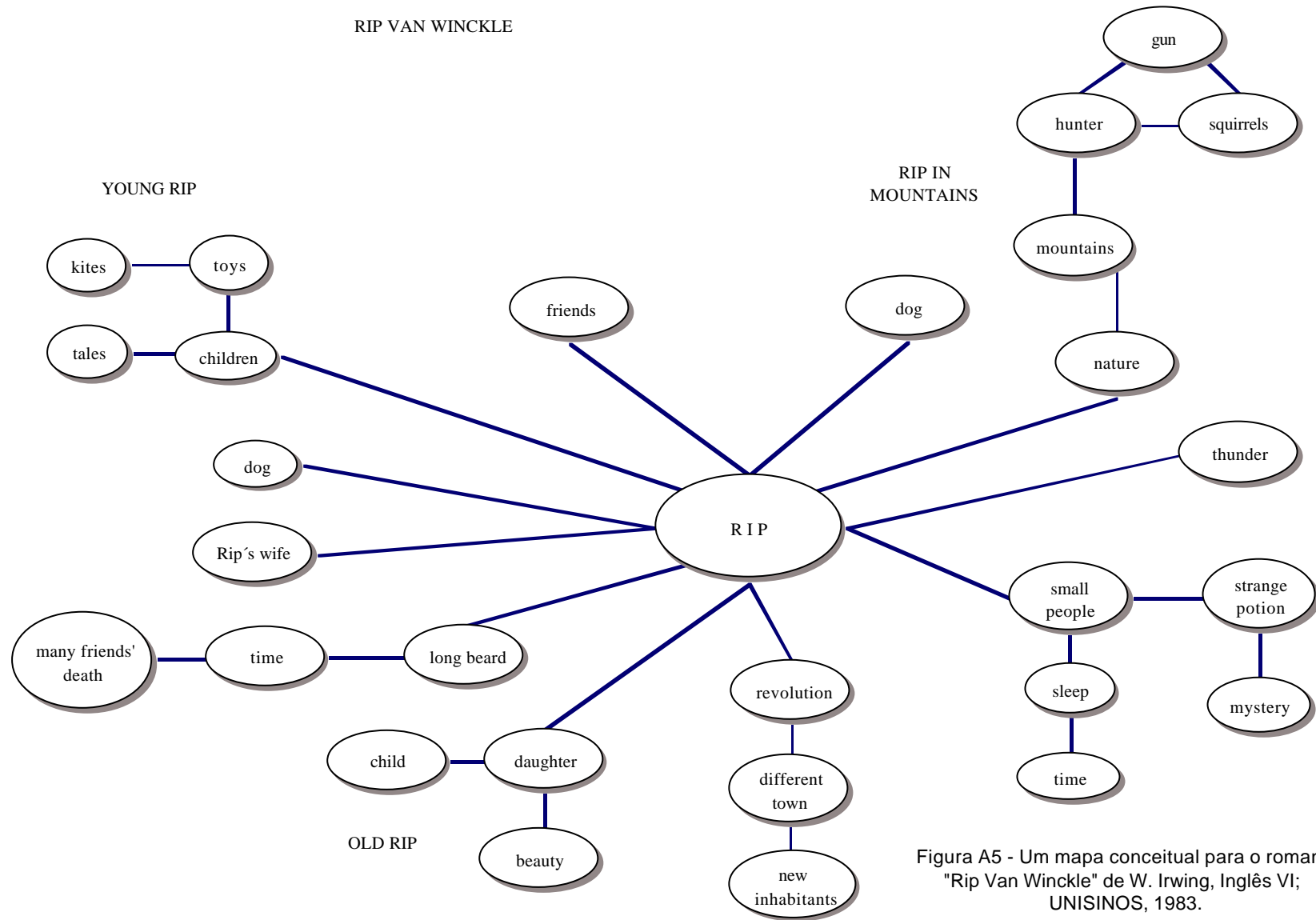


Figura A5 - Um mapa conceitual para o romance "Rip Van Winckle" de W. Irving, Inglês VI; UNISINOS, 1983.

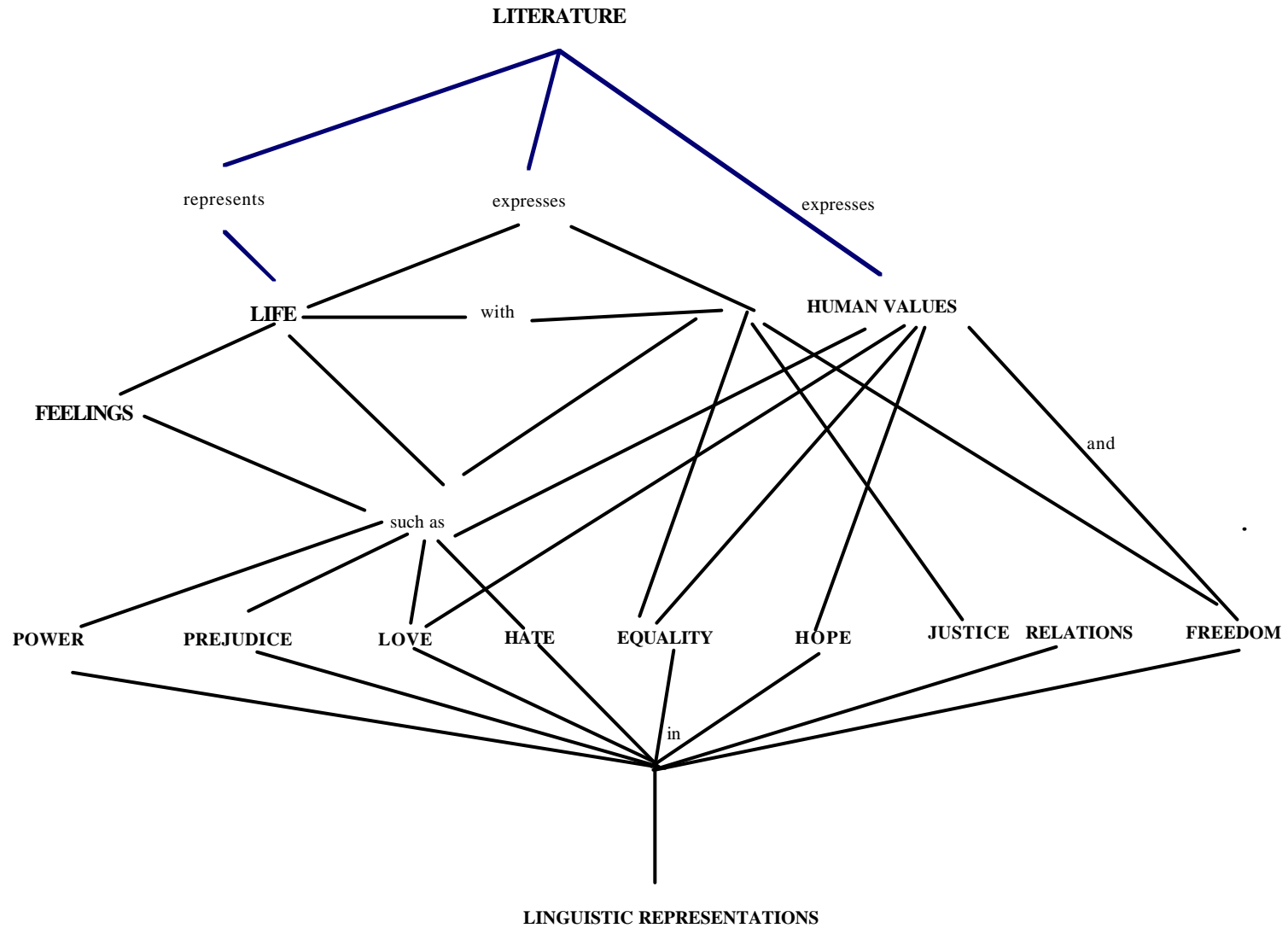


Figura A6 - Um mapa conceitual para literatura traçado por estudantes universitários de Literatura Norte-americana.

I REASON EARTH IS SHORT

I reason, earth is short,
And anguish absolute,
And many hurt;
But what of that?

I reason, we could die:
The best vitality
Cannot excel decay;
But what of that?

I reason that in heaven
Somehow, it will be even,
Some new equation given
But what of that?

Emily Dickinson

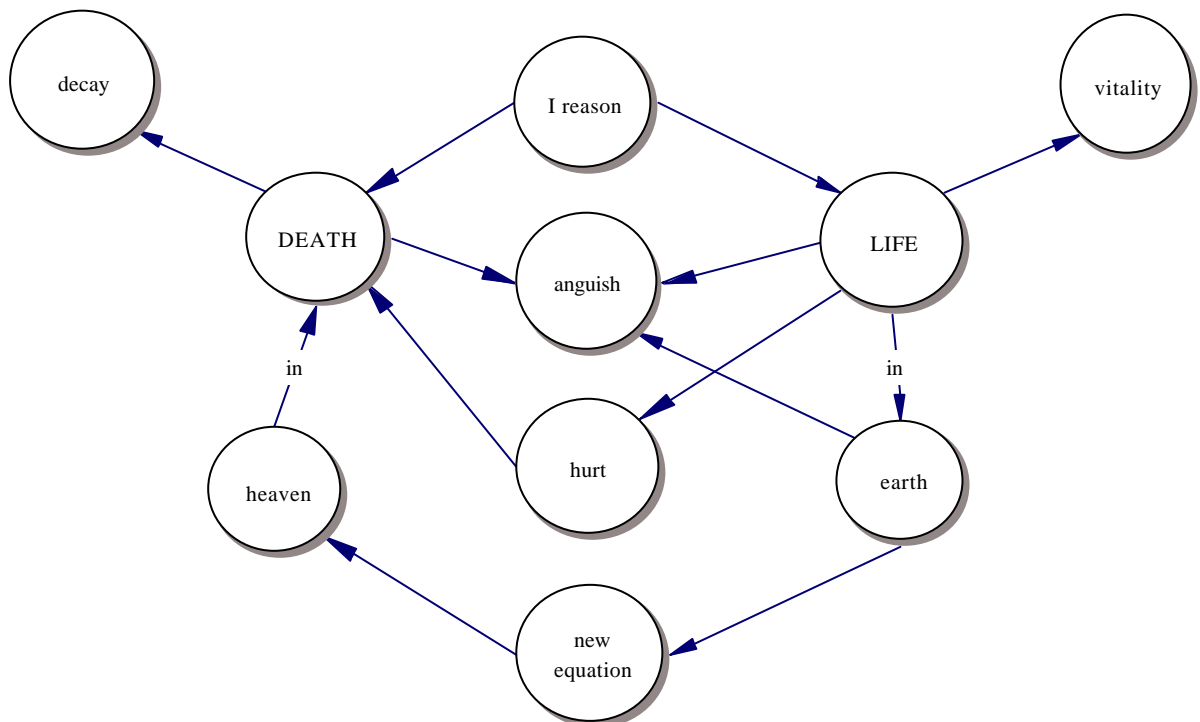


Figura A7 - Um mapa conceitual para a poesia "I Reason, Earth is Short" de Emily Dickinson, Inglês VI, UNISINOS, 198

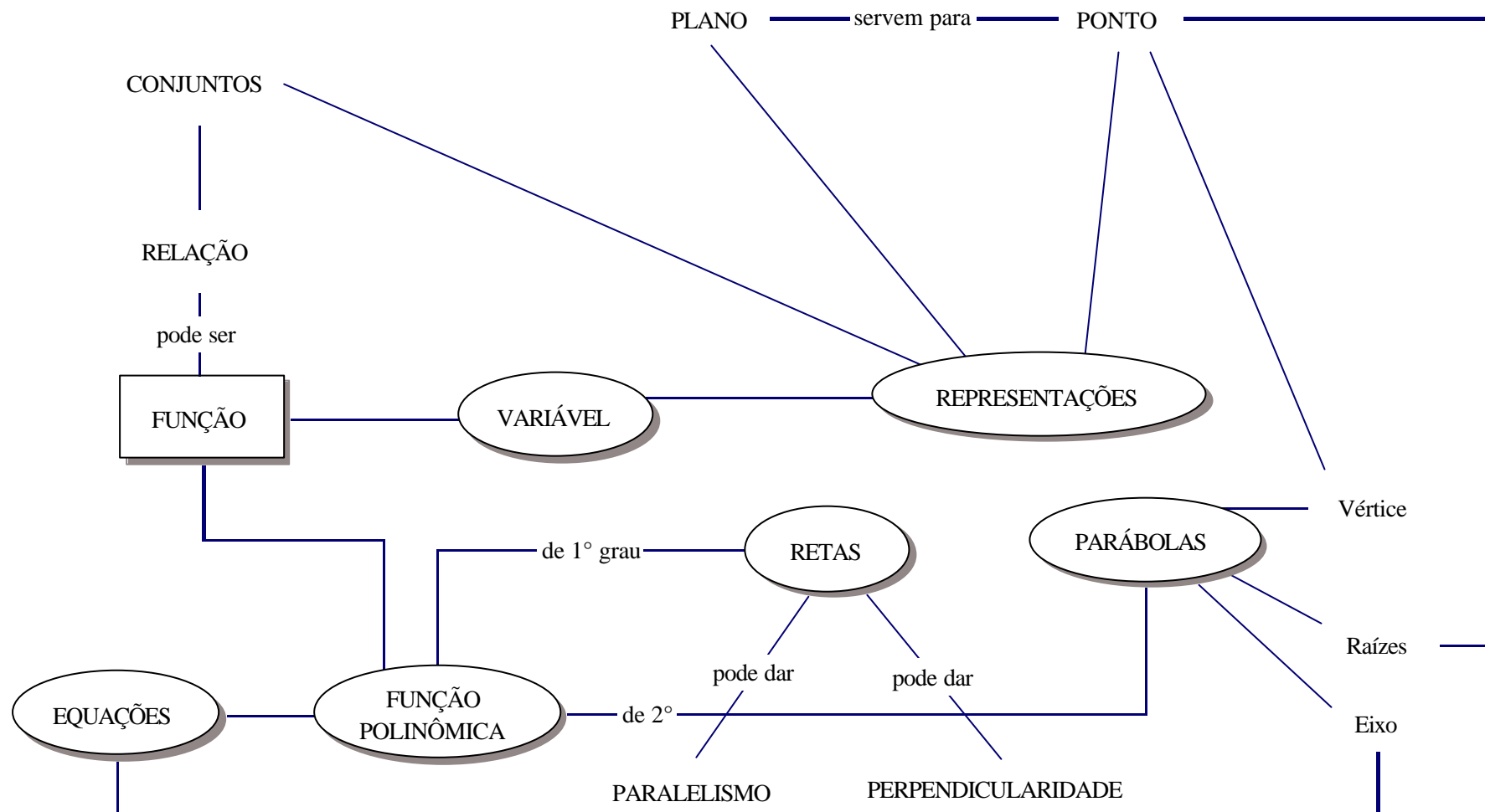


Figura A8 - Um mapa conceitual em Matemática. O mapa está centrado no conceito de função - partindo de conhecimentos prévios importantes (conjunto, relação, plano, ponto) onde sua representação também é importante. Professores Miriam Ripoll e Enrique Fanuelas. Bariloche, 1994.

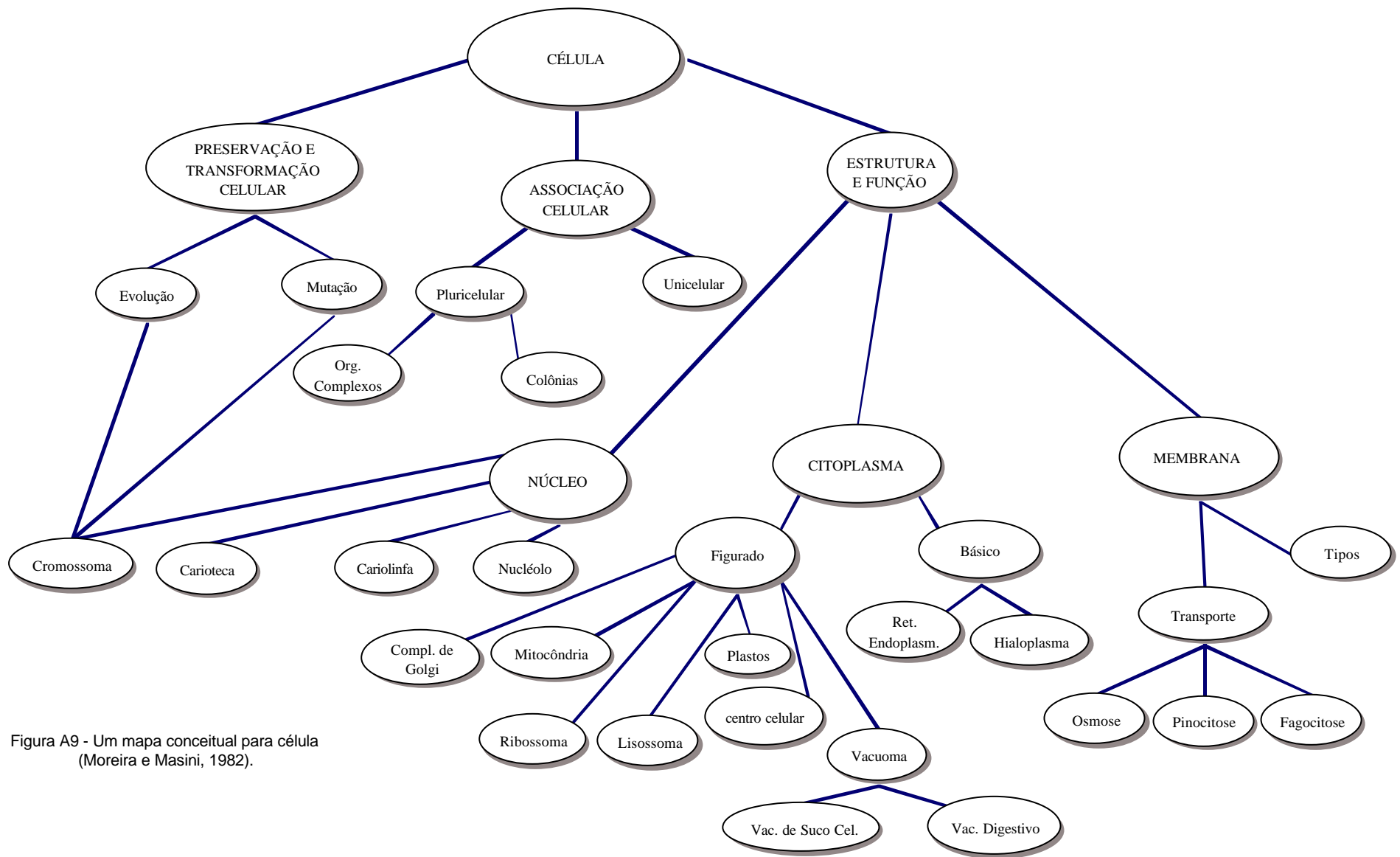


Figura A9 - Um mapa conceitual para célula (Moreira e Masini, 1982).

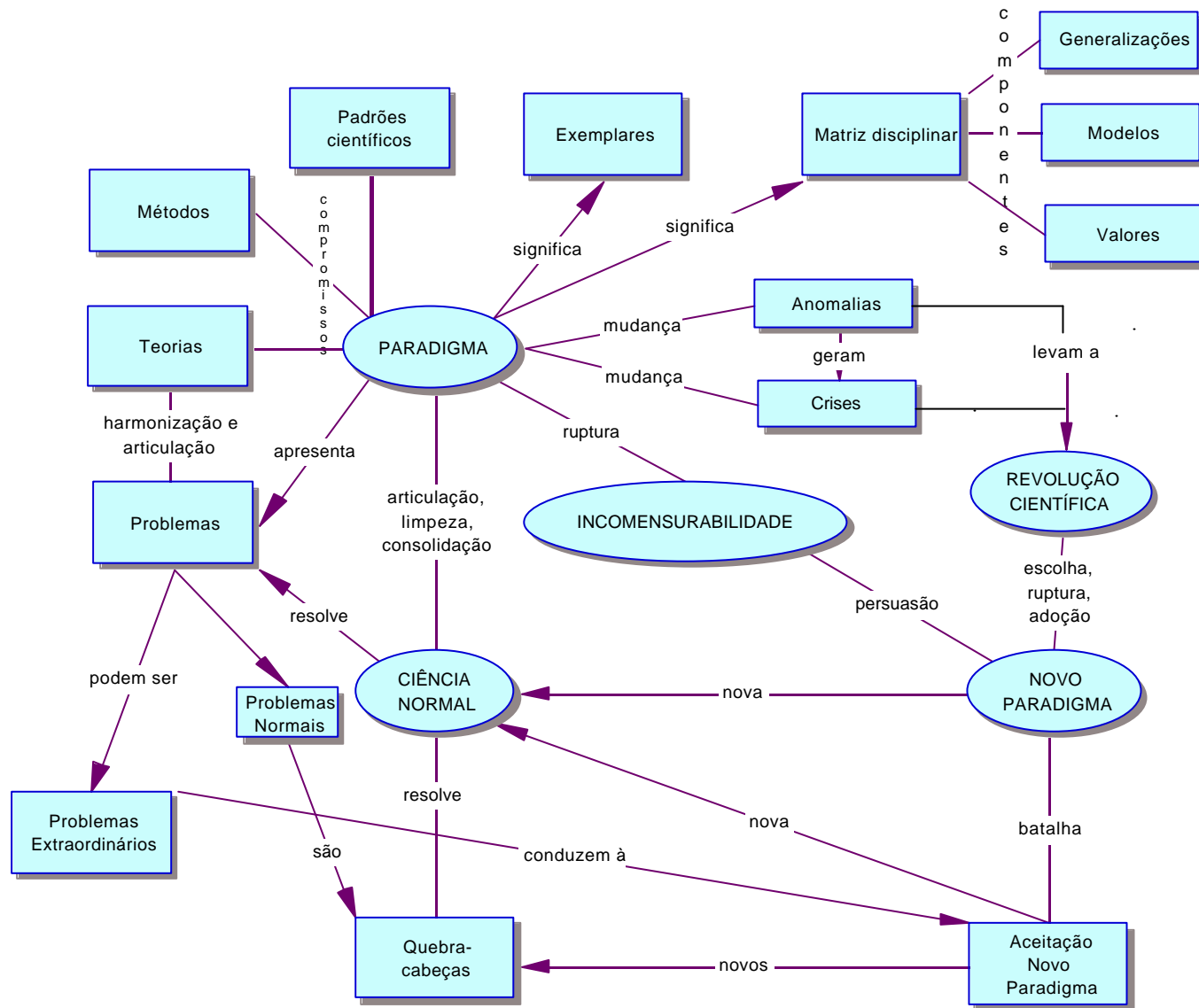


Figura A10. Um mapa conceitual para a epistemologia de Kuhn (M.A. Moreira, 2005)

APÊNDICE 2

Como construir um mapa conceitual.

1. Identifique os conceitos-chave do conteúdo que vai mapear e ponha-os em uma lista. Limite entre 6 e 10 o número de conceitos.
2. Ordene os conceitos, colocando o(s) mais geral (is), mais inclusive(s), no topo do mapa e, gradualmente, vá agregando os demais até completar o diagrama de acordo com o princípio da diferenciação progressiva.
3. Se o mapa se refere, por exemplo, a um parágrafo de um texto, o número de conceitos fica limitado pelo próprio parágrafo. Se o mapa incorpora também o seu conhecimento sobre o assunto, além do contido no texto, conceitos mais específicos podem ser incluídos no mapa.
4. Conecte os conceitos com linhas e rotule essas linhas com uma ou mais palavras-chave que explicitem a relação entre os conceitos. Os conceitos e as palavras-chave devem formar uma proposição que expresse o significado da relação.
5. Evite palavras que apenas indiquem relações triviais entre os conceitos. Busque relações horizontais e cruzadas.
6. Exemplos podem ser agregados ao mapa, embaixo dos conceitos correspondentes. Em geral, os exemplos ficam na parte inferior do mapa.
7. Geralmente, o primeiro intento de mapa tem simetria pobre e alguns conceitos ou grupos de conceitos acabam mal situados em relação a outros que estão mais relacionados.
8. Talvez neste ponto você já comece a imaginar outras maneiras de fazer o mapa. Lembre-se que não há um único modo de traçar um mapa conceitual. À medida que muda sua compreensão sobre as relações entre os conceitos, ou à medida que você aprende, seu mapa também muda. Um mapa conceitual é uma estrutura dinâmica, refletindo a compreensão de quem o faz no momento em que o faz.
9. Compartilhe seu mapa com seus colegas e examine os mapas deles. Pergunte o que significam as relações, questione a localização de certos conceitos, a inclusão de alguns que não lhe parecem importantes, a omissão de outros que você julga fundamentais. O mapa conceitual é um bom instrumento para compartilhar, trocar e "negociar" significados.
10. Setas podem ser usadas, mas não são necessárias; use-as apenas quando for muito necessário explicitar a direção de uma relação. Com muitas setas, seu mapa parecerá um fluxograma.

Pós-escrito 1⁵

M.A Moreira

O uso de mapas conceituais como recurso instrucional não é mais novidade. Trata-se de uma estratégia originalmente desenvolvida pelo Professor Joseph Novak e seus estudantes de pós-graduação, em meados dos anos setenta na Universidade de Cornell, que hoje se utiliza com alunos de qualquer idade em qualquer disciplina. (Alguns dos exemplos apresentados no texto são de 1977 e algumas das referências são também dessa época.)

Contudo, o amplo uso dos mapas conceituais que se observa atualmente trouxe consigo algumas distorções que tentarei discutir neste pós-escrito, redigido dez anos após a primeira versão do trabalho.

Mapas conceituais tipo “guarda-chuva”, como o da figura P.S.1 (que segue o modelo da figura 1 e está bem ilustrado nas figuras 2, 4, 5 e outras), são muito parecidos com quadros-sinóticos de conceitos. Quadros-sinóticos são úteis para uma vista conjunta de um todo e suas partes com fins instrucionais, mas é difícil considerá-los uma inovação didática ou uma estratégia metacognitiva como pretende-se que sejam os mapas conceituais.

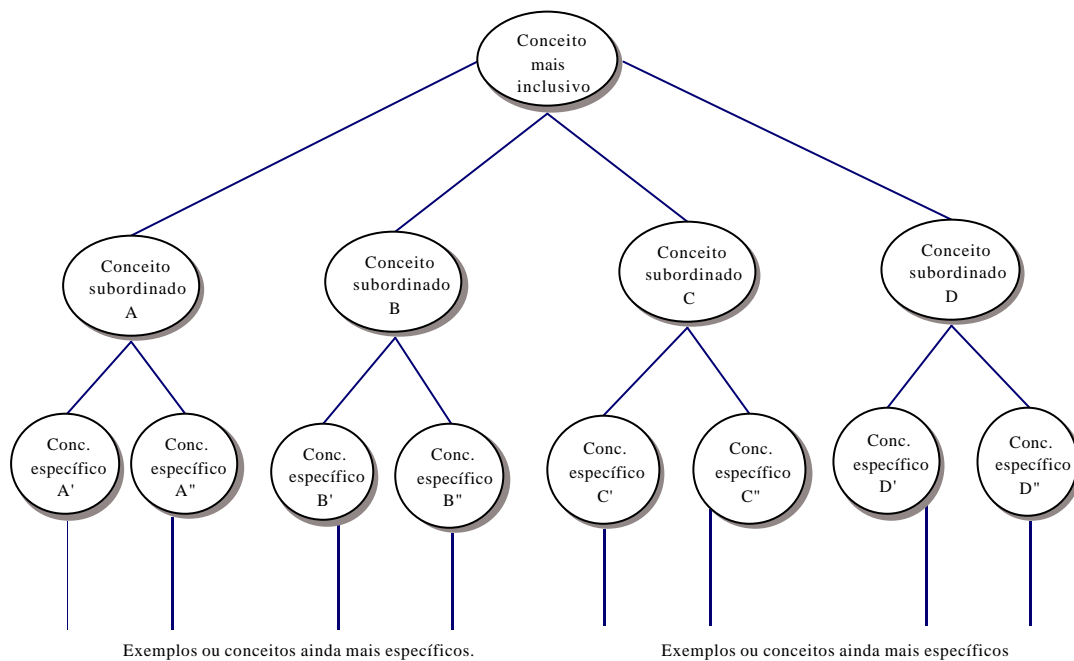


Figura P.S.1 Uma visão esquemática de mapa conceitual como quadro-sinótico.

⁵ Apêndice 3 do artigo "Mapas Conceituais no Ensino da Física", Textos de Apoio ao Professor de Física, No. 3, Grupo de Ensino, Instituto de Física da UFRGS, 1992.

Esse tipo de mapa conceitual é muito comum. É também usual encontrar professores dizendo que já usavam mapas conceituais muito antes de terem ouvido falar neles. Na verdade, o que eles utilizavam eram quadros-sinóticos e esse conhecimento prévio serviu de idéia-âncora (subsunçor) para dar significado ao conceito de mapa conceitual, de tal maneira que o interpretaram apenas como um novo tipo de quadro-sinótico (um caso de aprendizagem significativa subordinada derivativa !).

Já fiz muitos desses mapas e incluí vários deles neste trabalho, mas hoje sou crítico desse modelo na medida em que tais mapas são confundidos com simples quadros-sinóticos classificatórios. Mapas conceituais não são quadros-sinóticos. Em um mapa conceitual não se busca apresentar em um diagrama as "partes" de um conceito. (Conceitos têm significados, não partes.) Também não se trata de classificar conceitos. Se trata, isso sim, de identificar os conceitos-chave de um certo conhecimento, de organizá-los em um diagrama com algum tipo de hierarquia (quer dizer, diferenciando, de alguma maneira, entre conceitos subordinados, superordenados, inclusivos, específicos, exemplos) e de relacioná-los explicitamente (através de linhas conectando conceitos e de palavras-chave sobre tais linhas dando significado às relações).

Além disso, mapas conceituais tipo quadro-sinótico tendem a enfatizar apenas relações (geralmente pobres) de subordinação, omitindo importantes relações horizontais e outras relações cruzadas que são cruciais para a reconciliação integrativa e para a aprendizagem significativa superordenada. As relações conceituais e a estrutura conceitual de um certo corpo de conhecimento são muito mais complexas do que o que se pode obter através de um mapa conceitual, em particular do tipo quadro-sinótico.

Outra interpretação errônea acerca dos mapas conceituais é pensá-los ou construí-los como diagramas de fluxo. Muita gente utiliza várias setas em seus mapas conceituais, de tal modo que se possa "ler" cada ramificação que aparece no mapa.

Por exemplo, em um mapa conceitual do tipo "guarda-chuva", não seria raro encontrar uma ramificação como a sugerida na figura P.S.2.

Ora, será preciso um mapa conceitual para expressar esta seqüência proposicional de conceitos? Certamente não! Uma perda de tempo!

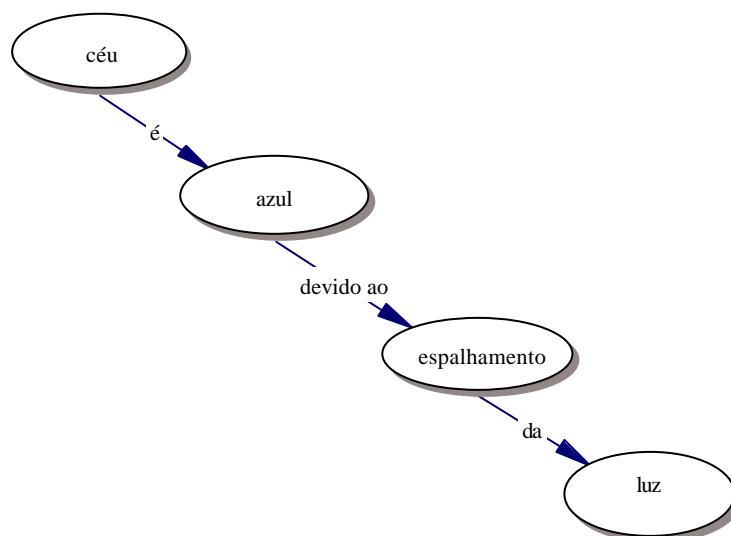


Figura P.S.2 Uma ramificação fictícia de um mapa conceitual tipo diagrama de fluxo.

Ao fazer um mapa conceitual de um artigo de pesquisa, por exemplo, muitas pessoas tentam traçá-lo de tal maneira que o artigo possa ser "lido" através do mapa. Ou seja, o mapa parece uma visão esquemática do trabalho, cheia de direções preferenciais indicadas por meio de setas. Isso é uma distorção da idéia de mapa conceitual e um desperdício de seu potencial para facilitar a aprendizagem significativa. Mapas conceituais são úteis para desvelar a estrutura conceitual do artigo que, geralmente, está implícita, subjacente, subentendida, e que não tem nada a ver com um diagrama de fluxo: conceitos não são passos em uma seqüência de operações. O mapa conceitual de um artigo, ou de outro texto qualquer, não é uma leitura, uma estilização, ou uma compactação do artigo ou texto em um diagrama de fluxo. É unicamente um diagrama dos principais conceitos embebidos no trabalho e das relações entre eles. "Materiais e métodos", "resultados", "hipóteses" não aparecem no mapa conceitual de uma pesquisa.

Mapas conceituais também não são organogramas conceituais. Conceitos em uma estrutura não têm posições bem definidas e suas relações não são de poder. As hierarquias de conceitos são contextuais: um conceito-chave em uma hierarquia pode ser secundário em outra.

Além destas confusões com quadros-sinóticos, diagramas de fluxo e organogramas, outra crítica que tenho aos mapas conceituais, tal como comumente utilizados por professores e alunos, se refere às palavras-chave, ou palavras de enlace, que devem ser colocadas sobre as linhas a fim de explicitar as relações.

Não é fácil achar uma palavra-chave que expresse uma relação significativa entre dois conceitos. Então, a tendência é cair no uso de verbos e proposições que, na melhor das hipóteses, sugerem relações muito pobres e jogam fora a grande potencialidade oferecida aí para uma negociação de significados. Palavras como "é", "são", "pode ser", "pertence", "depende", "tem", "ou", "de", "da" aparecem freqüentemente em mapas conceituais, mas, a rigor, não dizem nada sobre as relações entre os conceitos. Por exemplo, o verbo "é" poderia ser usado como palavra-chave (ou palavra de enlace ou, ainda, conectivo) em um mapa conceitual para ligar os conceitos "céu" e "azul", formando a proposição "céu é azul" que não diria nada sobre a relação entre o céu e sua coloração azulada.

No começo, as linhas que apareciam nos mapas conceituais não eram rotuladas. Muitos dos exemplos dados neste trabalho não têm nada escrito sobre as linhas. Posteriormente, introduziu-se a rotulação das linhas com palavras-chave a fim de aumentar a potencialidade instrucional dos mapas. Foi uma evolução, mas muitos dos usuários não exploram essa potencialidade e ficam satisfeitos com relações triviais expressas através de conectivos muito pobres.

A título de conclusão destes comentários, vou listar algumas perguntas, que geralmente são feitas em "workshops" ou palestras sobre mapas conceituais, e dar minhas respostas.

O mapa tem que ser hierárquico ? É necessário seguir o modelo ausubeliano?

Pode-se, ou deve-se, usar setas ?

Pode-se usar equações ao invés de palavras-chave ?

Pode-se incluir processos nos mapas ?

Creio que os conceitos incluídos em mapa conceitual devem estar hierarquizados de alguma maneira. É preciso evidenciar, de algum modo, quais são os conceitos subordinados,

os superordenados (ou sobreordenados), os inclusivos, os específicos, os mais relacionados, os frouxamente vinculados. O modelo ausubeliano faz essa hierarquização de maneira clara, até mesmo rígida, mas tem o problema de sugerir quadro-sinótico ou organograma.

A questão das setas já foi abordada. Claro que podem ser usadas. O problema é que elas tendem a dar direcionalidade ao mapa conceitual e, conseqüentemente, lembrar diagrama de fluxo.

Não é recomendável usar equações em substituição às palavras-chave (conectivos) porque podem mascarar o desconhecimento da relação entre os conceitos. Um aluno, por exemplo, pode usar uma fórmula matemática como conexão entre dois conceitos simplesmente porque os dois aparecem nessa fórmula e não ter a menor idéia sobre uma relação mais significativa entre eles.

Processos, em princípio, não devem ser incluídos, uma vez que o mapa é de conceitos e somente conceitos.

Neste pós-escrito tentei fazer uma (auto)crítica ao mau uso dos mapas conceituais. Sem defender regras rígidas e proibições na confecção de mapas conceituais, minhas críticas resultam na seguinte mensagem ao usuário de mapas conceituais:

Veja o mapa conceitual com outros olhos, imagine-o como uma coisa nova. Desprenda-se das idéias de quadro-sinótico, diagrama de fluxo e organograma. Hierarquize os conceitos de uma maneira que faça sentido contextualmente. Não se conforme com relações pobres, apenas de cima para baixo e com conectivos triviais. Faça um esforço para encontrar palavras-chave que dêem significados não triviais para as relações conceituais. Busque relações cruzadas.

Pós-escrito 2

Mapas conceituais e outros tipos de diagramas

Mapas conceituais estão se popularizando como recurso instrucional. Cada vez mais se fala em mapas conceituais na sala de aula. Com isso, eles são frequentemente confundidos com outros tipos de diagramas e com quaisquer esquemas conceituais.

Neste segundo pós-escrito, inicialmente reafirmarei que neste trabalho sobre mapas conceituais sempre procurei entendê-los como *diagramas de conceitos, apenas conceitos e relações entre conceitos, com algum tipo de hierarquia entre eles. Nesses diagramas os conceitos aparecem sempre representados por palavras-conceito ("nomes" dos conceitos) geralmente circunscritas por alguma figura geométrica (elipses, retângulos, por exemplo) que nada significa. As relações são expressas por linhas (de forma arbitrária) conectando as palavras-conceito. Sobre essas linhas, escrevem-se outras palavras que funcionam como conectivos, de modo que os dois conceitos mais o conectivo sugiram uma proposição (não uma frase completa) que dê uma idéia da relação entre eles.*

Qualquer diagrama que não corresponda a esta descrição não é, em princípio, um mapa conceitual. Mas eu mesmo fiz vários mapas em desacordo com tal descrição. Por isso, procurarei aqui diferenciá-los explicitamente de outros diagramas que possam ser confundidos com mapas conceituais.

Quadros sinópticos: em geral são quadros classificatórios, organizacionais, bidimensionais estruturados em colunas e filas, devidamente rotulados, formando células a serem preenchidas com distintos tipos de informação, tal como indicado na Figura PS2.1

Área \ Nível	Estática	Cinemática	Dinâmica
Conceitos mais estruturantes			
Conceitos intermediários			
Conceitos mais específicos			

Figura PS2.1 – Um hipotético quadro sinóptico classificando conceitos de três áreas da Física em termos de sua importância na Mecânica.

Na prática, esse "mapa conceitual" poderia aparecer como o mostrado na Figura PS2.1'

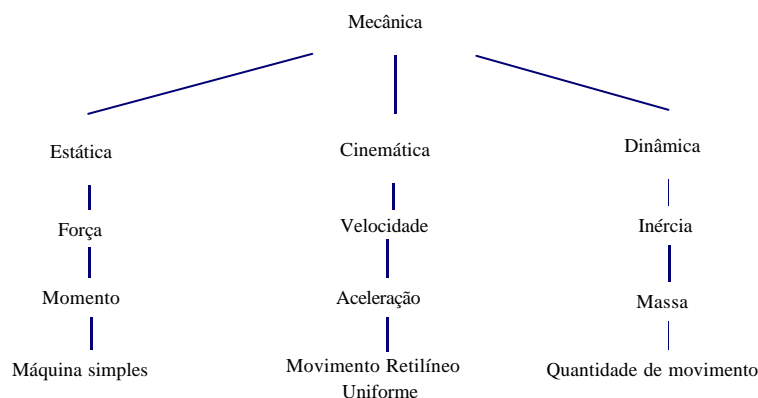


Figura PS2.1' – Um "mapa conceitual" tipo quadro sinóptico.

Diagramas de chaves: são diagramas classificatórios, do tipo sugerido na Figura PS2.2, que privilegiam relações de inclusão.

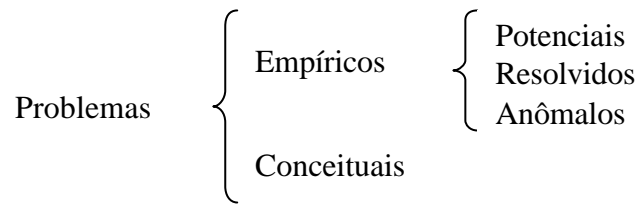


Figura PS2.2 Um diagrama de chaves para a taxonomia de problemas da epistemologia de Larry Laudan⁶.

Um "mapa conceitual" tipo diagrama de chaves apresentar-se-ia, na prática, como o ilustrado na Figura PS2.2'

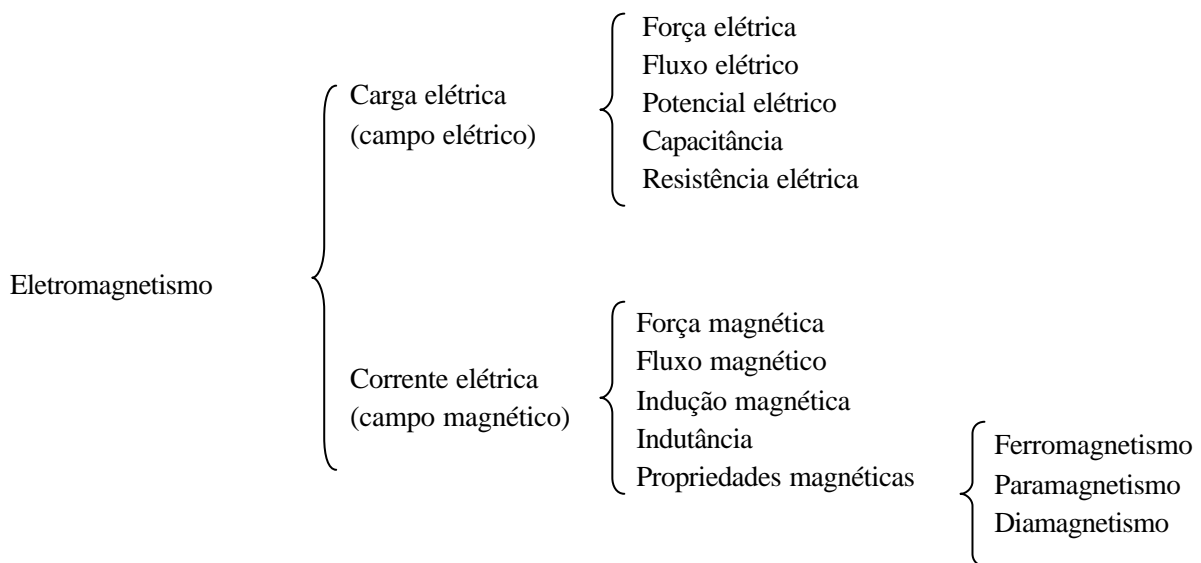


Figura PS2.2' – Um "mapa conceitual" tipo diagrama de chaves, feito por um estudante em uma disciplina de Física Geral.

⁶ Laudan, L. (1984). *Science and values*. Berkeley University Press.

Diagramas de árvore: são também diagramas que privilegiam relações de inclusão, porém em uma estrutura arbórea como a exemplificada na Figura PS2.3.

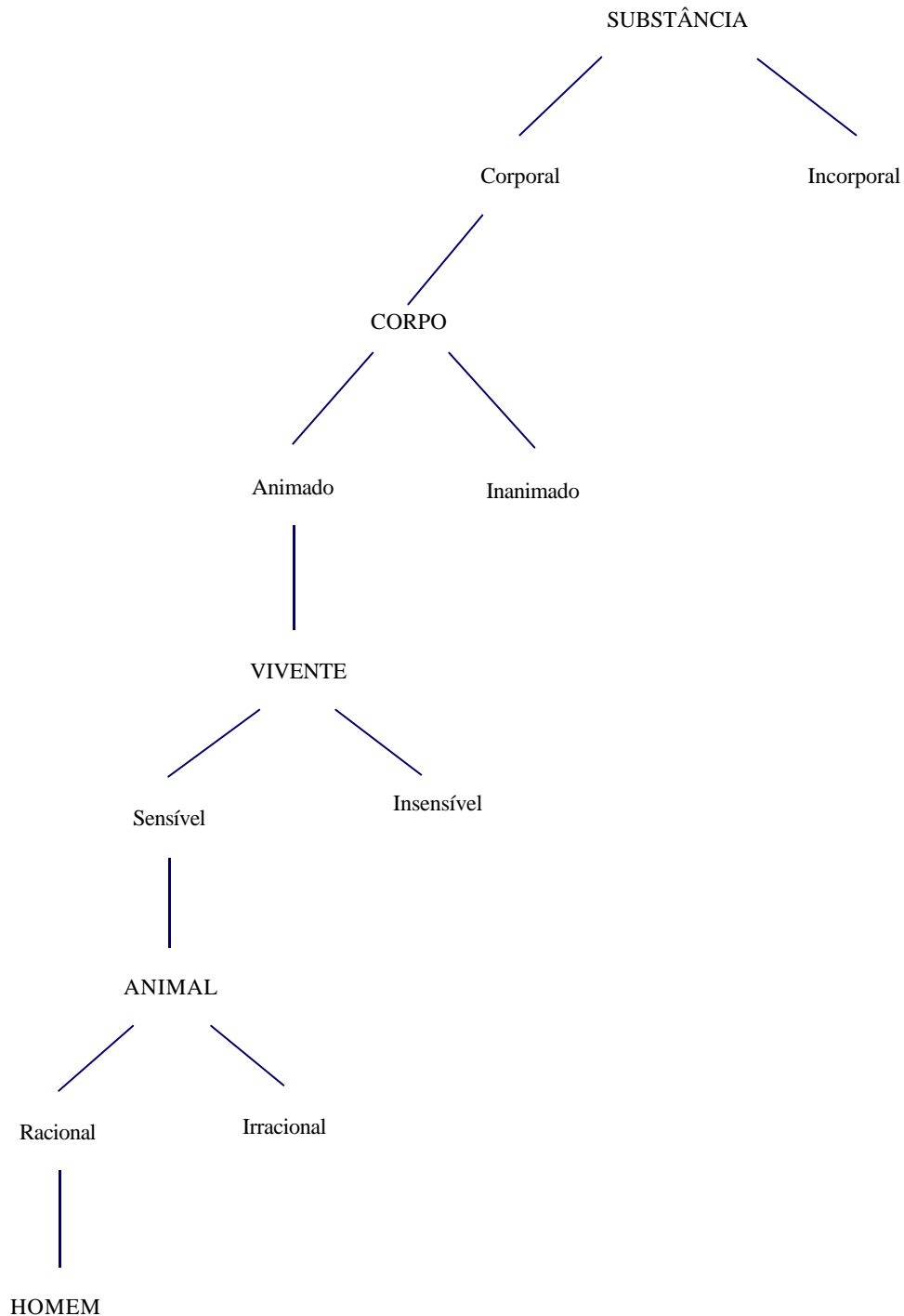


Figura PS2.3 Diagrama de árvore feito pelo filósofo grego Porfírio (232-305 d.C) destinado a ilustrar a subordinação dos conceitos a partir do mais geral, que é o de substância, até chegar ao conceito de homem, o de menor extensão, mas o de maior compreensão⁷.

⁷ Japiassú, H. e Marcondes, D. (2001). (3ª Ed.) *Dicionário Básico de Filosofia*. Rio de Janeiro, Zahar.

A Figura PS2.3' ilustra um "mapa conceitual" do tipo diagrama em árvore, em Física.

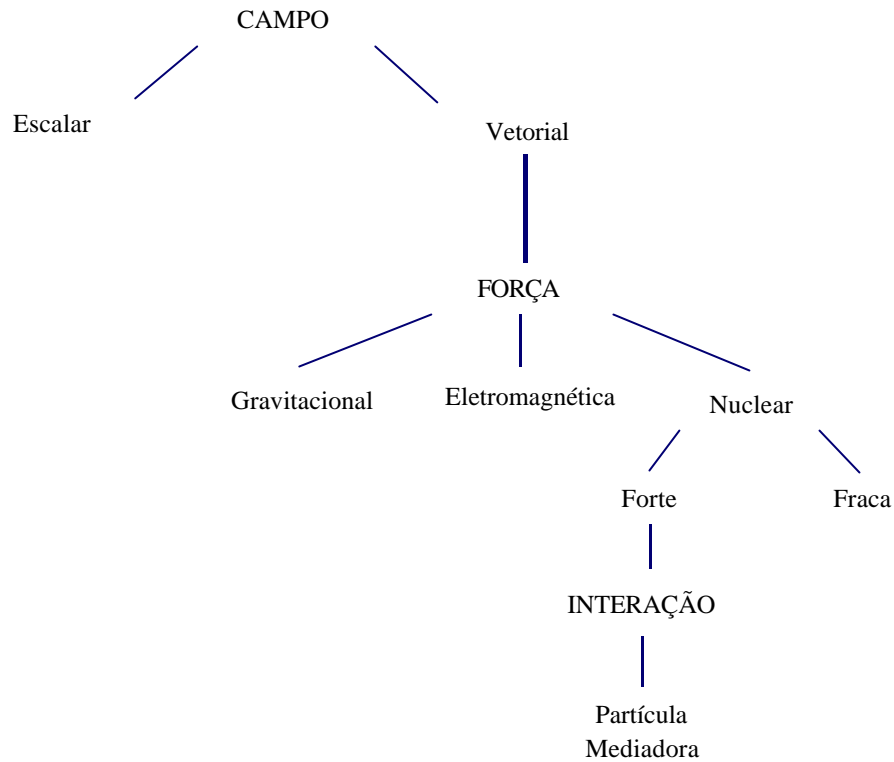


Figura PS2.3' – Um exemplo de "mapa conceitual" tipo diagrama de árvore. Campo seria o conceito mais geral e partícula mediadora o mais específico.

Organogramas: são diagramas organizacionais que refletem hierarquias de poder em uma empresa, uma instituição, um país, como sugere a Figura PS2.4

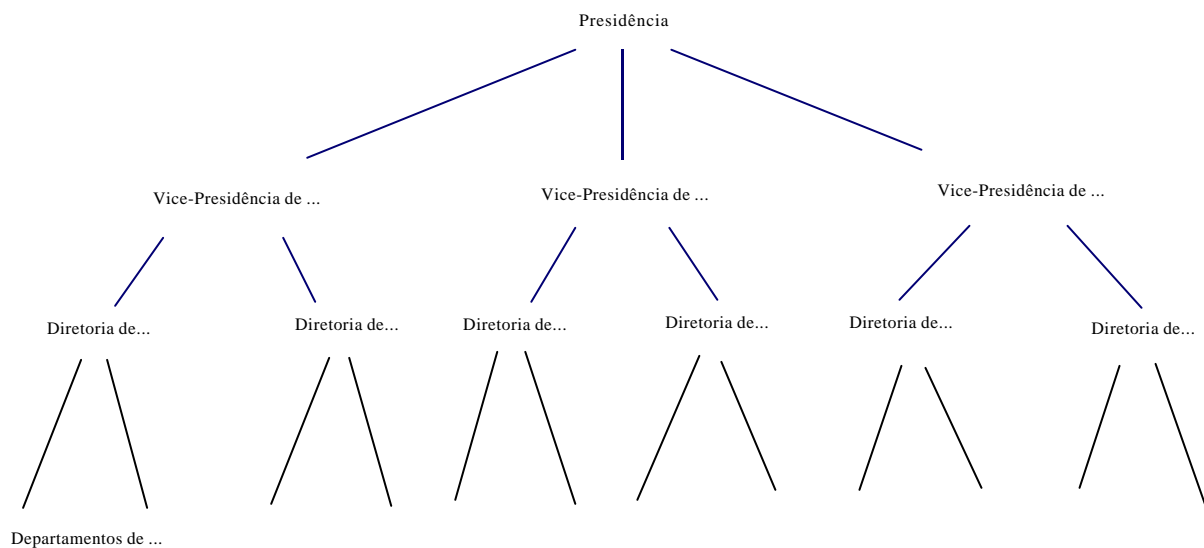


Figura PS2.4 Um organograma hipotético. As relações são de inclusão, mas refletem uma estrutura hierárquica de poder em uma organização.

É bem verdade que muitos mapas conceituais são, na prática, organogramas conceituais, como sugerido na figura PS2.5, com a diferença que a hierarquia é determinada pelo nível de generalidade. Podem ser úteis em determinada situação de ensino, mas, por privilegiarem apenas relações subordinadas de inclusão, ficam muito a dever a outros tipos de mapas conceituais que destacam de outra maneira as relações entre conceitos. Além disso, mapas desse tipo dificilmente podem ser considerados inovadores.

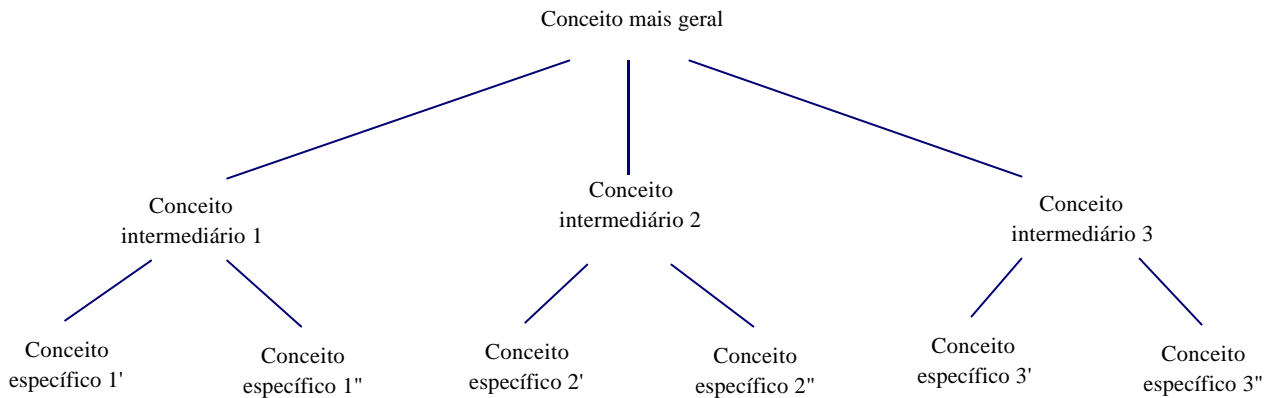


Figura PS2.5 – Exemplo hipotético de organograma conceitual. As relações são de inclusão por nível de generalidade.

A Figura PS2.5' ilustra um "mapa conceitual" tipo organograma, na área da Física.

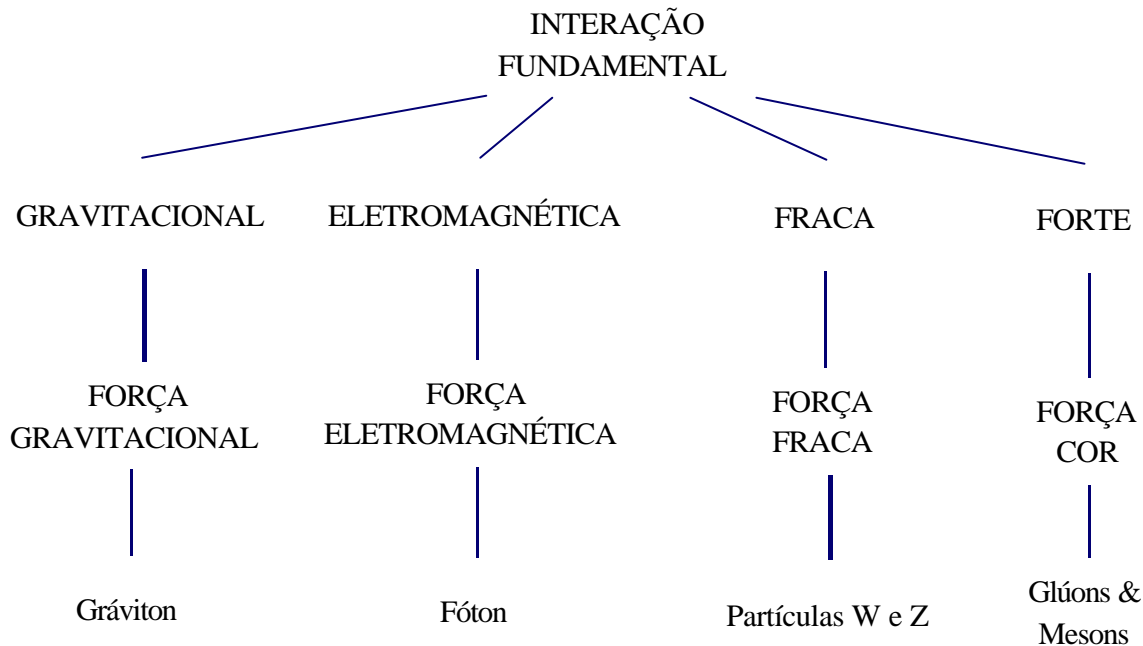


Figura PS2.5' – Um "mapa conceitual" tipo organograma; o conceito mais importante estaria no tópo.

Fluxogramas: representações gráficas do processo que segue a informação em um programa; habitualmente utilizados em informática na fase de desenvolvimento de aplicativos.

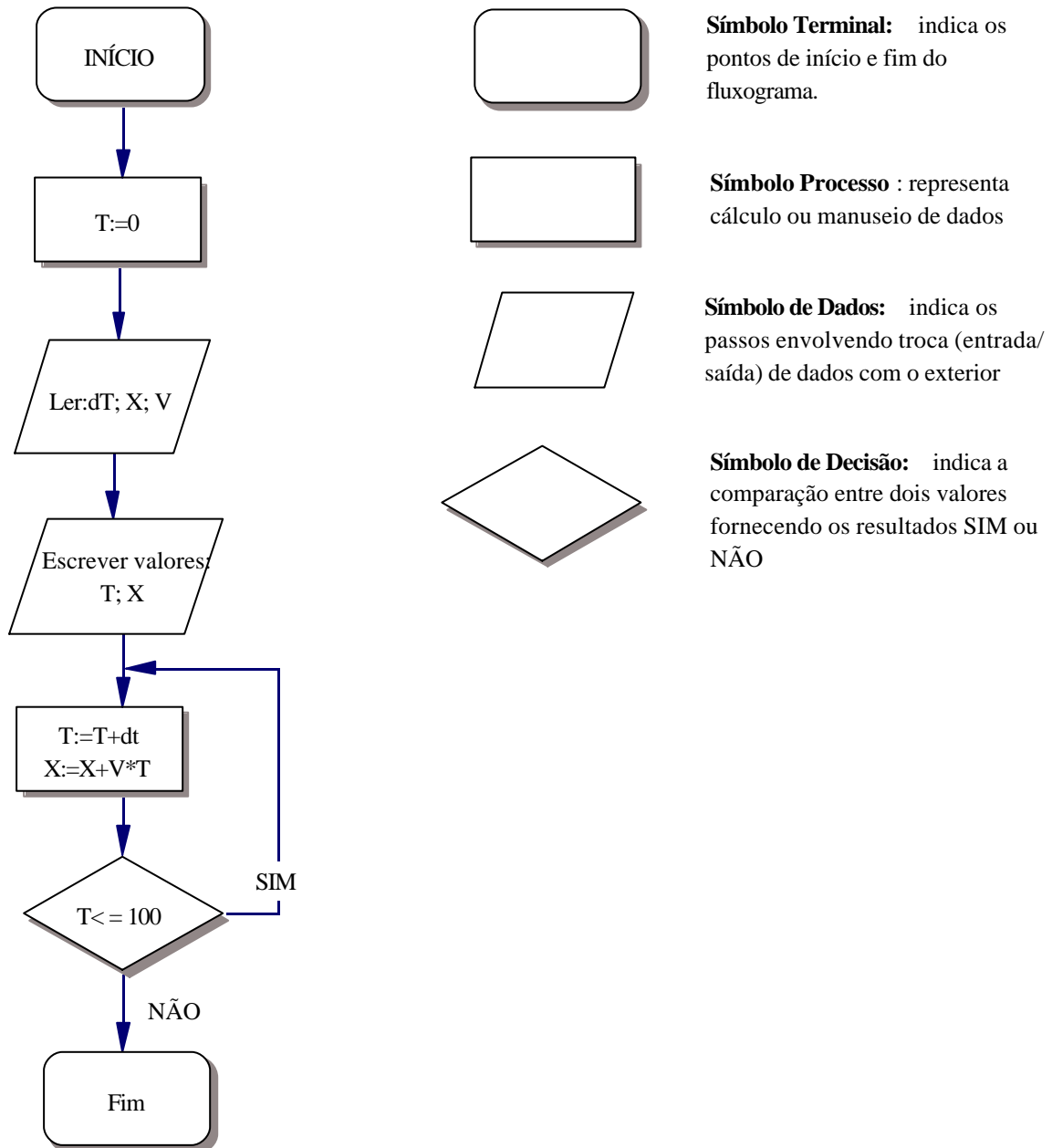


Figura PS2.6 – Um exemplo de fluxograma, ou diagrama de fluxo; caracteriza-se por uma seqüência de fases com início, fim e pontos de tomada de decisões.

A Figura PS2.6' apresenta um hipotético "mapa conceitual" tipo diagrama de fluxo, na psicologia do comportamento.

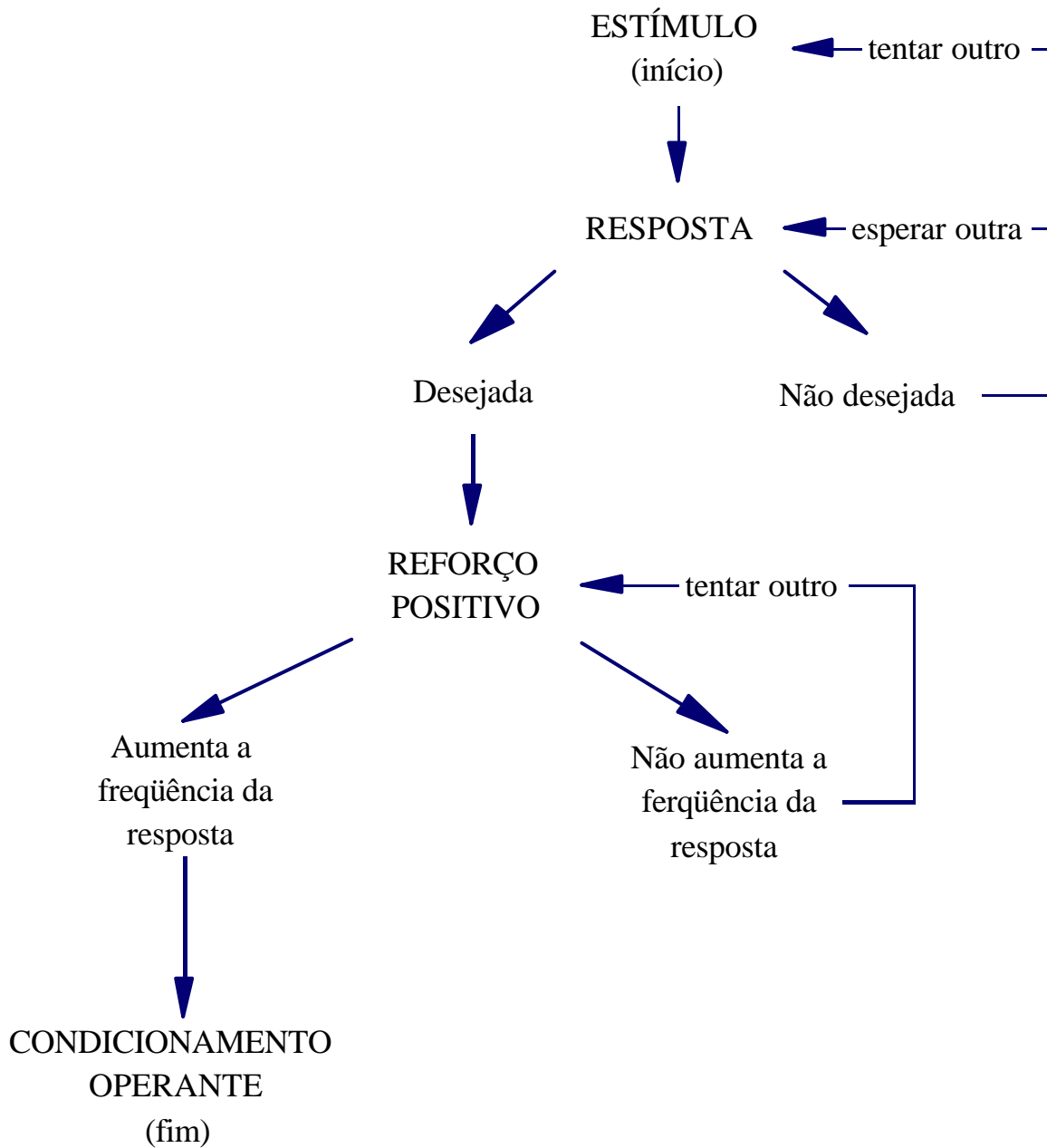


Figura PS2.6' – Um "mapa conceitual" tipo diagrama de fluxo para o condicionamento operante.

Redes semânticas: são representações de conhecimento, usadas em ciência cognitiva, que contêm nodos *rotulados* que correspondem a objetos, conceitos ou eventos e ligações que são *rotuladas e dirigidas*⁸, tal como mostrado na figura PS2.7.

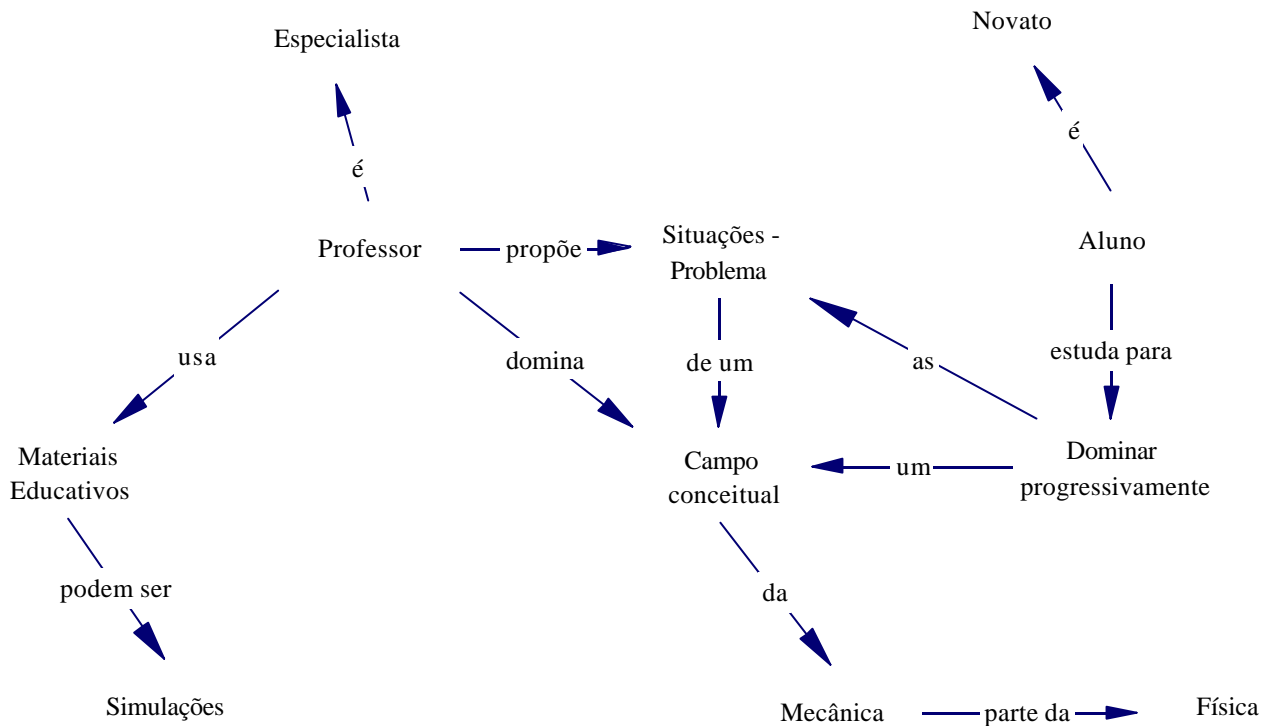


Figura PS2.7 Um exemplo de rede semântica para um evento educativo.

A Figura PS2.7' sugere um "mapa conceitual" para campo eletromagnético tipo rede semântica.

⁸ Markman, A.B. (1999). *Knowledge representation*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Publishers.

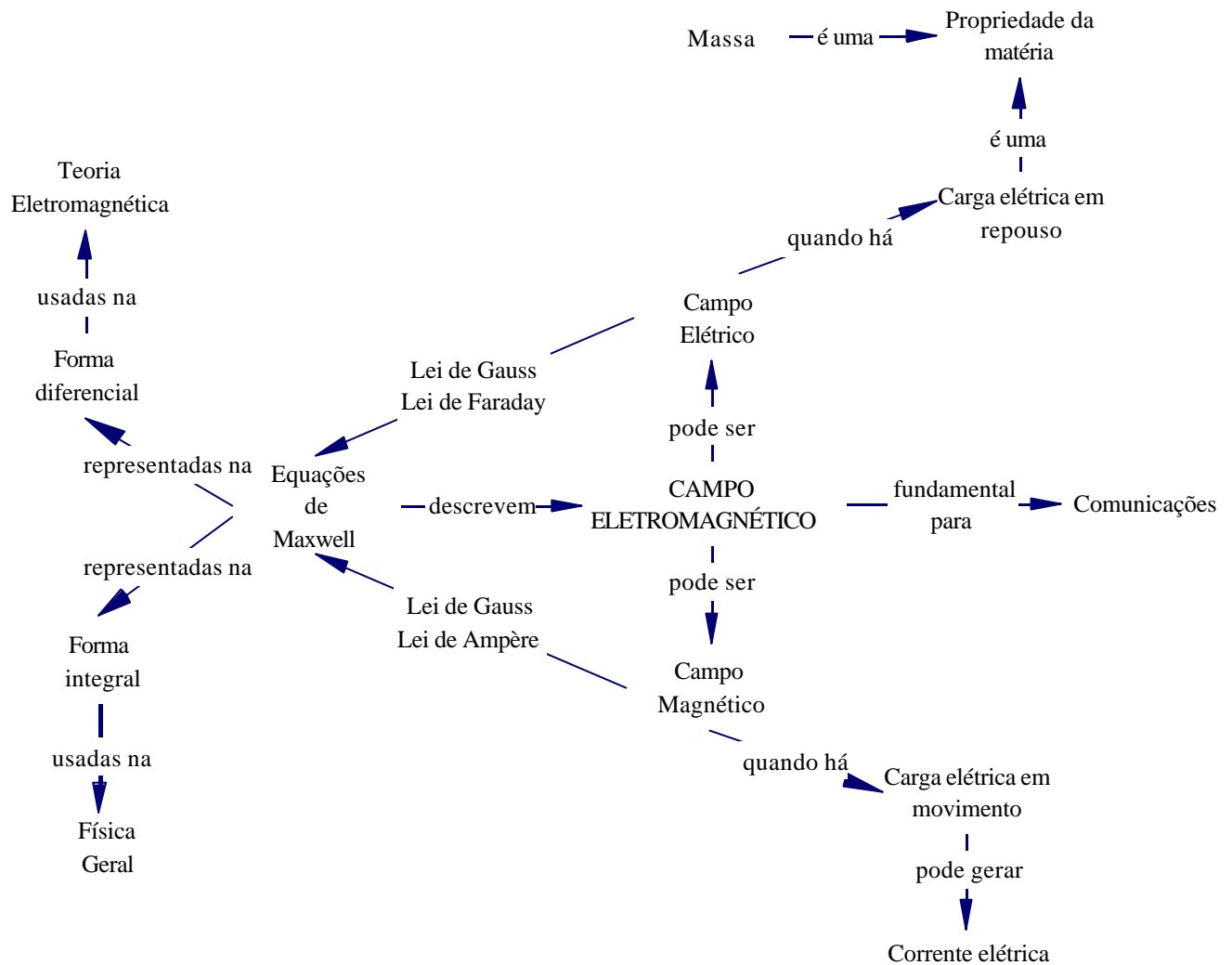


Figura PS2.7' – Um hipotético "mapa conceitual" tipo rede semântica, a partir do conceito de campo eletromagnético.

Mapas mentais⁹: são associações livres de palavras, imagens, cores, números, enfim, tudo o que vier à mente do sujeito a partir de um estímulo inicial. Qualquer mapa mental é potencialmente infinito. A mente humana é capaz de associar qualquer coisa com qualquer outra coisa. É essa capacidade que se reflete nos mapas mentais. A Figura PS2.8 mostra um mapa mental na área da literatura, enquanto que a Figura PS2.8' apresenta um hipotético "mapa conceitual" tipo mapa mental, também para campo eletromagnético.

M.A. Moreira
Junho de 2006

⁹ Buzan, T. & Buzan, B. (1994). The mind map book: how to use radiant thinking to maximize your brain's untapped potential. New York: Dutton, A division of Penguin Books. 320 p.

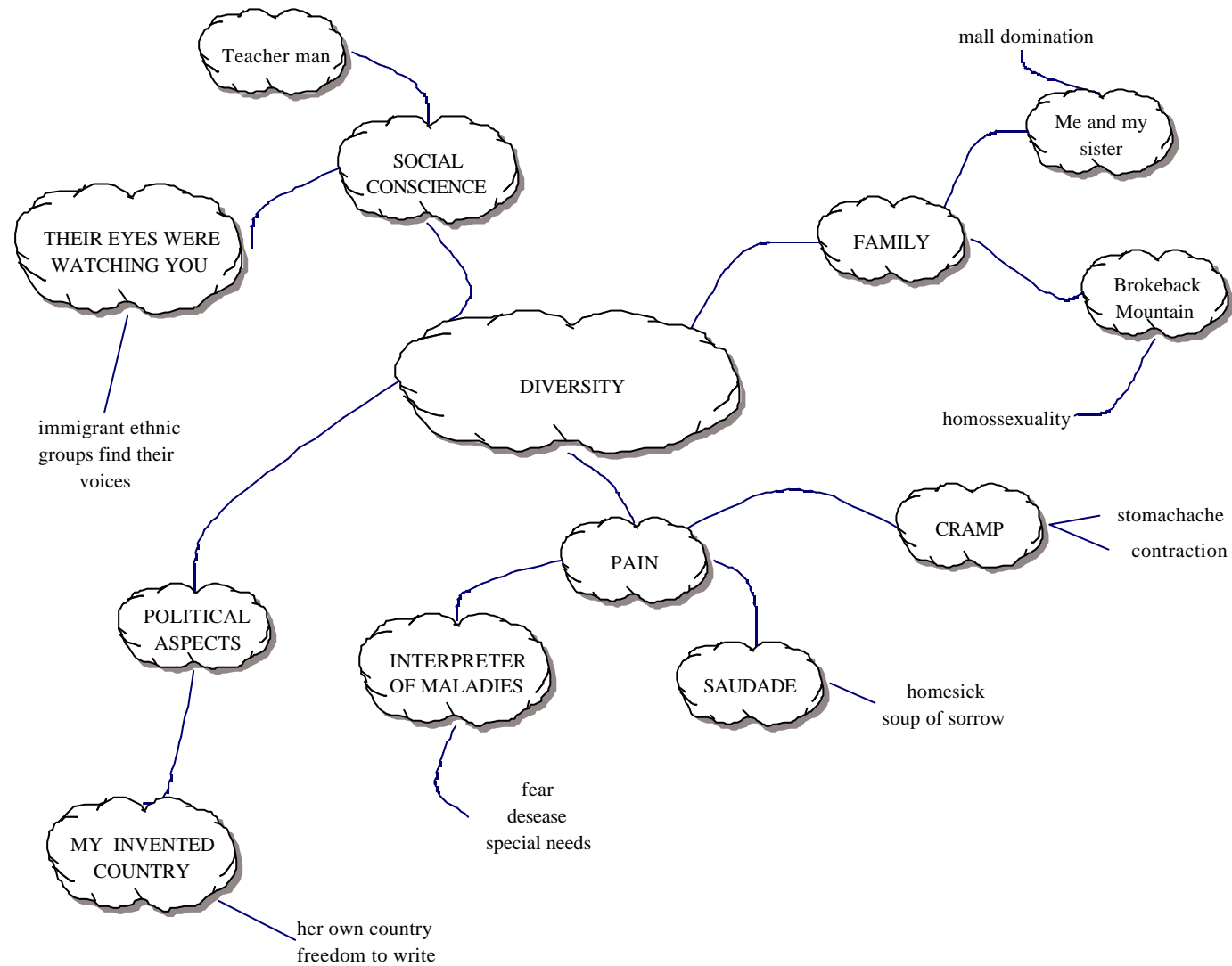


Figura PS2.8 Um exemplo de mapa mental traçado por um estudante universitário de literatura. A partir do conceito de diversidade foram feitas associações com obras lidas (Teacher Man; Brokeback Mountain; Interpreter of Maladies; My Invented Country;...) e a partir delas novas associações.

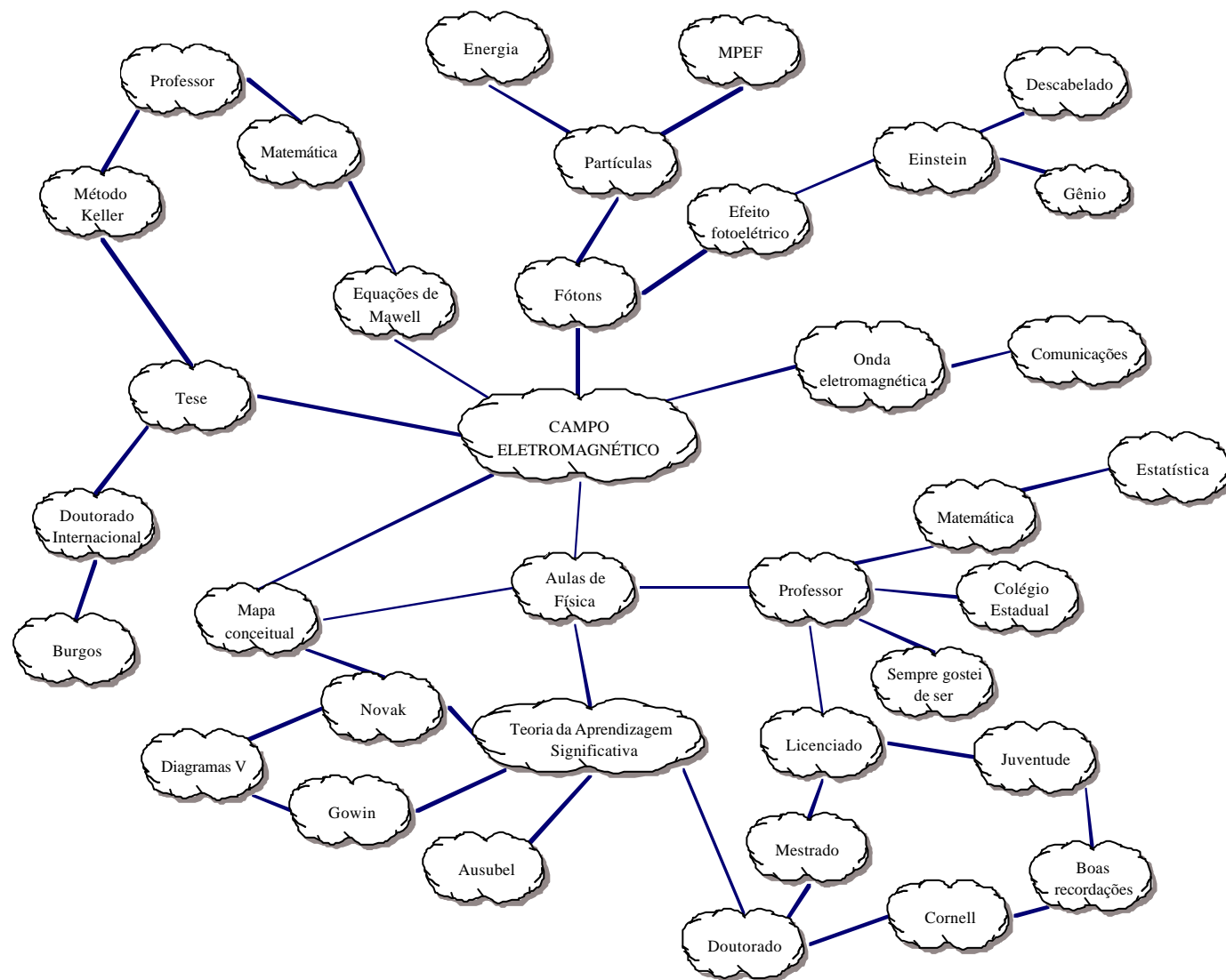


Figura PS2.8' – Um possível mapa mental a partir do conceito de campo eletromagnético.

Diagramas V

DIAGRAMAS V¹⁰**(V diagrams)****Marco Antonio Moreira**

Instituto de Física da UFRGS
Caixa Postal 15051, Campus do Vale
91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil
www.if.ufrgs.br/~moreira

Resumo

Um dispositivo heurístico conhecido como Vê epistemológico de Gowin, ou diagrama V, é proposto como instrumento de análise do currículo e como recurso útil no ensino, na aprendizagem e na avaliação do ensino. São dados exemplos na área da Física e procedimentos para usá-lo em sala de aula. Além disso, é feita uma análise crítica de sua utilização como recurso didático e são apresentados exemplos em outras áreas de conhecimento. Ao final, é proposta uma adaptação desse dispositivo para a modelagem e a simulação computacionais.

Abstract

An heuristic device known as Gowin's epistemological Vee, or V diagram, is proposed as an instrument for curriculum analysis and as a useful tool for teaching, learning and evaluation. Several examples in physics are given as well as procedures for teaching Vee diagramming. In addition, a critical analysis of its use as instructional resource is made and some examples are provided in other areas of knowledge. At the end, an adaptation of this device is proposed for computational simulation and modelling.

¹⁰ Adaptado de um trabalho apresentado no III Congresso Internacional sobre la Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas, Santiago de Compostela, Espanha, 20 a 22 de setembro de 1989, e no Simposio-Escuela sobre Educación en Física, Córdoba, Argentina, 1° a 13 de outubro de 1990. Publicado, em 1993, na série **Monografias do Grupo de Ensino, Enfoques Didáticos**, N° 3, e, em 1996, na série **Textos de Apoio ao Professor de Física**, N° 7, Instituto de Física da UFRGS. Revisado, atualizado e ampliado em 2006

O Vê Epistemológico de Gowin ou Diagrama V

Gowin, (1981) vê a investigação científica como uma maneira de gerar estruturas de significados, ou seja, de conectar conceitos, eventos e fatos:

O processo de pesquisa pode ser visto como uma estrutura de significados. Os elementos dessa estrutura são eventos, fatos e conceitos. O que a pesquisa faz através de suas ações é estabelecer conexões específicas entre um dado evento, os registros feitos deste evento, os julgamentos fatuais derivados desses registros, os conceitos que focalizam regularidades nos eventos e os sistemas conceituais utilizados para interpretar esses julgamentos a fim de se chegar à explanação do evento. Criar essa estrutura de significados em uma certa investigação é ter feito uma pesquisa coerente.

Conceitos são definidos (Gowin, 1970 e 1981) como signos/símbolos que apontam regularidades em eventos e que utilizamos para pensar, pesquisar, aprender, enfim para dar respostas rotineiras e estáveis ao fluxo de eventos. Sistemas conceituais são conjuntos de conceitos logicamente ligados, geralmente permitindo um padrão de raciocínio ao relacionar conceitos uns com os outros. Princípios e teorias podem ser interpretados como sistemas conceituais mais abrangentes. Fatos podem ter três sentidos distintos (Gowin, 1970), porém relacionados: em um primeiro sentido, fato pode significar o próprio evento que ocorre naturalmente ou que é feito ocorrer pelo pesquisador; em um segundo sentido, pode se referir ao registro do evento (um evento não pode ser estudado se nenhum registro for feito); no terceiro sentido, fatos são asserções, tipicamente verbais ou matemáticas, baseadas nos registros dos eventos.

Portanto, o processo de pesquisa, segundo a perspectiva de Gowin, tem a ver com a conexão entre eventos, fatos e conceitos. Tal como mostra a Figura 1, esta conexão pode ser vista como tendo a forma de um Vê ligando eventos, na ponta do Vê, a conceitos e fatos em cada um dos lados. O lado esquerdo se refere a conceitos e sistemas conceituais (i.e., ao domínio conceitual do processo de investigação): ali se encontram os conceitos, propriamente ditos, e os sistemas conceituais usados na pesquisa, os quais geram princípios e leis que, por sua vez, dão origem a teorias. Subjacentemente às teorias estão determinados sistemas de valores, visões de mundo ou filosofias. Este lado do Vê corresponde ao “pensar” da pesquisa.

Na base do Vê estão os eventos que acontecem naturalmente, ou que o pesquisador faz acontecer a fim de fazer registros através dos quais os fenômenos de interesse possam ser estudados. Obviamente, às vezes o fenômeno de interesse é estudado através de objetos e não de eventos, mas nesse caso pode-se dizer que o evento é o objeto.

O lado direito do Vê tem a ver com fatos nos três sentidos propostos por Gowin: eventos, registros e asserções. Este lado pode ser chamado de “domínio fatural”, mas Gowin prefere chamá-lo de “domínio metodológico”, pois nele se encontra toda a “metodologia” da produção de conhecimento. A partir dos registros dos eventos chega-se a dados, os quais sofrem transformações metodológicas que servem de base para a formulação de asserções de conhecimento (o conhecimento produzido, repostas a questões investigadas) e asserções de valor (qual o valor do conhecimento produzido?). Esse lado do Vê corresponde ao “fazer” da pesquisa; observe-se que tudo que é feito no lado metodológico do Vê é guiado por conceitos, princípios, teorias e filosofias, ou seja, pelo domínio conceitual. Por outro lado, novas

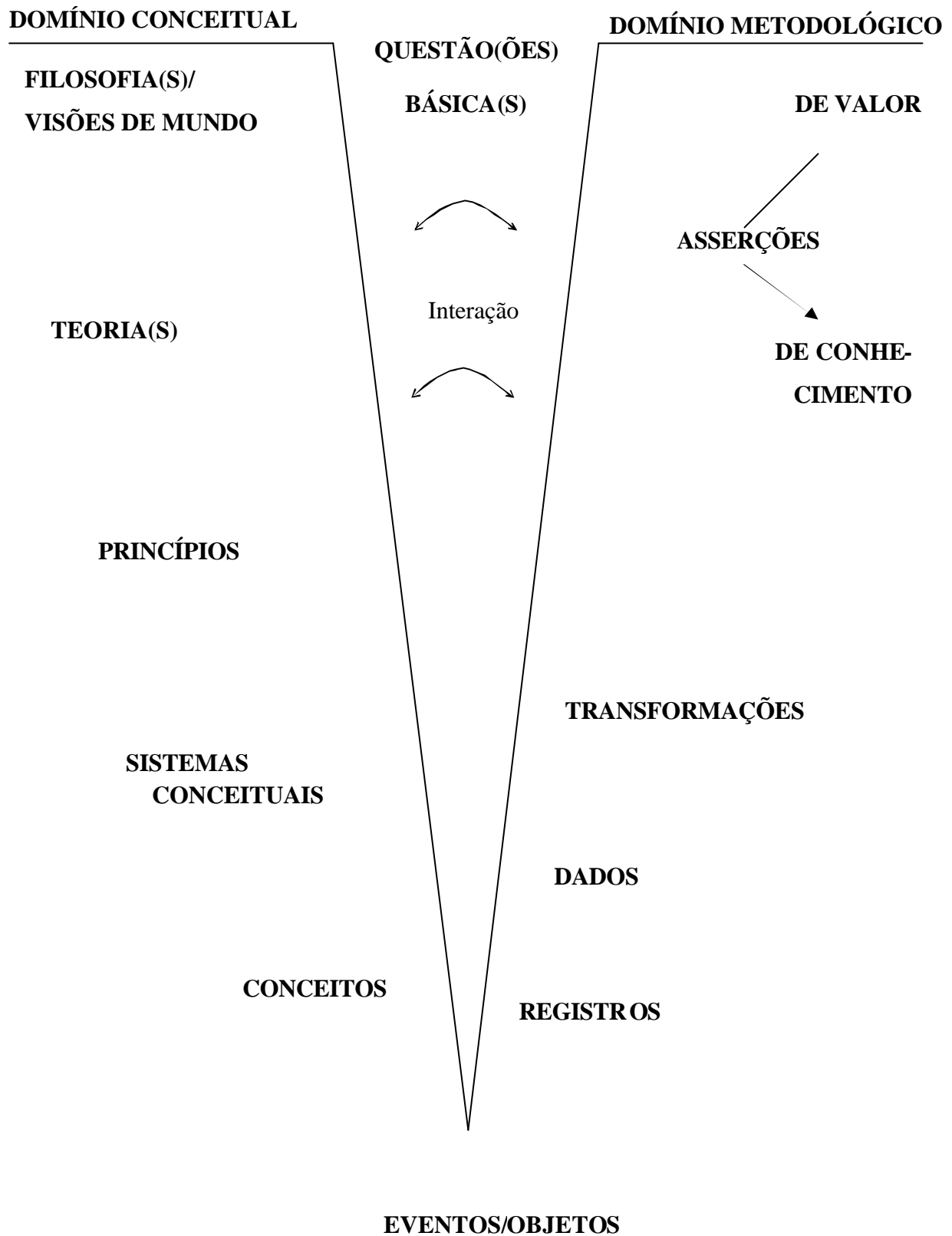


Figura 1. O "V" epistemológico de Gowin

asserções de conhecimento podem levar a novos conceitos, à reformulação de conceitos já existentes, ou, ocasionalmente, a novas teorias e filosofias. Isto é, existe uma constante interação entre os dois lados do Vê. Essa interação é necessária para que se chegue a respostas às questões básicas formuladas sobre os eventos que acontecem naturalmente ou que se faz acontecer.

As questões básicas – questões-chave ou questões-foco – estão no centro do Vê porque, a rigor, pertencem tanto ao domínio metodológico como ao conceitual. A questão básica de um estudo é aquela que não somente pergunta alguma coisa mas também diz algo. É a questão que identifica o fenômeno de interesse de tal forma que é provável que alguma coisa seja descoberta, medida ou determinada ao responder essa questão. É a pergunta que informa sobre o ponto central de um trabalho de pesquisa; diz o que, em essência, foi investigado.

Gowin, originalmente, propôs esse Vê como um instrumento heurístico para a análise da estrutura do processo de produção de conhecimento (entendida como as partes desse processo e a maneira como se relacionam) ou para "desempacotar" conhecimentos documentados sob a forma de artigos de pesquisa, livros, ensaios, etc.. Tais documentos geralmente veiculam um certo conteúdo curricular. Isso nos leva a examinar o que Gowin entende por currículo e como o Vê epistemológico pode ser interpretado como um instrumento de análise do currículo.

O Vê epistemológico na análise do currículo

Currículo é um conjunto logicamente conectado de asserções de conhecimento e de valor analisadas conceitual e pedagogicamente. Esta definição de currículo proposta por Gowin (1981, p. 109) difere de outras concepções como, por exemplo, a de currículo como uma série estruturada de objetivos pretendidos de aprendizagem (Johnson, 1967), ou de currículo como o conjunto de experiências que o aluno tem na escola, e parece ter algo em comum com a visão muito usual de currículo como o conteúdo da matéria de ensino. Quais os significados implícitos na definição de Gowin? O que são asserções de conhecimento e de valor?

Asserção de conhecimento é um produto de pesquisa. Uma pesquisa envolve uma questão, conceitos, métodos e técnicas como constituintes do processo que produz a asserção de conhecimento. A asserção de conhecimento é a resposta à questão (op. cit., p. 101). [...] Uma asserção de valor se refere ao valor de alguma coisa. Existe um pequeno número de importantes asserções de valor. Algumas estão diretamente envolvidas na produção de asserções de conhecimento (e.g., asserções sobre a utilidade de um certo método, a precisão de uma técnica, a clareza de um conceito). Outras estão menos diretamente envolvidas na produção de asserções de conhecimento mas estão intimamente relacionadas com a utilização do conhecimento (ibid., p. 105).

As asserções de conhecimento têm então a ver com respostas a questões investigadas através de determinados métodos, não necessariamente científicos, enquanto que as asserções de valor são declarações sobre o valor prático, estético, moral, social, desse

conhecimento. Mas o que significam asserções de conhecimento e de valor conceitualmente analisadas? Ou pedagogicamente analisadas?

Por "conceitualmente analisadas" quero me referir ao que é produzido quando as fontes primárias de conhecimento são submetidas ao "Vê". Nessa análise explicitamos as relações estruturadas, desde visões de mundo e filosofias passando por teorias e sistemas conceituais até eventos e objetos específicos, então subimos novamente através de registros, dados, generalizações, explicações (incluindo técnicas e métodos), e asserções de valor, incluindo especialmente os critérios de excelência. Por "pedagogicamente analisados" quero me referir aos conceitos de ensino, aprendizagem e currículo adotados enquanto testes práticos sobre "ensinabilidade" e "estudabilidade" são conduzidos. A informação provida por esses testes práticos alimenta as últimas revisões dos materiais antes de serem considerados prontos para instrução (ibid., p. 109).

Fontes primárias de conhecimento são fontes onde estão documentadas asserções de conhecimento e de valor. Podem ser, por exemplo, artigos de pesquisa, ensaios, capítulos de livros, experimentos de laboratório, poesias, romances. Há muitas formas, implícitas, de documentar conhecimentos. Tais documentos são usados como materiais curriculares e o que Gowin está dizendo é que precisam ser conceitualmente analisados a fim de tornar apropriado para instrução o conhecimento neles contido. É preciso "desempacotar" o conhecimento a fim de torná-lo adequado para fins instrucionais.

Como foi visto na seção anterior, o instrumento heurístico que ele propõe para isso tem a forma de um "Vê" e é conhecido como diagrama V, Vê epistemológico de Gowin, ou simplesmente Vê de Gowin, apresentado na Figura 1.

Repetindo, para reforçar a explicação dada anteriormente, na ponta do Vê estão objetos ou eventos sobre os quais questões básicas são formuladas e onde começa a produção de conhecimento. Para estudar esses eventos ou objetos, a fim de responder questões formuladas sobre eles, algum tipo de registro deve ser feito. A seleção de eventos ou objetos específicos para observar e registrar é influenciada por uma bagagem conceitual (conceitos, sistemas conceituais, princípios, teorias) com sistemas de valores (filosofias) e visões de mundo subjacentes. Os registros dos eventos geram dados que são transformados e interpretados à luz da bagagem conceitual, conduzindo a asserções de conhecimento (resultados, conclusões) que são respostas às questões básicas, sobre as quais são feitas asserções de valor. As asserções de conhecimento realimentam o domínio conceitual; na produção de conhecimento há uma constante interação entre os domínios conceitual e metodológico.

A Figura 2 ilustra a aplicação do Vê de Gowin na análise de um experimento de laboratório em Física (Jamett et al., 1986, p. 2001). Este exemplo não deve, no entanto, sugerir ao leitor que o Vê epistemológico é aplicável somente a áreas científicas e se refere somente à produção de conhecimento científico. A proposição de Gowin é genérica e o Vê tem sido aplicado às mais diversas áreas, inclusive por alunos de ensino fundamental (Novak e Gowin, 1984; Alvarez e Risko, 1987).

Uma maneira mais simples, porém não tão completa, de analisar conhecimentos documentados é aplicar as chamadas “cinco questões de Gowin” ao material educativo que se pretende utilizar (artigo, trecho de um livro, poema). Tais questões foram propostas por Gowin (op. cit., p. 88) antes do Vê; foram uma espécie de embrião do Vê. Há professores que as preferem em relação ao Vê por sua simplicidade. São as seguintes (ibid.; Moreira, 1985, p. 106):

1. Qual(is) a(s) questão(ões)-foco?
2. Quais os conceitos-chave?
3. Qual(is) o(s) método(s) usado(s) para responder a(s) questão(ões)-foco?
4. Quais as asserções de conhecimento?
5. Quais as asserções de valor?

Na análise conceitual de uma fonte de conhecimentos – como por exemplo um artigo de pesquisa ou um ensaio filosófico – a questão-foco é, como já foi dito, a questão que identifica o fenômeno de interesse de tal forma que é possível que alguma coisa seja descoberta, construída, medida ou determinada ao responder essa questão. É a pergunta que informa sobre o ponto central do trabalho; informa a razão de ser do estudo feito; diz o que, em essência, foi investigado, construído, elaborado. Naturalmente, nem sempre o autor enuncia de maneira explícita a questão-foco, mas ela está lá e sua identificação é, provavelmente, o primeiro passo para analisar o documento.

Professores que usaram as cinco questões de Gowin como recurso instrucional (Moreira, 1985) acharam conveniente, em certas ocasiões, desdobrar a primeira em duas: identificando inicialmente o fenômeno de interesse do trabalho e então as questões básicas formuladas sobre o fenômeno de interesse.

Os conceitos-chave são os conceitos fundamentais do corpo de conhecimentos ou do campo de estudos no qual se insere o trabalho que está sob análise. São os conceitos envolvidos na questão-foco, na metodologia, nas asserções de conhecimento e de valor, permeando todo o trabalho. Os métodos são a seqüência de passos, os procedimentos, as técnicas de pesquisa, os argumentos lógicos, usados para responder a(s) questão(ões)-foco, i.e., para chegar às asserções de conhecimento. Portanto, as asserções de conhecimento são respostas à(s) questão(ões)-foco. As asserções de valor se referem à significância, utilidade, importância, do conhecimento produzido. É feita alguma alegação sobre o valor do estudo? Alguma asserção sobre sua significância social? Estética? Significante para quem? Para quê? Qual o valor instrumental do conhecimento obtido? (Moreira, 1985, pp. 106-107).

Resumindo, a abordagem de Gowin pergunta: Qual o fenômeno de interesse? Qual a questão-foco? Quais os conceitos embebidos nessa questão? Qual o procedimento para respondê-la? Qual a resposta obtida? Qual o seu valor? Pesquisadores acham esta abordagem extremamente útil na análise de um artigo de pesquisa, para ir direto ao ponto, entendê-lo, examiná-lo criticamente. Professores a têm usado não só para tornar apropriados para instrução certos materiais, mas também como recurso instrucional propriamente dito, i.e., fazendo com que os alunos utilizem as cinco questões como instrumento de análise em sala de aula. Além disso, este tipo de análise é também útil no preparo das aulas. Isto é, o professor, antes da instrução, procura responder essas cinco questões sobre aquilo que vai ensinar.

Domínio conceitual

Filosofia: o conhecimento científico sobre a natureza repousa na observação e na experimentação baseadas em teorias que organizam os fatos e o raciocínio do homem, aprofundando sua compreensão.

Teoria: Teoria Eletromagnética.

Conceitos básicos: luz, reflexão, refração.

Conceitos: ângulo de incidência, ângulo de reflexão, ângulo de refração, índice de refração

Questões-básicas

Qual a relação entre o ângulo de incidência e o ângulo de reflexão?

Qual a relação entre o índice de refração e o ângulo de incidência?

**Domínio****Asserção de valor (valores):**

O experimento ajuda a clarificar conceitos, leis e fenômenos nele envolvidos. As leis da reflexão e da refração têm aplicações úteis em espelhos e lentes.

Asserções de conhecimento (conclusões):

1. $\theta' = \theta$ (lei da reflexão)
2. n não depende de θ , isto é, $n(\theta) = \text{sen } \theta' / \text{sen } \theta = \text{constante}$ (lei da refração).

Transformações (dados): médias e desvios padrões de θ' , θ e do índice de refração (n). Gráficos $\theta' \theta$ e $n \theta$.

Registros (medidas): valores dos ângulos de reflexão (θ') e refração (θ) para cada ângulo de incidência (θ) escolhido.

Evento: Quando a luz incide sobre uma superfície transparente lisa que separa dois meios, parte da luz incidente volta ao meio de origem e parte penetra no segundo meio.

Figura 2. Estrutura conceitual e metodológica de um experimento de laboratório sobre reflexão da luz (Jamett et al., 1986)

Busca identificar o ponto central da aula, os conceitos básicos envolvidos, a metodologia, os conhecimentos relevantes (ou seja, os significados relevantes que procurará fazer com que o aluno compartilhe com ele), o valor desse conhecimento. Muitas vezes o professor aborda determinado conteúdo porque está no livro, no programa, por tradição. Ao analisar conceitualmente esse conteúdo, examinará seu papel no currículo. Essa é uma análise do currículo no sentido proposto por Gowin.

O Vê é um instrumento de análise do currículo mais abrangente e mais sofisticado do que as cinco questões, as quais são facilmente identificadas como integrantes do Vê (ver Figura 1). Outro instrumento de análise do currículo embutido no Vê epistemológico é o mapeamento conceitual. Ao responder a segunda das cinco questões de Gowin ou ao construir o lado esquerdo do "V" não é suficiente identificar e listar os conceitos-chave, é preciso identificar também como eles estão estruturados, hierarquizados, relacionados. Isso pode ser feito traçando um mapa conceitual. Mapas conceituais não devem ser confundidos com diagramas organizacionais ou diagramas de fluxo, pois não implicam temporalidade, direcionalidade, ou hierarquias de poder. Mapas conceituais são diagramas de significados, de relações significativas, de hierarquias conceituais. Eles procuram refletir a estrutura conceitual de uma fonte de conhecimentos. (Moreira e Buchweitz, 1987; Moreira, 1992)

Na perspectiva de Gowin, considera-se que o currículo se refere a um conjunto de conhecimentos ou uma estrutura de conhecimento existente em um curso, livro, artigo, experimento de laboratório, ou em outra fonte.

Sendo assim, a análise da estrutura do conhecimento implica a análise do currículo. Mapas conceituais são instrumentos úteis nessa análise e dirigem a atenção do planejador de currículo para o ensino de conceitos e para a distinção entre conteúdo curricular e conteúdo instrumental, isto é, entre o conteúdo que se espera que seja aprendido e aquele que servirá de veículo para a aprendizagem. Há uma diferença entre currículo e instrução. A atividade curricular envolve o emprego de critérios para analisar, selecionar e ordenar conhecimentos e especificar resultados pretendidos de aprendizagem. A ação instrucional implica em operar a partir desses resultados pretendidos e definir tarefas específicas para o professor e para o aluno. O produto da instrução são certos resultados de aprendizagem efetivamente obtidos, os quais espera-se que correspondam aos pretendidos (Moreira e Axt, 1987, p. 251).

Nesta seção foram introduzidos dois instrumentos e referido um terceiro, todos intimamente relacionados, para análise conceitual do currículo: o Vê epistemológico, as cinco questões de Gowin e os mapas conceituais. Cada um desses instrumentos pode também ser usado como recurso de ensino ou de avaliação (depende do contexto e do enfoque com que são utilizados). No restante deste trabalho, voltaremos a abordar apenas o Vê, tentando evidenciar suas potencialidades no ensino e na avaliação uma vez que nesta seção o foco esteve no currículo, segundo a ótica de Gowin.

O Vê epistemológico na avaliação da aprendizagem

Em uma perspectiva de aprendizagem como construção de significados e de ensino como o compartilhar de significados, usando materiais educativos (analisados conceitual e pedagogicamente) do currículo, a avaliação deve ser enfocada de maneira diferente. Novos instrumentos são necessários. A avaliação não pode continuar restrita a

procedimentos diagnósticos, formativos e somativos fundamentalmente baseados em testes objetivos de conhecimento, solução de problemas ou outros instrumentos que não buscam, explicitamente, evidências de aprendizagem significativa. Se a ênfase dessa nova abordagem ao ensino, à aprendizagem e ao currículo está na construção de significados, procedimentos e instrumentos de avaliação consistentes com esse enfoque devem ser usados e pesquisados. Mapas conceituais, Vês epistemológicos, questões de Gowin, entrevistas, ou combinações desses instrumentos são possibilidades nesse sentido. Mas é preciso uma nova postura frente à idéia de avaliação. A avaliação através de mapas conceituais, por exemplo, procura obter informações sobre o tipo de estrutura, sobre as relações significativas que o aluno vê em um dado conjunto de conceitos, ao invés de testar conhecimento – que pode ter sido aprendido mecanicamente – para atribuir-lhe um escore e classificá-lo de alguma maneira. Na avaliação através de mapas conceituais a idéia principal é a de avaliar o que o aluno sabe em termos conceituais, i.e., como ele estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona, discrimina e integra conceitos de uma determinada unidade de estudo, tópico, disciplina, etc.. Em um mapa conceitual, o aluno procura explicitar o significado das relações entre os conceitos. Breves entrevistas nas quais o aluno explica (externaliza significados) seu mapa ao professor ou, na impossibilidade disso, explicações escritas acompanhando o mapa aumentam grandemente as possibilidades do mapeamento conceitual como técnica de avaliação da aprendizagem.

As cinco questões de Gowin também oferecem uma alternativa em relação aos instrumentos tradicionais de avaliação. Na área de ensino de laboratório de Física, por exemplo, foram testadas com sucesso em substituição ao usual relatório (Moreira, 1980; Passos e Moreira, 1982). Em outro estudo (M.Moreira, 1988) foram obtidas evidências de que essas cinco questões poderiam ser usadas como instrumento de avaliação em uma área completamente diferente – o ensino de literatura.

Naturalmente, o Vê epistemológico – no qual estão implícitos tanto os mapas conceituais como as cinco questões – é igualmente uma alternativa para a avaliação. Por exemplo, o Vê aplicado à análise do currículo de experimentos de laboratório, tal como ilustrado na seção anterior (Figura 2), fornece informações sobre o que poderia, em princípio, ser aprendido ao realizar esse experimento. O Vê do experimento efetivamente feito pelo aluno, em substituição ou em complementação ao relatório, forneceria, em princípio, informações sobre o que de fato foi aprendido. Um estudo nesse sentido foi conduzido por Jamett (1985) no qual obteve evidências de que o Vê é realmente útil na avaliação da aprendizagem decorrente da realização de um experimento de laboratório. Novak e Gowin (1984, pp. 112-113) fazem as seguintes asserções de valor em relação ao uso do Vê como instrumento de avaliação:

No laboratório, estúdio, ou trabalho de campo o Vê pode servir como uma ferramenta de avaliação especialmente valiosa. [...] Nossa experiência tem sido que os estudantes, apesar da natureza desafiadora da construção de Vês, reagem positivamente a essa tarefa. Especialmente quando comparada com tradicionais relatórios escritos, a construção de Vês é uma maneira sintética de expor a compreensão que os alunos têm de um tópico ou de uma área de estudo e, além disso, os ajuda a organizar suas idéias e a informação. Os estudantes reconhecem que além de ser menos entediante do que escrever relatórios, fazer Vês os ajuda a compreender melhor a matéria de ensino.

Levandowski (1981) também relata uma atitude positiva dos alunos em relação ao uso do "V". Segundo seu relato:

À medida que os experimentos se sucederam, os alunos foram adquirindo familiaridade com a linguagem do "V" e sua habilidade em usá-lo foi aumentando progressivamente. No que concerne à receptividade em relação ao "V", os resultados obtidos nessa pesquisa foram igualmente satisfatórios: cerca de 76% do escore máximo em uma escala Likert (Moreira e Levandowski, 1983, p. 109).

O estudo feito por Levandowski, uma outra pesquisa conduzida por Buchweitz (1981) na mesma época e o trabalho de Jamett (1985) foram todos na área de ensino de laboratório de Física e envolveram estudantes universitários. Novak et al. (1983), no entanto, reportaram o uso do "V" epistemológico com estudantes de ciências da 7ª e 8ª séries. Mais tarde, Alvarez e Risko (1987, pp. 6-13) relataram a utilização do "V" com alunos de 3ª série em aulas de ciências. A Figura 3 mostra um Vê feito por um estudante de ensino fundamental em um dos estudos conduzidos por Novak (1988).

Como dizem Novak e Gowin, o Vê pode ser especialmente valioso como instrumento de avaliação no ensino de laboratório, no estúdio ou no trabalho de campo, onde está sempre presente a pergunta "O que significam esses eventos e/ou objetos que estão sendo observados?" Mas provavelmente a utilidade do Vê como instrumento de avaliação não se restringe a essas áreas. Cabe, portanto, investigar suas potencialidades em outras áreas e disciplinas.

A avaliação da aprendizagem em uma perspectiva tradicional implica quase sempre em quantificação, em atribuição de escores ao trabalho do aluno. Em razão disso, a primeira reação de quem toma contato com instrumentos não tradicionais é a de como quantificar as informações obtidas com esses instrumentos. O mesmo ocorre em relação ao Vê, aos mapas conceituais e às cinco questões. É possível quantificar as respostas dos alunos às cinco questões (Moreira, 1980), assim como é possível usar determinados critérios para quantificar mapas conceituais (Moreira e Gobara, 1988) e atribuir escores a Vês traçados por alunos (Novak e Gowin, 1984). Mas há aí uma certa distorção: esses instrumentos fornecem dados essencialmente qualitativos e como tal deveriam ser analisados sob uma ótica qualitativa, interpretativa. Isto é, os trabalhos dos alunos deveriam, nessa ótica, ser interpretados ao invés de quantificados. Interpretação é uma idéia chave em uma perspectiva de construção de significados. O foco da avaliação nessa perspectiva deve estar na interpretação daquilo que o aluno externaliza, a fim de identificar os significados que ele está atribuindo à matéria de ensino – aos conceitos, idéias, proposições-chave da matéria de ensino – aos materiais educativos do currículo. Mapas conceituais e Vês epistemológicos traçados por alunos, suas respostas às cinco questões, são dados qualitativos potencialmente ricos em significados externalizados. Quantificar tais dados, antes de uma análise qualitativa, interpretativa, é, de certa forma, jogá-los fora e subutilizar esses novos instrumentos de avaliação.

Exemplo de uso do Vê na avaliação

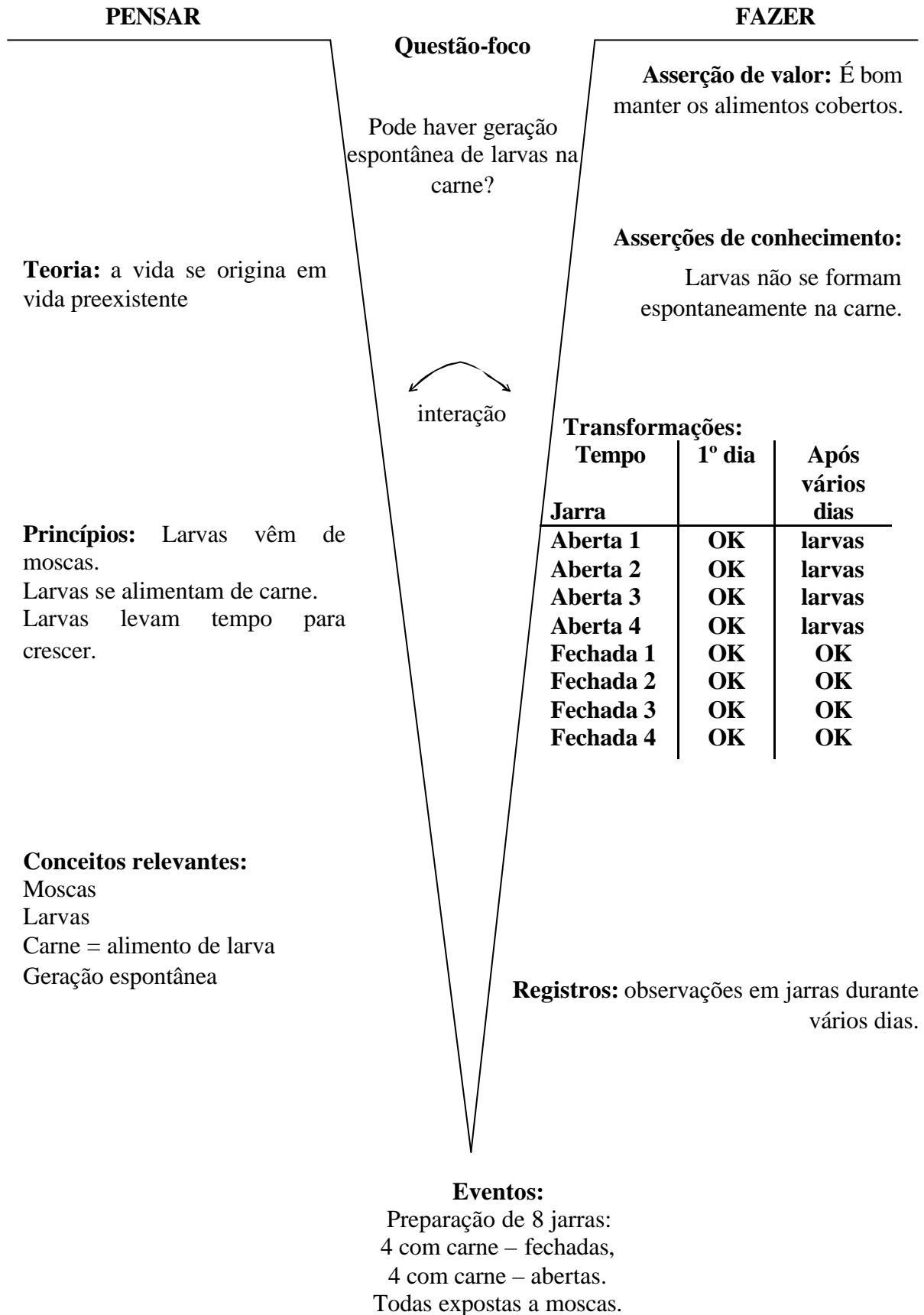


Figura 3. Um diagrama Vê preparado a partir da descrição de um experimento de um livro texto de Biologia. Esse tipo de análise ajuda o aluno a focalizar cuidadosamente em detalhes relevantes de um experimento. (Novak, 1988)

O Vê epistemológico como instrumento de ensino e aprendizagem

Como já foi dito, tanto os mapas como o Vê podem ser usados ora como instrumentos de análise do currículo, ora como instrumentos de avaliação, ora como recursos de ensino e aprendizagem. Tudo depende de como estão sendo utilizados, em que situação, com que finalidade. Ensino, currículo, aprendizagem, juntamente com o contexto, formam os chamados lugares comuns da educação (Schwab, 1973) no sentido de que direta ou indiretamente estão envolvidos em todo fenômeno educacional. Não é de surpreender, portanto, que o Vê epistemológico, desenvolvido originalmente para "desempacotar" conhecimentos documentados em materiais curriculares, possa também servir como recurso de ensino e aprendizagem.

Do ponto de vista puramente didático, o Vê epistemológico, como o próprio nome sugere, é um instrumento muito útil para destacar, no ensino, aspectos epistemológicos, i.e., relativos à produção do conhecimento. O Vê, de certa forma, expõe e desmistifica a questão da produção do conhecimento (particularmente através do chamado método científico), ao mostrar explicitamente as relações conceituais e metodológicas envolvidas nessa produção. O método científico é comumente ensinado como uma espécie de receita infalível para descobrir novos conhecimentos. O cientista observa, coleta dados, transforma esses dados, infere, conclui e ... descobre algo mais sobre a natureza, como se as coisas estivessem escondidas à espera de algum descobridor. O Vê mostra claramente que toda essa metodologia é guiada por um domínio conceitual no qual estão conceitos, sistemas conceituais e teorias inventados pelo homem. Mais do que isso, há uma filosofia por detrás de tudo e nessa filosofia há uma concepção de ciência, uma visão de mundo e de homem. Ora, o conhecimento humano – em qualquer área de conhecimento – é então produzido pela mente humana. As asserções de conhecimento não são verdades absolutas, dependem do referencial teórico-conceitual adotado. Tudo isso está implícito no Vê. Nenhum dos dois lados do Vê implica linearidade. Tanto a metodologia como a conceituação não são processos lineares. O processo de produção do conhecimento não é linear como sugere a descrição do "método científico" encontrada em muitos livros de texto de ciências. O importante é a idéia de interação entre o pensar (domínio conceitual) e o fazer (domínio metodológico).

Sob uma óptica estritamente de aprendizagem, o Vê pode ser útil como um instrumento de meta-aprendizagem, ou seja, de aprender a aprender. Aprender a aprender significa perceber como se aprende a usar esse conhecimento para facilitar novas aprendizagens. O indivíduo que aprende a aprender percebe que não só o conhecimento humano é construído mas também que seu próprio conhecimento é adquirido através de um processo de construção. Nesse caso, ao invés de simplesmente tentar armazenar mecanicamente novos conhecimentos ele vai procurar analisar a estrutura desses conhecimentos a fim de relacioná-los de maneira significativa aos conhecimentos que já possui. Justamente nessa análise da estrutura do conhecimento está, em essência, a utilidade do Vê. O Vê é um instrumento heurístico para desempacotar, analisar, desvelar, a estrutura de um corpo de conhecimentos e de seu processo de produção.

Trata-se, sem dúvida, de uma visão diferente de ensino e aprendizagem. O uso do Vê implica em uma postura construtivista e, em muitos casos, em uma reformulação de crenças epistemológicas. Para usar o Vê como recurso instrucional, o difícil não é fazer o Vê, mas sim aceitar esse novo enfoque ao ensino e à aprendizagem. Durante décadas o processo instrucional foi dominado por uma abordagem comportamentalista,

na qual um conhecimento dogmático devia ser acumulado pelo aluno. Hoje, presencia-se a predominância de outro enfoque, segundo o qual o ser que aprende vai construindo sua estrutura cognitiva através da aprendizagem significativa de um conhecimento que, por sua vez, é também construção humana. Nessa nova abordagem são necessários novos recursos instrucionais como, por exemplo, Vê epistemológico discutido neste trabalho e os mapas conceituais abordados em outro texto companheiro deste (Moreira, 2006).

Conclusão

Neste trabalho, um dispositivo heurístico, conhecido como Vê epistemológico de Gowin, é proposto como instrumento útil na análise do currículo, no ensino, na aprendizagem e na avaliação da aprendizagem.

A rigor, é apenas uma estratégia a mais nesse vastíssimo campo que é o do currículo e da instrução em ciências, mas implica a adoção de uma postura epistemológica que pode acarretar mudanças significativas nesse campo.

O Vê não deve ser encarado como uma espécie de formulário a ser preenchido por alunos ou professores. O importante é a questão epistemológica subjacente ao Vê. Interpretá-lo como um formulário é uma completa distorção e um grande desperdício de sua potencialidade instrucional e curricular.

Recentemente, Gowin e Alvarez (2005) publicaram um livro onde abordam o Vê detalhadamente e apresentam muitos novos exemplos. Uma excelente obra recomendável para quem deseja aprofundar-se no uso dos diagramas V no ensino, na aprendizagem, na avaliação e na análise do currículo em qualquer área de conhecimento.

Referências

- Alvarez, M.C. and Risko, V.J. (1987). Using Vee diagrams to clarify third grade students' misconceptions during a science experiment. In: Novak, J.D. (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics Education*. Ithaca, NY, Cornell University, Department of Education.
- Buchweitz, B. (1981). An epistemological analysis of curriculum and an assessment of concept learning in physics laboratory. Tese de doutorado. Ithaca, NY, Cornell University.
- Gowin, D.B. (1970). The structure of knowledge. *Educational Theory*, 20 (4): 319-28.
- Gowin, D.B. (1981). *Educating*. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Gowin, D.B. and Alvarez, M.C. (2005). *The art of educating with V diagrams*. New York: Cambridge University Press.
- Jamett C. H.D., (1985). Laboratório de Física: uma análise do currículo e da aprendizagem. Dissertação de mestrado. Porto Alegre, Instituto de Física da UFRGS.

- Jamett C. H.D., Buchweitz, B. e Moreira, M.A. (1986). Laboratório de Física: uma análise do currículo. *Ciência e Cultura*, 38 (12): 1995-2003.
- Johnson, M. (1967). Definitions and models in curriculum theory. *Educational Theory*, 17 (2): 127-40.
- Levandowski, CE. (1981). Epistemology of a physics laboratory on electricity and magnetism. Tese de doutorado. Ithaca, NY, Cornell University.
- Moreira, M.A. (1980). A non-traditional approach to the evaluation of laboratory instruction in general physics courses. *European Journal of Science Education*, 2 (4): 441-48.
- Moreira, M.A. (1988). Mapas conceptuales en la enseñanza de la Física. *Contatos*, México, 3 (2): 38-57.
- Moreira, M.A. (1985). *Atividade docente na universidade: alternativas instrucionais*. Porto Alegre e Rio Grande: D.C. Luzzato Editores e Editora da FURG.
- Moreira, M.A. (2006). Mapas Conceituais. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS.
- Moreira, M.A. e Axt, R. (1987). Referenciais para análise e planejamento de currículo em ensino de ciências. *Ciência e Cultura*, 39 (3): 250-58.
- Moreira, M.A. e Buchweitz, B. (1987). *Mapas Conceituais*. São Paulo: Editora Moraes.
- Moreira, M.A. e Gobara, S.T. (1988). Concept maps as tools for instruction and evaluation in physics education. Trabalho apresentado na Reunião Anual de Inverno da Associação Americana de Professores de Física. Crystal City, VA, 25 a 28 de janeiro.
- Moreira, M.A. e Levandowski, CE. (1983). *Diferentes abordagens ao ensino de laboratório*. Porto Alegre: Editora da Universidade.
- Moreira, M.M. (1988). The use of concept maps and the five questions in a foreign language classroom: effects on communication. Tese de doutorado. Ithaca, NY, Cornell University.
- Novak, J.D. (1988). Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3): 213-23.
- Novak, J.D. and Gowin, D.B. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
- Novak, J.D., Gowin, D.B. and Johansen, G.T. (1983). The use of concept mapping and knowledge Vee mapping with junior high school science students. *Science Education*, 67 (5): 625-45.
- Passos, A.M.F. e Moreira, M.A. (1982). Avaliação do ensino de laboratório: uma proposta alternativa. *Revista Brasileira de Física*, 12 (2): 375-86.
- Schwab, J. (1973). The practical 3: translation into curriculum. *School Review*, 81(4): 501-22.

APÊNDICES

Apêndice 1

Neste apêndice, apresenta-se na figura A1 uma visão mais detalhada do Vê, nas figuras A2 e A3 dois exemplos adicionais do uso do Vê no ensino de laboratório em Física. Nas figuras A4 e A5, mostra-se o Vê de pesquisas em ensino de Física.

Apêndice 2

Pós-escrito; análise crítica do uso do Vê como recurso instrucional.

Apêndice 3

Material usado por D.B. Gowin em um "workshop" sobre o Vê epistemológico realizado durante o III Seminário Internacional sobre Concepções Alternativas e Estratégias Instrucionais, realizado na Universidade de Cornell, U.S. A., de 1º a 4 de agosto de 1994.

Apêndice 4

Exemplos adicionais em outras áreas de conhecimento: Figuras A6, A7, A8 e A9.

Apêndice 5

O diagrama V adaptado para a modelagem computacional.

APÊNDICE 1

EXEMPLOS ADICIONAIS EM FÍSICA

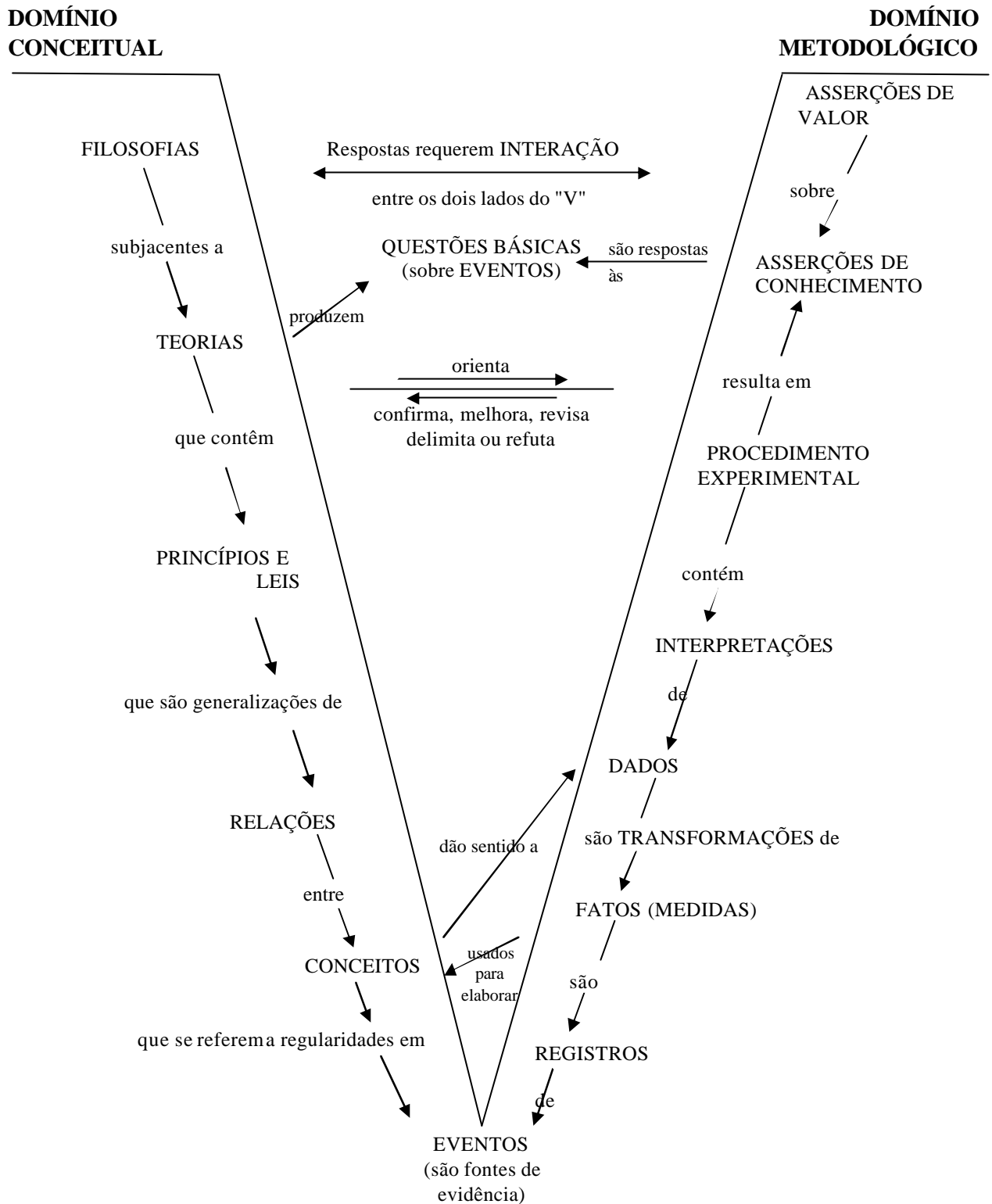


Figura A1 – O Vê epistemológico de Gowin segundo Buchweitz (1981) e Levandowski (1981).

RESISTORES LINEARES E NÃO LINEARES

Domínio conceitual

Filosofia: o conhecimento científico sobre a natureza repousa na observação e na experimentação baseadas em teorias que organizam os fatos e o raciocínio do homem, aprofundando sua compreensão.

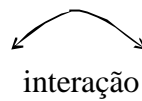
Teoria: a teoria da eletrodinâmica clássica.

Princípios e Leis: Lei de Ohm ($R = V/I = \text{constante}$ quando T é constante).

Conceitos-chave: diferença de potencial elétrico; resistência elétrica; corrente elétrica; temperatura; campo elétrico; carga elétrica; condutor; resistividade; condutividade; linearidade.

Questões-básicas

Cada um dos resistores (lâmpada de filamento, resistor comum, NTC e LDR) segue ou não a Lei de Ohm?



Domínio metodológico

Asserções de valor: o experimento, como um todo, proporciona treinamento em algumas habilidades básicas de laboratório. As asserções de conhecimento mostram que a Lei de Ohm é uma lei muito particular.

Asserções de conhecimento: o resistor (lâmpada, comum, NTC, LDR) é (não é) linear; portanto, obedece (não obedece) a Lei de Ohm.

Interpretações: análise gráfica (R é ou não é linear). Se R é linear e T é constante, o resistor segue a Lei de Ohm.

Transformações: tabelas, gráficos V (voltagem) ? I (corrente), cálculo de $R = V/I$ e de valores médios de R .

Medidas: 10 medidas da diferença de potencial e da correspondente corrente elétrica em cada um dos resistores; medidas diretas da resistência elétrica R com ohmímetro.

Observações: variações da temperatura T e/ou da luminosidade.

Evento: Uma diferença de potencial (V) aplicada a um resistor (comum, lâmpada de filamento, NTC ou LDR) estabelece uma corrente contínua I no resistor.

Figura A2. Vê de um experimento sobre resistores lineares e não lineares (Levandowski, 1981).

CIRCUITO RC – SÉRIE

Domínio conceitual

Filosofia: O conhecimento científico sobre a natureza repousa na observação e na experimentação baseadas em teorias que organizam os fatos e o raciocínio do homem, aprofundando sua compreensão.

Teorias: Teoria dos circuitos elétricos; teoria das equações diferenciais.

Princípios e leis: Conservação da carga elétrica; conservação da energia; continuidade da corrente; segunda lei de Kirchhoff.

Conceitos-chave: Diferença de potencial elétrico (voltagem); carga elétrica; resistência elétrica; capacitância; corrente elétrica; tempo; campo elétrico; força eletromotriz; energia.

Questões-básicas:

1) Qual o valor numérico da constante capacitativa de tempo RC? 2) Os processos de carga e descarga de um capacitor, em função do tempo, realmente obedecem a equação matemática prevista na teoria?

↔
interação

Domínio metodológico

Asserções de valor: O experimento, como um todo, permite a aquisição de algumas habilidades básicas de laboratório e ilustra muito bem a contínua interação entre os domínios conceitual e metodológico. A determinação do valor numérico da constante RC proporciona uma melhor compreensão do significado físico da constante.

Asserções de conhecimento:
1) O valor numérico da constante RC na carga e na descarga do capacitor. 2) Os processos de carga e descarga obedecem as equações exponenciais previstas pela teoria

Interpretações: 1) No processo de carga (descarga), a constante RC é o tempo que o capacitor necessita para atingir 63% (37%) da carga ou da voltagem máximas (iniciais). 2) Análises gráficas. 3) Análise de curva $V \times t$ em papel monolog.

Transformações: Tabelas, gráficos $V \times t$, determinação gráfica da constante RC, cálculo da constante RC, determinação da inclinação na reta $V \times t$ em papel monolog.

Medidas: 10 medidas de V e de t (diferença de potencial elétrico entre as placas do capacitor e o tempo correspondente), tanto para o processo de carga como para o de descarga

Observações: Comparações entre os processos de carga e descarga. Leitura da resistência elétrica interna R do voltímetro e da capacitância C do capacitor indicadas pelos fabricantes.

Evento(s): os processos de carga e descarga de um capacitor em circuito RC-série.

Figura A3. Vê de um experimento sobre carga e descarga de um capacitor (Levandowski, 1981).

Exemplo de uso do diagrama V na análise de estrutura de uma pesquisa

Domínio conceitual

Filosofias: – a educação pode ser estudada cientificamente através de conceitos, teorias e métodos relevantes; – a investigação científica gera estruturas de significados, i.e., conecta conceitos, eventos e fatos.

Teorias: – a teoria de aprendizagem de David Ausubel; – a teoria de ensino de D.B. Gowin.

Princípios: a aprendizagem é uma atividade não compartilhada; ensino é uma troca de significados; o desenvolvimento cognitivo se dá por diferenciação progressiva e reconciliação integrativa; a estrutura cognitiva está organizada hierarquicamente.

Conceitos: aplicação, relação, diferenciação e hierarquização conceitual; aprendizagem significativa; diferenciação progressiva; reconciliação integrativa.

Questão-foco:

Que diferenças em termos de habilidade do aluno em aplicar, relacionar, diferenciar e hierarquicamente estruturar conceitos decorreriam de uma abordagem ausubeliana ao currículo de um curso universitário básico de eletromagnetismo em comparação com a organização tradicional



Domínio metodológico

Asserção de valor: possíveis implicações para o ensino de ciências.

Asserções de conhecimento: evidências de maior habilidade em diferenciar, relacionar e hierarquicamente estruturar conceitos em decorrência da abordagem ausubeliana ao currículo.

Transformações: médias; desvios padrão; coeficientes de relacionamento; tabelas; testes de significância estatística.

Registros: escores em testes de desempenho; palavras associadas em testes de associação de palavras; mapas conceituais.

Eventos: diferentes abordagens ao currículo foram utilizadas com diferentes grupos de alunos sob distintos métodos de ensino; procurou-se evidências de aprendizagem de conceitos através de testes de associação de palavras e mapas conceituais.

Figura A4. "V" da pesquisa feita por Moreira (1978) sobre o efeito de um currículo de Eletromagnetismo segundo a teoria de Ausubel. (Moreira, M.A., Pesquisa em ensino: o Vê epistemológico de Gowin, 1990, p. 54)

Exemplo de uso do diagrama V na análise da estrutura de uma pesquisa

Domínio conceitual

Filosofia: é possível estudar cientificamente o processo da cognição.

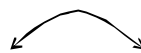
Teorias: a teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel; a teoria do desenvolvimento intelectual de Jean Piaget.

Princípios: o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe, determine isso e ensine-o de acordo. (Ausubel); é necessário conhecer os esquemas de assimilação do aluno se o que se deseja é oferecer-lhe uma instrução que possibilite a adaptação. (Piaget).

Conceitos: entrevista clínica; conceito errôneo; conhecimento prévio; estrutura cognitiva; campo elétrico; diferença de potencial elétrico; intensidade da corrente elétrica.

Questões-básicas

Após a instrução, modifica-se o conhecimento prévio que o aluno tem sobre certos conceitos físicos? Que tipo de modificações, se for o caso?



interação

Domínio metodológico

Asserção de valor: o estudo mostrou claramente a importância de levar em consideração o conhecimento prévio do aprendiz ao planejar a instrução.

Asserções de conhecimento: quando a instrução não toma em consideração o conhecimento prévio do aluno, é pouco provável que leve a modificações significativas em sua estrutura cognitiva.

Transformações: identificação de proposições relevantes que sugerem certos conceitos errôneos, ou ausentes: frequências com que esses conceitos se apresentam.

Registros: gravações de entrevistas clínicas; transcrições das gravações.

Eventos: estudantes universitários foram entrevistados clinicamente acerca de alguns conceitos de eletricidade (campo elétrico, potencial elétrico, diferença de potencial, intensidade de corrente) antes de receber instrução (Método Keller, programação linear uniforme, livro de texto Halliday & Resnick) e depois de tê-la recebido.

Figura A5. Vê de uma pesquisa em ensino (Dominguez, 1985; Moreira, 1990).

APÊNDICE 2

Pós-escrito

Os diagramas V foram criados para ajudar estudantes a identificar os componentes do processo de produção do conhecimento ou, em outras palavras, a estrutura do conhecimento. A idéia subjacente é a de que como o conhecimento não é descoberto e sim produzido pelas pessoas, ele tem uma estrutura que pode ser analisada (Gowin, 1981). Ao entender como o conhecimento é construído, os aprendizes podem se dar conta de sua própria construção. Nesse sentido, os diagramas V são também estratégias metacognitivas.

Assim como os mapas conceituais, os diagramas V foram originalmente usados com estudantes de pós-graduação da Universidade Cornell em meados dos anos setenta, mas são hoje utilizados em todos os níveis de instrução e na maioria das matérias de ensino. O diagrama V original, tal como proposto por Gowin (1981), é o apresentado na Figura P.S. 1.

De maneira ainda mais esquemática, os diagramas V podem ser esboçados como mostra a Figura P.S.2. Contudo, muitos professores e estudantes estão interpretando e usando o Vê como se fosse um questionário a ser preenchido, tal como ilustrado na Figura P.S.3. Esta interpretação trivializa o Vê e ignora, ou obscurece, seus aspectos mais relevantes: a **interação entre pensar e fazer** na construção do conhecimento e sua **convergência nos objetos ou eventos** sobre os quais são formuladas as questões de pesquisa. Ao não dar importância à permanente interação entre os dois lados do Vê, professores e alunos tendem a interpretar o lado direito como uma seqüência de passos que conduzirá à descoberta de alguma coisa. Quer dizer, eles parecem perceber no lado direito a visão empirista-indutivista do método científico. Esta perspectiva é hoje muito criticada do ponto de vista epistemológico e não deve ser enfatizada no ensino de ciências. Provavelmente, estamos diante de um caso de aprendizagem significativa subordinada derivativa: o método científico como uma receita indutivista, independente de teoria, é um significado bastante comum e estável na estrutura cognitiva de muitos professores e alunos para a produção de conhecimento; naturalmente, eles tendem, então, a dar o mesmo significado ao lado direito do Vê, ignorando a interação com o lado esquerdo. Além disso, infelizmente, a disposição diagramática do lado direito, indo de registros até asserções de conhecimento e de valor, talvez reforce a visão indutivista de método científico que estamos hoje tentando superar no ensino de ciências.

Uma crítica adicional que agora tenho em relação ao diagrama V, tal como proposto por Gowin, é que ele negligencia os componentes "sentimento" e "contexto" na construção do conhecimento. Ou seja, assim como a aprendizagem significativa, a produção do conhecimento é o resultado da integração construtiva de **pensar, sentir e fazer** (agir, atuar) em um **contexto**. (Isso não é de surpreender, pois o conhecimento é produzido por seres humanos cujos pensamentos e ações não podem ser separados de seus sentimentos. Além disso, o conhecimento que eles produzem depende do contexto em que estão.)

Estes aspectos da construção do conhecimento não estão contemplados, explicitamente, no Vê epistemológico original. Obviamente, em trabalhos de pesquisa e outras produções intelectuais os autores, em geral, não relatam seus sentimentos ou alguns indicadores deles. Da maneira análoga, o contexto também não é claramente descrito (apesar de que, nesse caso, às vezes se possa fazer inferências). Portanto, ao "desempacotar"

conhecimentos documentados, freqüentemente não somos capazes de identificar os componentes **sentimento** e **contexto** na produção do conhecimento. Mas isso não deve ser motivo para mostrar aos aprendizes somente um diagrama que enfatiza apenas o pensar e o fazer. A questão é que embora, na maioria dos casos, sentimentos e contextos não possam ser identificados ou inferidos, eles estão sempre presentes na produção do conhecimento.

Deveríamos, então, no ensino focar a produção do conhecimento de um ponto de vista mais abrangente, antes de chegar aos pensamentos e ações que são mais facilmente detectados no processo de construção do conhecimento. Na figura P.S.4 proponho um diagrama V alternativo que pode ser útil para tal finalidade.

Este pós-escrito é uma crítica tanto ao mau uso instrucional do Vê de Gowin como ao próprio Vê original. Contudo, é uma crítica que me surge agora depois de quase vinte anos do uso do Vê em meus escritos, pesquisas e aulas. O Vê é um importante e inovador recurso instrucional, mas para explorar toda sua potencialidade é preciso ser crítico e evitar visões simplistas, reducionistas, epistemologicamente superadas, da produção do conhecimento. Na verdade, é também uma autocrítica que espero ser útil aos atuais e futuros usuários do Vê epistemológico de Gowin.

M.A. Moreira
Junho de 1994
Revisado em Fevereiro de 2006

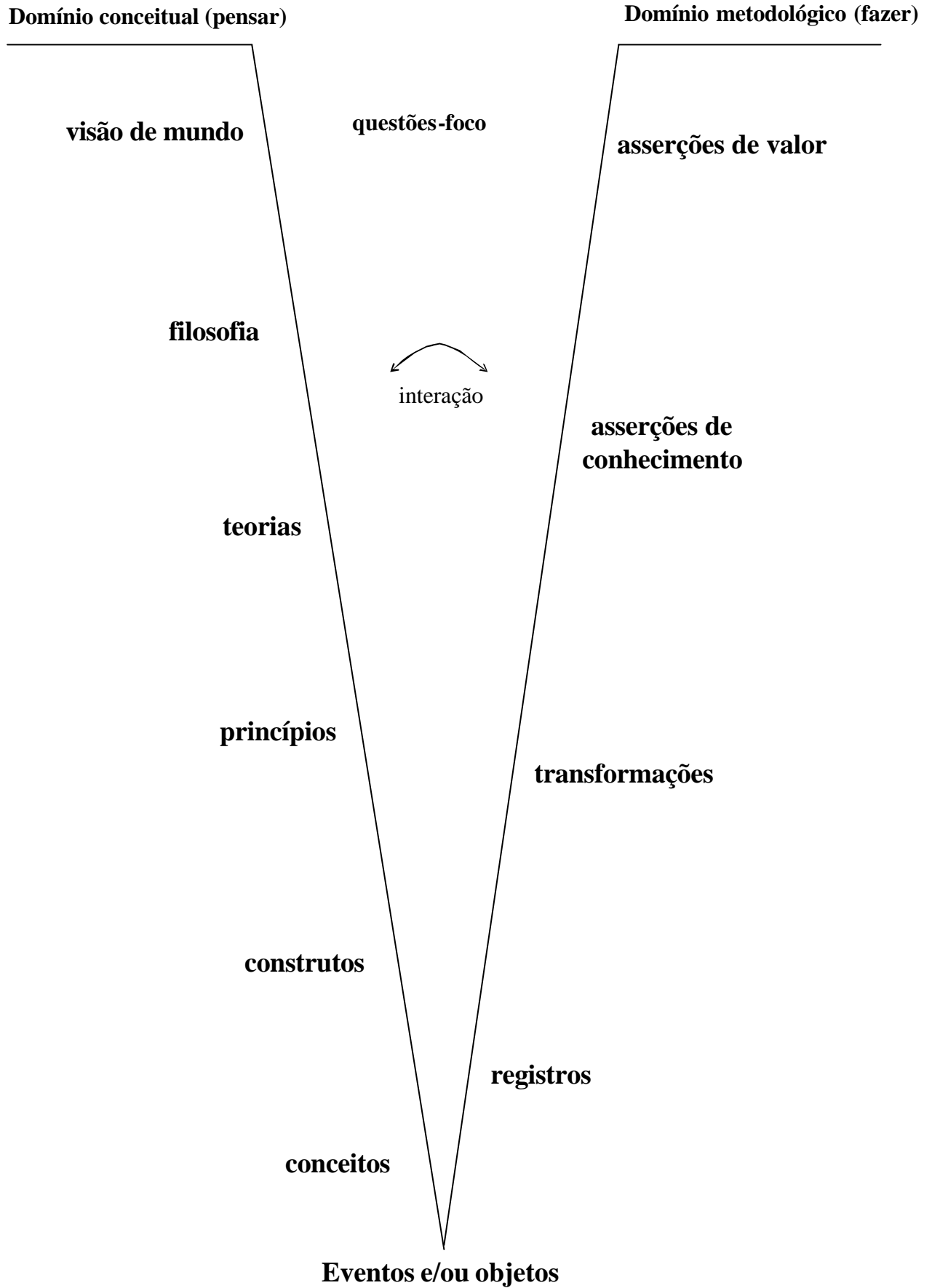


Figura P.S. 1. O diagrama V de Gowin original.

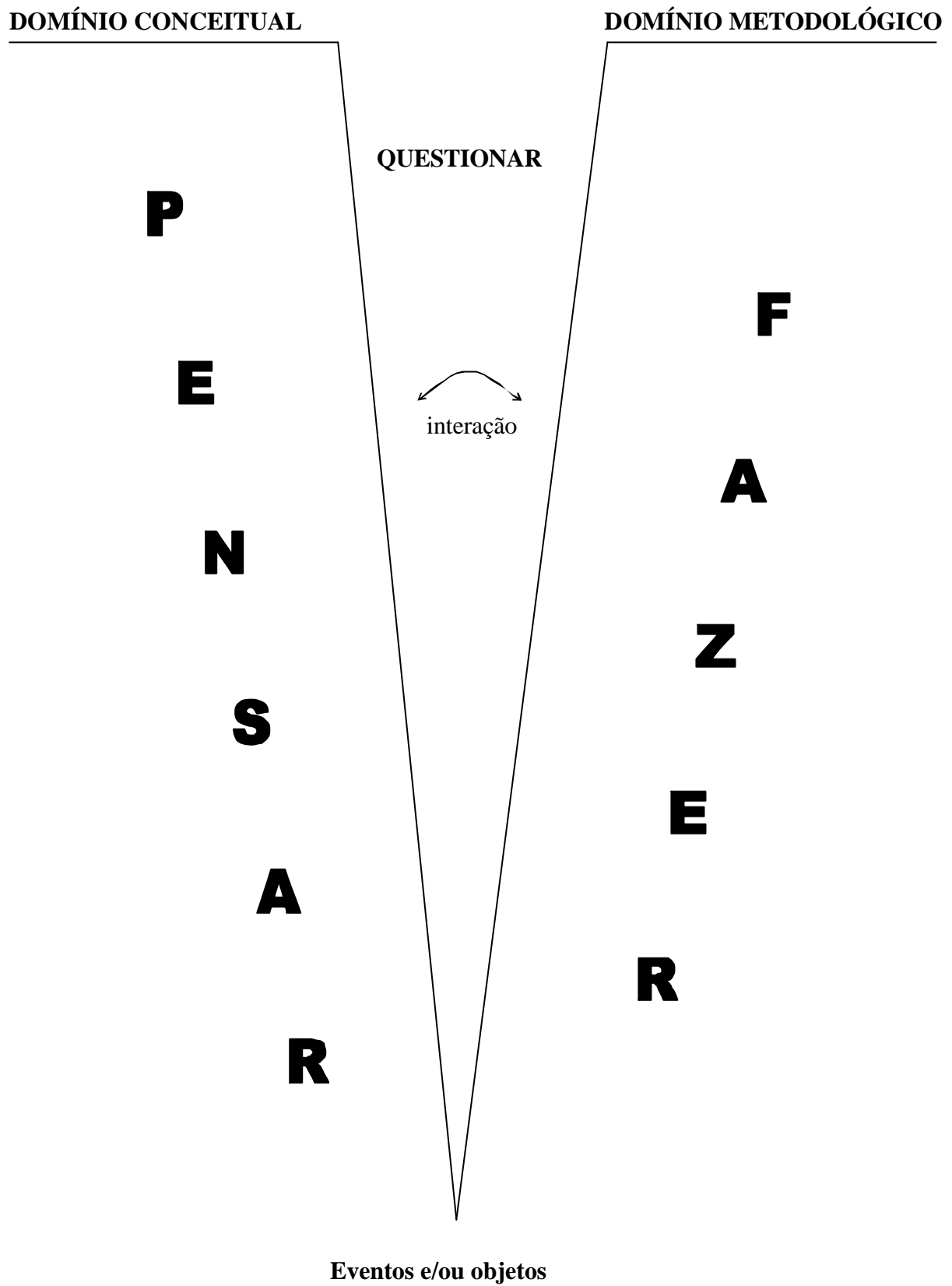


Figura P.S.2. Uma visão mais esquemática do V de Gowin.

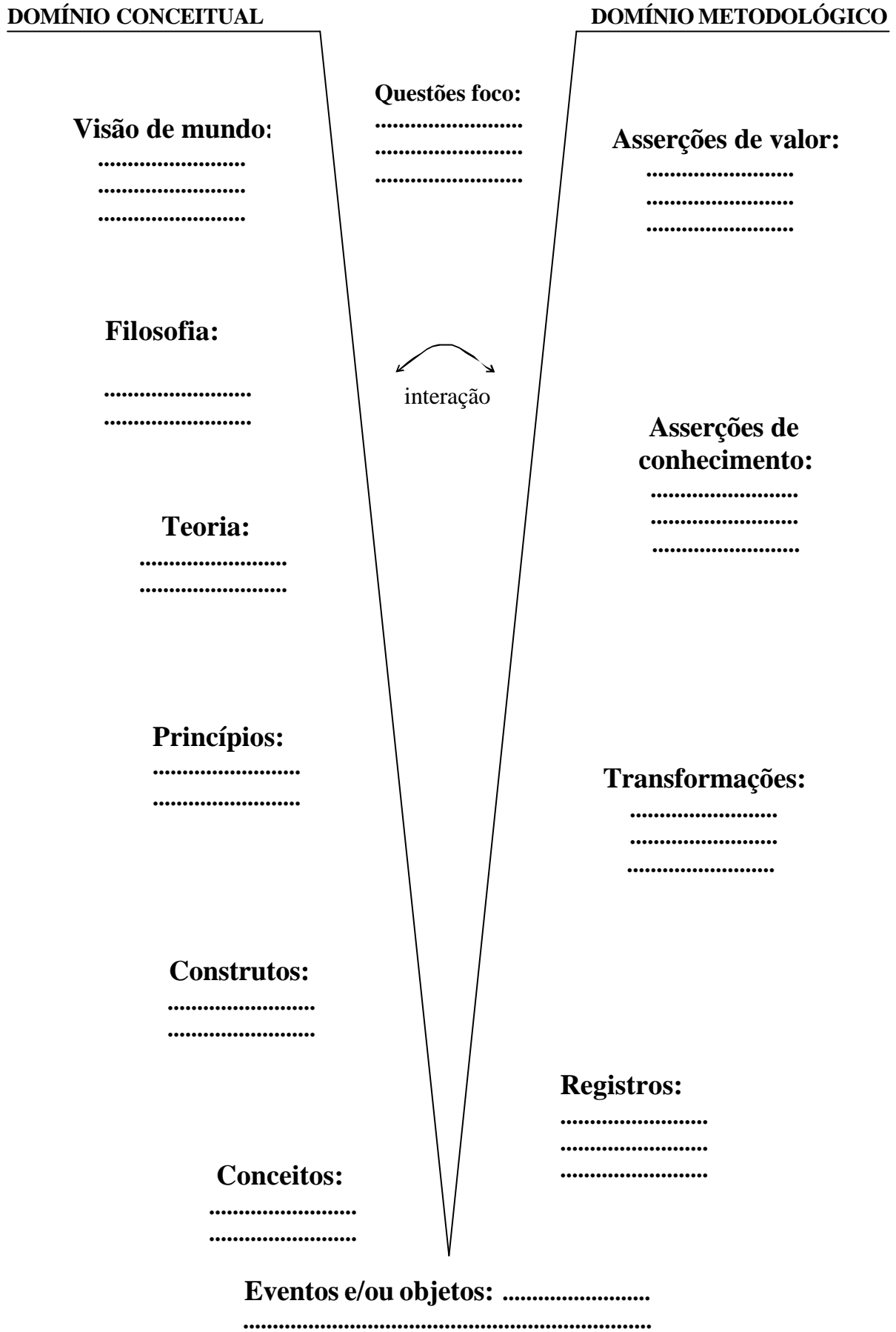
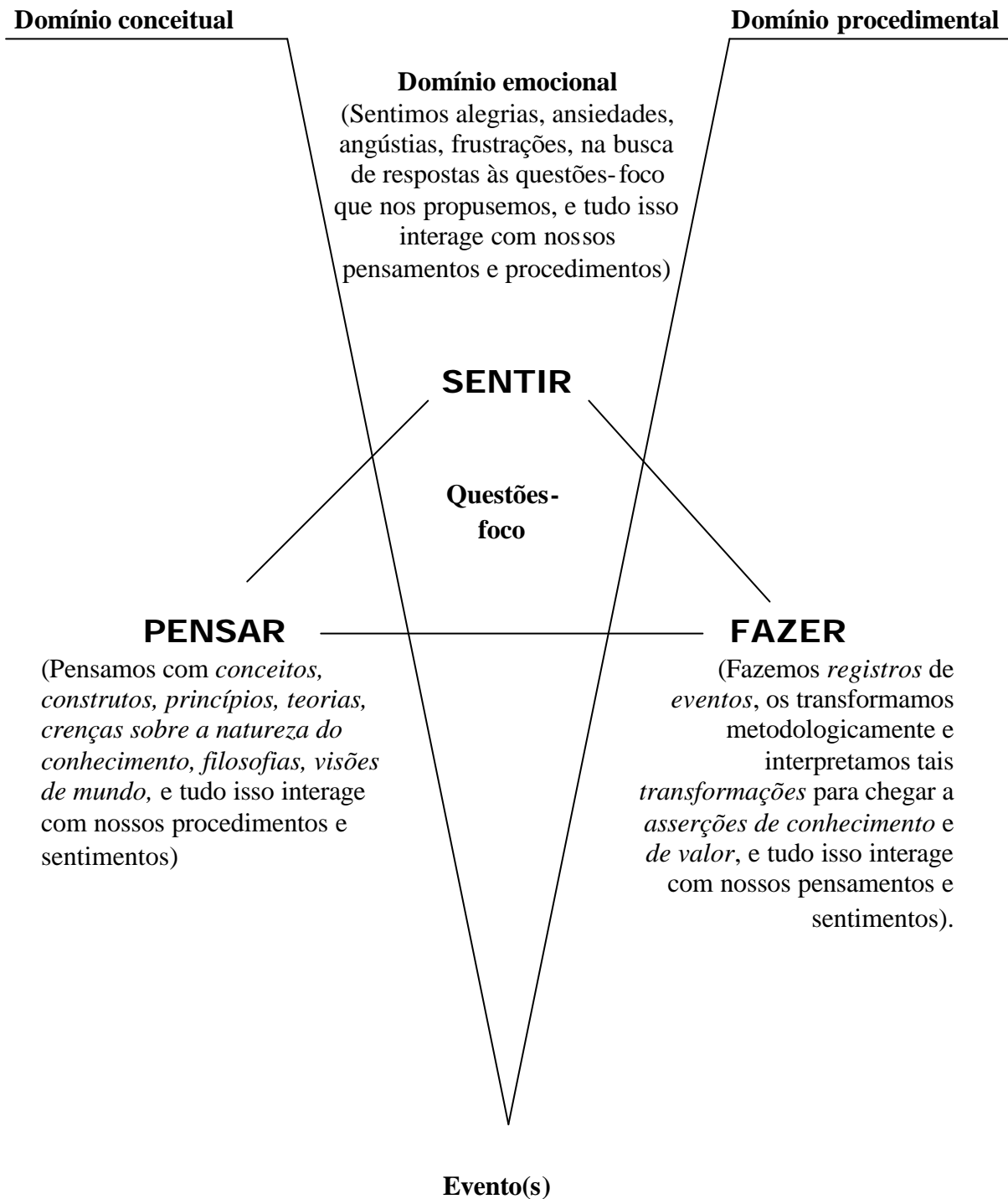


Figura P.S. 3. O diagrama V visto (erradamente) como um questionário.



Contexto: a produção de conhecimento ocorre dentro de um contexto (sócio-histórico, cultural, institucional, econômico, político, ...) que a influencia.

Figura P.S.4. Um diagrama V incluindo o sentir e o contexto na produção do conhecimento.

APÊNDICE 3¹

O que é o Vê?

O Vê é uma ferramenta que nos ajuda a entender e aprender. Uma vez que o conhecimento não é descoberto, mas construído pelas pessoas, ele tem uma estrutura que pode ser analisada. O Vê nos ajuda a identificar os componentes do conhecimento, clarificar suas relações, e apresentá-los em um modo visualmente compacto e claro. São muitos os benefícios do uso do Vê.

Como se constrói o Vê?

A figura anexa define os componentes do Vê e mostra com ele como ele pode ser usado para ajudar a delinear uma pesquisa. A forma do Vê é, literalmente, um "Vê". No centro do Vê está a questão que o pesquisador formulou. O Vê aponta para o evento (por exemplo, entrevistas) que ele ou ela planejou para poder tentar responder a questão. Clarificar estes dois componentes, a questão e o evento, são os passos críticos iniciais em qualquer estudo.

O lado esquerdo

Nenhuma pergunta é feita, ou evento planejado, estudado ou interpretado isoladamente. Toda a pesquisa é influenciada pelas concepções dos pesquisadores pelas "viseiras conceituais" através das quais eles vêem seu trabalho. Suas filosofias, teorias e perspectivas os levam a formular certas perguntas, a planejar certos eventos que eles pensam que fornecerão respostas e a interpretar os dados de uma certa maneira. Logo, o lado esquerdo do Vê contém importantes, e às vezes negligenciados, componentes da pesquisa. O Vê desafia os pesquisadores a serem mais explícitos e conscientes sobre o papel que suas visões de mundo desempenham em suas pesquisas, forçando-os a realmente pensar sobre as filosofias, teorias, princípios e conceitos que estão guiando suas investigações. Os componentes do lado esquerdo, portanto, interagem com os do lado direito.

O lado direito

O lado direito do Vê contém os componentes que, provavelmente, nos são mais familiares, as atividades práticas da pesquisa: fazer registros (coletar dados brutos), transformar os dados em formas analisáveis (estatísticas, gráficos, tabelas, mapas conceituais) e fazer asserções a partir dos resultados das transformações. Como foi dito, estas atividades são influenciadas pelos componentes do lado esquerdo. Por exemplo, a teoria da aprendizagem significativa adotada por uma professora pesquisadora poderia levá-la a conduzir entrevistas individualizadas com cada um de seus alunos (para responder certa questão de pesquisa), gravar as entrevistas em fitas magnéticas, transcrevê-las e transformá-

¹ Material usado por D.B. Gowin em um "workshop" sobre o Vê epistemológico por ele dirigido durante o III Seminário Internacional sobre Concepções Alternativas e Estratégias Instrucionais em Ciências e Matemática, realizado na Universidade de Cornell, U.S.A., de 01 a 04 de agosto de 1994.

las em mapas conceituais a serem analisados qualitativamente. Outros pesquisadores poderiam usar somente questionários planejados para outro tipo de registro e transformações que culminasse em análise quantitativa (estatística) que geraria resultados de outra natureza.

Muitos pesquisadores se concentram nas asserções de conhecimento (ou seja, naquilo que os resultados significam, no conhecimento produzido) sem dar atenção às asserções de valor (isto é, o valor do estudo feito) que deveriam ter sido feitas sobre, ou que deveriam ter sido levadas em conta antes de sua pesquisa. A inclusão desta categoria no lado direito do Vê reflete a visão de seu criador sobre o conhecimento -- trata-se de uma construção humana e no processo de construí-la através da pesquisa não há como deixar de perguntar: "Para que serve?" e "A quem importa?" Alguns pesquisadores pretendem evitar tais questões dizendo que estão fazendo pesquisa objetiva, básica e que tais indagações não se aplicam. Mas o Vê sugere que respostas a estas perguntas devem ser uma parte importante de qualquer pesquisa.

Em resumo

O Vê aponta para o evento a ser estudado, sobre o qual a questão de pesquisa é formulada. O lado direito do Vê ilustra os elementos metodológicos da pesquisa -- registros, transformações de registros em dados, e asserções de conhecimento e de valor resultantes da interpretação dos dados. O lado esquerdo é conceitual, descrevendo conceitos, princípios, teorias e filosofias que guiam a formulação da questão, o planejamento do evento e as atividades do lado direito. Existe uma contínua interação entre os componentes de ambos os lados, ajudando a clarificar e integrar a estrutura do conhecimento.

Sua primeira tentativa

Quando você construir seu primeiro diagrama Vê, talvez analisando algum relatório de pesquisa ou planejando um experimento de laboratório, não espere entendê-lo e usá-lo instantaneamente. Familiarizar-se com o Vê requer prática. Um período inicial de experiência irá ajudar-lhe a ter consciência de como o Vê funciona melhor para você.

Por que se importar com o Vê no ensino de ciências?

Várias das muitas aplicações possíveis do Vê no ensino de ciências incluem seu uso no planejamento de uma pesquisa, na análise de relatórios (ou artigos) de pesquisa, de livros de texto e outros materiais curriculares que você estará usando quando estiver dando suas aulas e tentando melhorar sua ação docente. O Vê também poderá ajudar seus alunos a entender a pesquisa como produção de conhecimento. O aspecto excitante sobre o uso do Vê é justamente que ele nos ajuda a compreender mais claramente como nosso conhecimento é construído; uma compreensão enriquecedora, útil e duradoura.

O diagrama V mostra os elementos epistemológicos envolvidos na construção e descrição de novos conhecimentos. Todos elementos interagem uns com os outros no processo de construção de novas asserções de conhecimento ou de valor, ou na tentativa de compreendê-los para quaisquer conjuntos de eventos e questões.

O diagrama V

Domínio Conceitual/Teórico (Pensar)

Visão de mundo: crenças gerais, amplas, abrangentes que motivam e guiam a pesquisa.

Filosofia: crenças sobre a natureza do conhecimento que guiam a investigação.

Teoria: princípios gerais que guiam a pesquisa explicando porque eventos ou objetos exibem o que é observado.

Princípios: enunciados de relações entre conceitos que explicam como se pode esperar que eventos ou objetos possam se apresentar ou comportar.

Construtos: idéias mostrando relações específicas entre conceitos sem origem direta em eventos ou objetos.

Conceitos: regularidades percebidas em eventos ou objetos indicadas por um rótulo (a palavra conceito).

Questões-foco:

Perguntas que servem para focalizar a pesquisa sobre eventos e/ou objetos estudados



Domínio Metodológico (Fazer)

Asserções de valor: enunciados baseados nas asserções de conhecimento que declaram o valor, a importância da pesquisa.

Asserções de conhecimento: enunciados que respondem a(s) questão(ões)-foco e que são interpretações razoáveis dos registros e das transformações dos registros (dados) feitos.

Transformações: tabelas, gráficos, mapas conceituais, estatísticas ou outras formas de organização dos registros feitos.

Registros: observações feitas e registradas dos eventos/objetos estudados (dados brutos).

Eventos e/ou objetos: descrição do(s) evento(s) e/ou objeto(s) a ser(em) estudado(s) a fim de responder a(s) questão(ões)-foco.

Procedimentos para Ensinar Diagramas V

1. Escolha um evento de laboratório ou de campo (ou um objeto) que seja relativamente simples de observar e para o qual uma ou mais questões-foco possam ser facilmente identificadas. Alternativamente, um trabalho de pesquisa com características semelhantes pode ser usado depois que todos os alunos (e professor) o tenham lido cuidadosamente.
2. Comece com uma discussão sobre o evento ou objeto que está sendo observado. Assegure-se de que o que é identificado é o evento ou objeto para os quais **registros** serão feitos. Surpreendentemente, isso às vezes é difícil.
3. Identifique e escreva o(s) melhor(es) enunciado(s) da(s) questão(ões)-foco. Novamente, certifique-se que a(s) questão(ões)-foco se relaciona(m) com o evento ou objeto estudado e com os registros a serem feitos.
4. Discuta como a(s) questão(ões) serve(m) para focalizar nossa atenção em aspectos específicos do evento ou objeto e **requer(em)** que certos tipos de registros sejam feitos se queremos respondê-la(s). Mostre como uma pergunta diferente sobre o mesmo evento ou objeto implicaria fazer registros distintos (ou com distinto grau de precisão).
5. Discuta a fonte da(s) questão(ões), ou a escolha do evento ou objeto a ser observado. Ajude os alunos a ver que, em geral, são nossos conceitos, princípios ou teorias que nos levam a escolher o que observar e perguntar.
6. Discuta a validade e fidedignidade dos registros. São eles fatos (i.e., registros válidos e fidedignos)? São nossos conceitos, princípios e teorias, relacionados com nossos mecanismos de fazer registros, que lhe asseguram validade e fidedignidade? Há maneiras de obter registros mais válidos e fidedignos?
7. Discuta como podem ser transformados os registros a fim de responder a(s) questão(ões)-foco. Será que certos gráficos, tabelas ou estatísticas serão transformações úteis?
8. Discuta como nossos conceitos, princípios e teorias dirigem nossas transformações dos registros. A estrutura de qualquer gráfico ou tabela, ou a escolha de certas estatísticas, é influenciada por tais conceitos, princípios e teorias.
9. Discuta a construção de **asserções** de conhecimento. Ajude os alunos a ver que questões diferentes poderiam levar a fazer registros distintos e fazer outras transformações dos registros. A consequência disso poderia ser um outro conjunto de **asserções** de conhecimento sobre o evento ou objeto estudado.
10. Discuta as asserções de valor. São enunciados de **valor** do tipo X é **melhor** do que Y, ou X é bom, ou devemos procurar atingir X. Note que as asserções de valor devem derivar das asserções de conhecimento, mas não são a mesma coisa.
11. Mostre como conceitos, princípios e teorias são usados para moldar nossas asserções de conhecimento e podem influenciar nossas asserções de valor.

12. Explore maneiras de como melhorar uma pesquisa examinando qual elemento do Vê parece ser o "elo mais fraco" em nossa cadeia de raciocínio, i.e., na construção de nossas asserções de conhecimento e valor.
13. Ajude os alunos a ver que trabalhamos com uma epistemologia **construtivista** para construir asserções sobre como vemos o mundo funcionando, não como uma epistemologia empirista ou positivista que **prova** alguma verdade sobre como o mundo funciona.
14. Ajude os alunos a ver que uma "visão de mundo" é o que motiva e dirige o pesquisador naquilo que ele ou ela escolhe para tentar entender e controla a energia que despende nessa tentativa. Cientistas se preocupam com valores e procuram sempre melhores maneiras de explicar racionalmente como funciona o mundo. Astrólogos, místicos, criacionistas e outros não se engajam no mesmo empreendimento construtivista.
15. Compare, contraste e discuta diagramas V feitos por diferentes alunos para o mesmo evento ou objeto. Discuta como esta variedade ajuda a ilustrar a natureza construtiva do conhecimento.

APÊNDICE 4

Exemplos adicionais em outras áreas de conhecimento

PENSAR

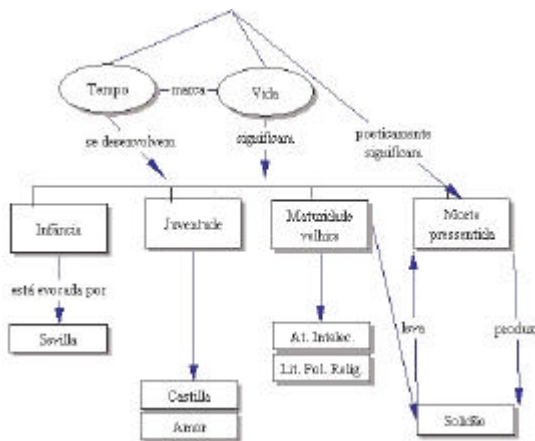
Filosofia: vitalista, bergsoniana (passagem do tempo)

Teoria: modernismo

Princípios: O tempo rege a existência.

A passagem do tempo é aceitável se vive-se de acordo com as próprias idéias.

Conceitos (mapa conceitual):



Questão-foco

O que nos transmite Antonio Machado no poema "Retrato"?

interação



FAZER

Asserção de valor: se considera não doutrinário e sim crítico das doutrinas e seguidor e defensor de sua própria, desprendido, livre-pensador...

Asserções de conhecimento: a história temporal de sua vida, infância, juventude, maturidade, velhice, morte. Seus pensamentos, desejos, sentimentos.

Transformações: conotação – emoção, metáforas, símbolos, epítetos, campos semânticos

Dados: seleção e colocação: adjetivo antes ou proposto, combinação métrica, uso da 1ª pessoa, tempos verbais, artigo ou não.

Registros: palavras como material primário.

Evento/objeto: O próprio poema.

Figura A6. Um diagrama V para o poema "Retrato", de Antonio Machado, elaborado como tarefa de avaliação em um curso sobre aprendizagem significativa e estratégias facilitadoras. Este diagrama foi construído por duas professoras de língua e literatura espanhola (Rosa Bello Medina e Carmen Delgado Sosa, Tenerife, 1996) na condição de alunas do curso. Observe-se que na parte de conceitos do V foi feito um pequeno mapa conceitual. Note-se também que este V ilustra bem o fato de que tal instrumento não é aplicável somente às ciências como se poderia pensar.

Romeu e Julieta e os elementos indicadores da "mão do destino"

Domínio Conceitual

Filosofia:

Determinista: o homem é marcado pelas suas próprias falhas, pela ameaça constante da morte, pela luta que deve travar para que o bem vença as forças contrárias; o caos criado pelo ódio só pode ser ordenado pelo derramamento de sangue, o qual, desde o início, já estava previsto nas estrelas.

Teoria:

Aprendizagem significativa de Ausubel.

Princípios:

A vida é passageira.
O bem e a ordem sempre triunfam, mas o preço da vitória nesta batalha é a morte.

Conceitos principais:

amor, ódio, sonho, realidade, destino, premonição, luta, duelo, casamento, desobediência, autoridade, lei, exílio, noite, dia, luz, sombra, amizade, inimizade, dedicação, juventude, sabedoria, morte, vida, nome, cavalheirismo, parentesco, poções.

Questões-básicas

1. Por que, para a consumação da tragédia, Romeu e Julieta são marcados pelas estrelas da inimizade de Capuletos e Montechios?
2. Por que o Príncipe é importante para o desenvolvimento e o desfecho da tragédia?
3. Quais são os outros elementos que conduzem a ação da peça à tragédia final?

Interação



Domínio Metodológico

Asserções de valor:

A morte dos dois amantes foi importante para que Verona pudesse ter paz.
Nossas tragédias internas são muito mais deflagradas pela nossa própria vontade e escolha do que por razões delineadas nas estrelas, ou porque outros, assim, decidiram. Elementos externos podem ter influência sobre nossas vidas, mas não têm, sempre, o poder de, por si sós, conduzirem a um fim trágico.
A leitura de Romeu e Julieta nos mostra valores da época elizabetana, cujo teor podemos contrastar com o cotidiano de hoje, o qual ainda apresenta a eterna luta entre o bem e o mal, o amor e o ódio, a juventude e a velhice, a discriminação às classes sociais.
Mapas conceituais são recursos valiosos para chegar às diversas leituras do texto Romeu e Julieta, de William Shakespeare.

Asserções de conhecimento:

1. É a inimizade, já muito antiga, entre as famílias que vai determinar a morte prematura dos jovens apaixonados. Este ódio, cujo motivo gerador já foi esquecido, torna impossível o final feliz. Talvez esse sentimento forte fosse o único verossímil para o desencadeamento coerente e coeso dos atos e cenas até a fala final do Príncipe.
2. O Príncipe representa a autoridade instituída, e suas manifestações públicas devem ser respeitadas. É ele quem determina, sob ameaça de morte, a extradição de Romeu e, assim, acelera os movimentos finais da peça. É a voz dele que fala, na última cena, da dor e, também, da reconciliação dos inimigos.
3. Outros elementos do determinismo, no traçado do destino, são, entre outros: o analfabetismo do criado dos Capuletos com a lista dos convidados para a festa. O 'amor livresco' de Romeu por Rosalina; a peste em Mântua que impede a entrada e saída de pessoas na cidade; o encontro de Romeu com Paris, à entrada do jazigo, que poderia ter sido alguns minutos mais longo; a droga que Julieta toma tem um efeito retardado em questão de minutos; os guardas que chegam à tumba e afugentam Frei Lourenço, o qual, desta forma, não salva Julieta.

Transformações:

Análise qualitativa dos mapas e resumo dos pontos principais do debate; texto escrito sobre 'a mão do destino' em Romeu e Julieta.

Registros:

Mapas conceituais e notas do debate oral

Evento: Estudantes universitários, do Curso de Letras, lendo Romeu e Julieta e traçando mapas e notas conceituais para extrair e organizar conhecimentos sobre as marcas do destino, no texto, às quais conduzem sua ação ao desfecho trágico.

Figura A7. Vê epistemológico de Gowin para a questão do destino no texto de Shakespeare, Romeu e Julieta. (Marli Merker Moreira, Unisinos, Brasil, Departamento de Línguas Estrangeiras, 1993.)

Dominio conceptual**Filosofía:**

El desarrollo de la microbiología está limitado por la propia tecnología en materia de microscopía, la cual nos aporta la experiencia necesaria para elaborar nuestros argumentos.

Teorías:

Distintos modelos de la estructura de la membrana plasmática que pretenden explicar también su fisiología: desde el modelo de Langmuir ? (1917) monocapa de fosfolípidos ? hasta el actual de Singer y Nicholson (1972) del mosaico fluido.

Principios:

- ? Los transportes de difusión pasiva simple, difusión facilitada, transporte activo, endocitosis y exocitosis justifican la permeabilidad de la membrana plasmática y las características que le proporcionan los lípidos.
- ? El transporte de moléculas e iones a través de la membrana puede ser pasivo (espontáneo) o activo (requiere aporte de energía).

Conceptos:

Lípidos, proteínas, célula, transporte, microscopía, permeabilidad, ...

Cuestiones-foco

- ¿Qué es la membrana plasmática?
- ¿Cuál es su estructura?
- ¿Qué funciones biológicas desempeña?

Interacción

**Dominio metodológico**

Aseveraciones de valor: La membrana es una estructura fundamental que puede explicar gran parte de las patologías de la célula.

Aseveraciones de conocimiento:

Es una delgada lámina de 75Å de grosor que envuelve completamente a la célula y la separa del medio externo. Según el modelo actual, la membrana plasmática está compuesta por un mosaico fluido de proteínas que flotan como icebergs en un mar de fosfolípidos que se disponen en una bicapa lipídica.

Funciones:

- ? Permeabilidad selectiva (mediante distintos tipos de transporte).
- ? Producir, modular y conservar gradientes electroquímicos entre los medios.
- ? Recibir y transmitir señales.
- ? Controlar el desarrollo y la división celular.
- ? Delimitar compartimientos dentro de la célula.

Transformaciones:

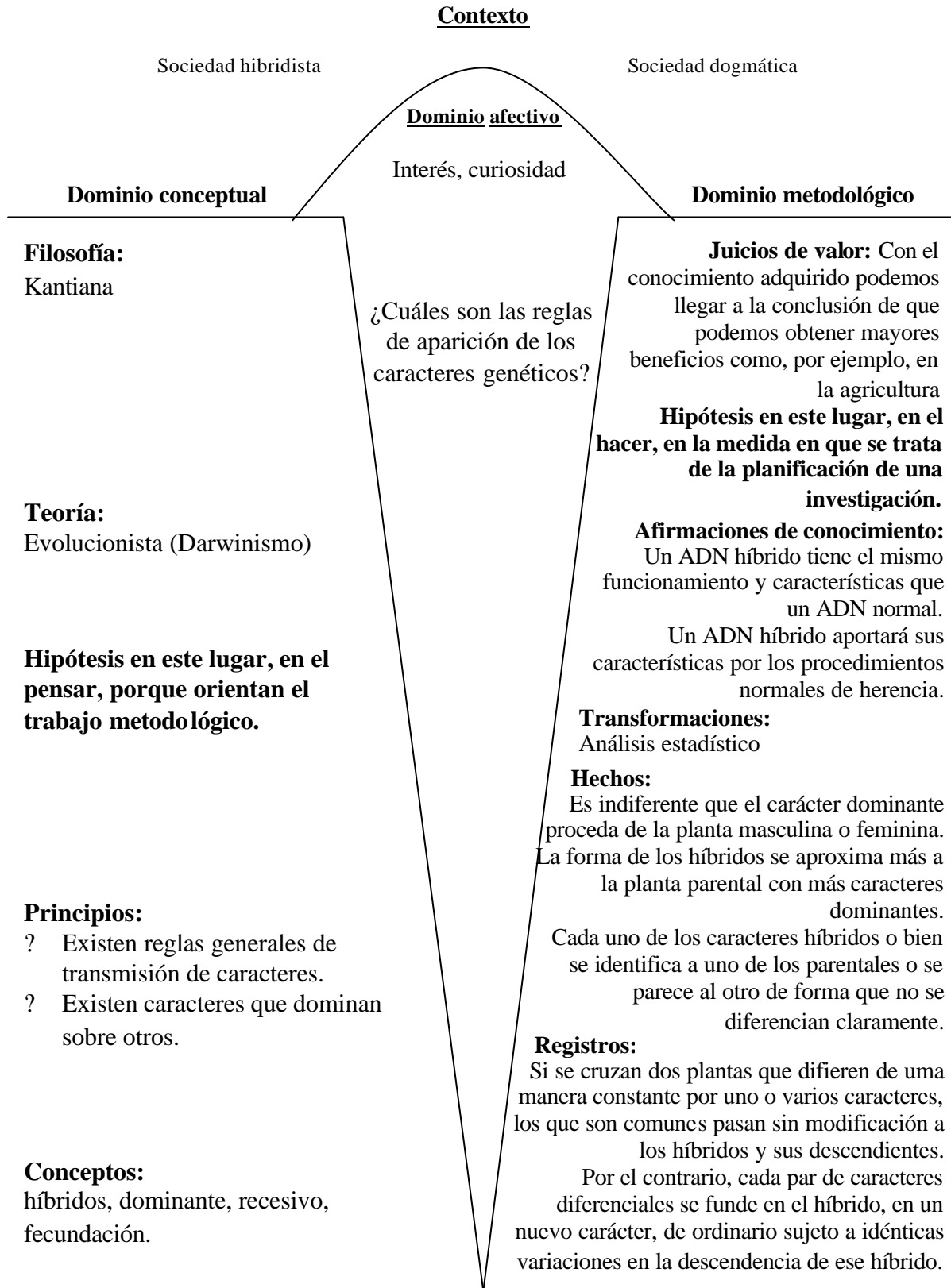
El comportamiento anfipático de los lípidos de la membrana le confiere a ésta la capacidad de autoensamblaje, autosellado, fluidez e impermeabilidad (a sustancias polares).

Datos:

- ? Permeabilidad a sustancias lipófilas.
- ? La permeabilidad a sustancias no disociables depende de la solubilidad en lípidos.
- ? Comportamiento anfótero.
- ? Ruptura de la membrana; se consigue con enzimas digestivos de lípidos o proteínas.
- ? Composición general: lípidos (glicerofosfolípidos, glucolípidos) y proteínas de distintos tipos.

Evento/ objeto: Estudio microscópico de la membrana plasmática.

Figura A8. V epistemológica elaborada por un grupo de estudiantes de COU (17/18 años) relativa al estudio de la membrana plasmática, en la asignatura de Biología. (Curso 1995/96, La Laguna, Tenerife)



Evento: Semillas y plantas de leguminosas.
Conocimientos de estadística.

Figura A9. V epistemológica incorporando contexto y vertiente afectiva (elaborada por el alumnado de Biología de COU (17/18 años) durante el curso 96/95, La laguna, Tenerife).

APÊNDICE 5

ADAPTAÇÃO DO VÊ DE GOWIN PARA A MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAIS APLICADA AO ENSINO

Ives Solano Araujo, Eliane Angela Veit & Marco Antonio Moreira

Dentre as diversas modalidades de uso do computador no ensino de Ciências em geral, e Física em particular, as atividades de simulação e modelagem computacionais destacam-se por, potencialmente, permitirem ao aluno uma melhor compreensão de modelos científicos, explicitando relações entre variáveis, visualizações de elementos altamente abstratos, e sua interação com o conteúdo a ser aprendido, entre outras coisas. Estas atividades, a nosso ver, distinguem-se entre si, basicamente, pelo acesso que o aluno tem ao modelo matemático ou icônico subjacente à sua implementação. Em uma simulação computacional representando um modelo físico, o aluno pode inserir valores iniciais para variáveis, alterar parâmetros e, de forma limitada, modificar as relações entre as variáveis; entretanto, ele não tem autonomia para modificar o cerne da simulação (definido por um modelo matemático pré-especificado), ou seja, acesso aos elementos mais básicos que a constituem. A interação do aluno com a simulação tem um caráter eminentemente exploratório. Em relação à modelagem computacional também podemos pensar em um modo exploratório em que o aluno recebe um modelo computacional pronto devendo explorá-lo, mas com a diferença, agora, de que ele tem acesso aos seus primitivos, mesmo que em determinadas atividades não lhe seja solicitada a alteração da estrutura básica do modelo.

As atividades exploratórias em geral caracterizam-se pela observação, análise e interação do sujeito com modelos já construídos no intuito de permitir ao aluno a percepção e a compreensão das eventuais relações existentes entre a matemática, subjacente ao modelo, e o fenômeno físico em questão. Neste tipo de atividade, o aluno é motivado a interagir com o modelo computacional a fim de responder questões apresentadas em forma de perguntas dirigidas e “desafios”. Esta interação é feita através de modificações nos valores iniciais e parâmetros do modelo podendo ser utilizados recursos como “barras de rolagem” e “botões” para facilitar as modificações dos mesmos. No caso da atividade exploratória de modelagem computacional o aluno tem acesso à estrutura básica do modelo implementado, podendo modificá-lo se desejado.

Outro modo possível de trabalhar com modelagem computacional aplicada ao ensino é o chamado modo expressivo². As atividades desenvolvidas neste modo podem ser caracterizadas pelo processo de construção do modelo desde sua estrutura matemática até a análise dos resultados gerados por ele³. Neste tipo de atividade são apresentadas questões que visam à elaboração de modelos a partir de determinados fenômenos de interesse, sobre os quais podem ser fornecidas tanto informações qualitativas quanto quantitativas do sistema. O aluno pode interagir totalmente com o seu modelo, podendo reconstruí-lo tantas vezes quanto lhe pareça necessário para a validação do modelo computacional e a produção de resultados que lhe sejam satisfatórios.

² Muitas vezes denominado de modo de criação.

³ Nesta categoria há diferentes formas de implementação do modelo computacional, por ex., inserindo equações matemáticas e/ou montando diagramas icônicos em um software apropriado, ou usando alguma linguagem de programação.

Baseados no grande sucesso obtido pelo uso do diagrama V, também conhecido como Vê de Gowin (Gowin, 1981; Moreira & Buchweitz, 1993), na análise do processo de produção de conhecimento e para extrair conhecimentos documentados em artigos de pesquisa, livros, ensaios, etc., decidimos propor uma Adaptação do Vê de Gowin para a Modelagem e simulação computacionais (o diagrama AVM), conforme apresentado em Araujo (2005).

O formato em Vê do diagrama, originalmente proposto por Gowin, não é algo fundamental. Outros formatos poderiam ser utilizados, porém adotamos no diagrama AVM o formato em V por evidenciar a interação entre os dois domínios indispensáveis para a construção de um modelo computacional dirigido ao processo de ensino-aprendizagem de Física: o domínio teórico, relacionado à concepção do modelo computacional, e o domínio metodológico associado à implementação e/ou exploração deste modelo.

No centro do diagrama AVM, estão o *fenômeno de interesse* que desejamos abordar, e as *questões-foco* que direcionam a análise/construção do modelo computacional. Na base do diagrama, estão as *situação-problema* que são descrições da situação/evento sob investigação para responder as questões-foco, e que contextualizam o fenômeno de interesse.

Os lados esquerdo e direito do diagrama AVM podem ser visualizados com maior detalhes na Figura 1. O lado esquerdo do diagrama concentra os aspectos teóricos do planejamento/análise do modelo computacional. Neste lado, aparece a *filosofia*, ou sistemas de crenças subjacentes ao processo de modelagem da situação-problema, as *teorias, princípios, teoremas e leis* que guiam a elaboração do modelo, as *idealizações e aproximações* assumidas, que determinam o contexto de validade do modelo, as *entidades* internas ao sistema que está sendo modelado e os agentes externos que atuam sobre ele, os *signos* que as representam, as *variáveis e parâmetros* usados para representar estados e propriedades das entidades no modelo, as *relações* matemáticas ou proposicionais (na forma de um enunciado técnico, como “quanto maior isso...menor aquilo”), os *resultados conhecidos* usados para uma validação inicial do modelo, que podem ser depreendidos das teorias, princípios, teoremas e leis adotados na construção do modelo científico que se quer representar no computador e que também dependerão do conhecimento prévio do modelador sobre o sistema representado. Por último temos as *predições* que nada mais são do que tentativas iniciais de responder as questões-foco antes de executar o modelo.

No lado direito do diagrama AVM, correspondente ao domínio metodológico, estão: os *registros*, ou seja, as dados coletados para tentar responder as questões-foco; os *elementos interativos*, relacionados com as possibilidades de alteração dos parâmetros e variáveis durante o tempo de execução do modelo computacional; as *representações* fornecidas pelo modelo (gráficos, tabelas, etc.) e pertinentes à busca de respostas, feitas a partir de transformações dos registros, e a *categorização da modelagem*, conforme a seguinte classificação quanto:

- a) ao modo (*expressivo*: quando o modelo é construído pelo sujeito; ou *exploratório*: quando o sujeito apenas o explora);
- b) ao tipo (*qualitativa*: ligada à modelagem de construções lingüísticas e produções textuais; *semiquantitativa*: ligada ao uso de diagramas causais, sem o uso de relações numéricas; *quantitativa*: vinculada a modelos matemáticos, envolvendo valores numéricos e relações do tipo desigualdades e equações);
- c) à implementação: no modo expressivo, uma descrição da forma em que o modelo foi implementado no computador (através de metáforas, linguagem de programação, inserção de

equações semelhante a forma manuscrita, etc) e da ferramenta utilizada (*PowerSim, Fortran, Modellus*, etc.) No modo exploratório, uma indicação se é uma simulação autônoma, ou se precisa ser executada dentro de algum programa. Sempre que possível deve ser indicada a ferramenta computacional usada para construir a simulação.

Ainda no lado direito do Vê, temos a etapa de *validação do modelo*, na qual comparamos os resultados conhecidos com os resultados gerados pelo modelo. Caso haja discordância entre ambos, o modelo é considerado insatisfatório e deverá ser modificado até que passe a reproduzir os resultados conhecidos. Neste estágio, diz-se que o modelo está validado. Então, passa-se a obter as *asserções do modelo*, ou seja, as respostas à(s) questão(ões)-foco, que sejam interpretações razoáveis dos registros e das representações fornecidas pelo modelo, permitindo também a avaliação das predições. Por último, temos as *possíveis generalizações e expansões do modelo*, que são as generalizações sobre a aplicabilidade da estrutura do modelo e como expandi-lo de modo a incluir variáveis e relações não consideradas inicialmente (mudança nas idealizações e princípios), ampliando o contexto de validade do mesmo.

É importante salientar que há uma permanente interação entre os dois lados do diagrama AVM, de modo que tudo que é feito no lado metodológico, é guiado pelos componentes do lado conceitual, na tentativa de construir/analisar o modelo e responder as questões-foco. Esta interação mimetiza a recursividade intrínseca ao processo de modelagem. Propomos quatro aplicações para o diagrama AVM no ensino da modelagem computacional e na exploração de simulações computacionais para a aprendizagem de conteúdos específicos.

- 1) **Modo exploratório dirigido:** no diagrama AVM, o fenômeno de interesse, as questões-foco e a situação-problema são definidos pelo professor e uma simulação computacional é apresentada. A elaboração reflexiva do Vê servirá como um guia para exploração do modelo de modo a responder as questões-foco. Atividades construídas desta forma podem evitar que os alunos se distraiam com detalhes e não captem os aspectos essenciais do modelo focados pelo professor, principalmente em simulações muito elaboradas e "realistas".
- 2) **Modo exploratório aberto:** é apresentada uma simulação computacional e pede-se que, através do diagrama AVM, o aluno explore de forma reflexiva o modelo, dando atenção especial à formulação das questões-foco. Este modo pode ser especialmente útil para a construção de materiais educacionais a partir de simulações criadas por terceiros, o que é interessante tanto para o próprio professor, que venha a usar materiais disponíveis na rede, por exemplo, quanto para alunos.
- 3) **Modo expressivo dirigido:** neste caso o fenômeno de interesse, as questões-foco e a situação-problema são fornecidas previamente pelo professor, ficando a cargo do aluno elaborar o restante do Vê e construir seu modelo computacional correspondente. Este modo pode ser usado quando desejamos que o aluno construa um modelo computacional sobre um determinado conteúdo, levando em consideração aspectos-foco definidos pelo professor.
- 4) **Modo expressivo aberto:** são propostas atividades em que o aluno deve construir o modelo computacional a partir da elaboração reflexiva do diagrama AVM, definindo ele mesmo as questões-foco e a situação-problema, que guiarão o seu trabalho. Este modo de uso do diagrama AVM pode guiar também o professor na construção de seus próprios modelos.

Durante o processo de criação do diagrama AVM, como um instrumento heurístico para a modelagem e simulação computacionais aplicadas ao ensino de Física, consideramos os cinco estágios não-hierárquicos definidos por Halloun (Halloun, 1996), os seis estágios

definidos por Santos & Ogborn (1992), a estratégia para construção de modelos apresentada por Ferracioli & Camiletti (2002), as considerações sobre o modo e o tipo de atividades de modelagem computacional feitas por Santos & Ogborn (1994) e também elementos da metodologia P.O.E. (*Predict Observe Explain*) (Tao & Gunstone, 1999). Estes elementos aparecem “diluídos” em vários campos do diagrama AVM e os estágios no processo dialético de elaboração do mesmo.

Nas atividades de ensino no modo exploratório, instigamos o aluno a se questionar sobre as relações existentes entre as várias variáveis envolvidas, fazendo com que se questione constantemente sobre os efeitos de suas ações sobre os resultados gerados pelo modelo. Normalmente esta questão pode ser descrita como: - se eu alterar "isso" o que acontece com "aquilo"? Este raciocínio causal subjacente serve como pano de fundo para a promoção da interatividade. Nas atividades de ensino no modo expressivo, o diagrama AVM foi concebido para servir de instrumento heurístico para a elaboração de modelos computacionais aplicados ao ensino.

Exemplos

Nas figuras 2 e 3 são apresentados dois exemplos de diagramas AVM, em áreas bem distintas para chamar a atenção que, assim como o Vê de Gowin, tais diagramas não são específicos de determinada área de conhecimentos. São apenas exemplos, não exemplares. O primeiro deles, feito por um estudante de Física Geral contém inadequações do ponto de vista da Física, como por exemplo, a suposição de que a corrente elétrica no circuito aumenta durante o processo de carga do capacitor. Este diagrama AVM foi escolhido como exemplo por bem ilustrar a diferença entre *resultados conhecidos* (aquilo que se assume como verdadeiro na construção/análise do modelo computacional, e as *predições* (tentativas de resposta às questões-foco). Em um diagrama AVM construído por alguém que tenha o domínio do conteúdo, que conhece de antemão as respostas às questões-foco, os resultados conhecidos e as predições podem se sobrepor.

Referências

ARAÚJO, I. S. **Simulação e modelagem computacionais como recursos auxiliares no ensino de Física Geral** 2005. 229 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

GOWIN, D.B. (1981). **Educating**. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.

CAMILETTI, G. & FERRACIOLI, L. A utilização da modelagem computacional semiquantitativa no estudo do sistema mola-massa, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, jun. 2002.

HALLOUN, I. Schematic modeling for meaningful learning of physics. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 33, n. 9, p. 1019-1041, Nov. 1996.

MOREIRA, M. A. & BUCHWEITZ, B. **Novas estratégias de ensino e aprendizagem: os mapas conceituais e o Vê epistemológico**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1993.

SANTOS, A. C. K. & OGBORN, J. A model for teaching and researching into a computational modelling, **Journal of Computer Assisted Learning**, London, v.8, p. 67-78, 1992.

SANTOS, A. C. K. & OGBORN, J. Sixth form student's ability to engage in computational modelling, **Journal of Computer Assisted Learning**, London, v.10, p. 182-200, 1994.

TAO, P.-K. & GUNSTONE, R. F. The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. **Journal of Research in Science Teaching**, New York, v. 36, n. 7, p. 859-882, Sept. 1999.

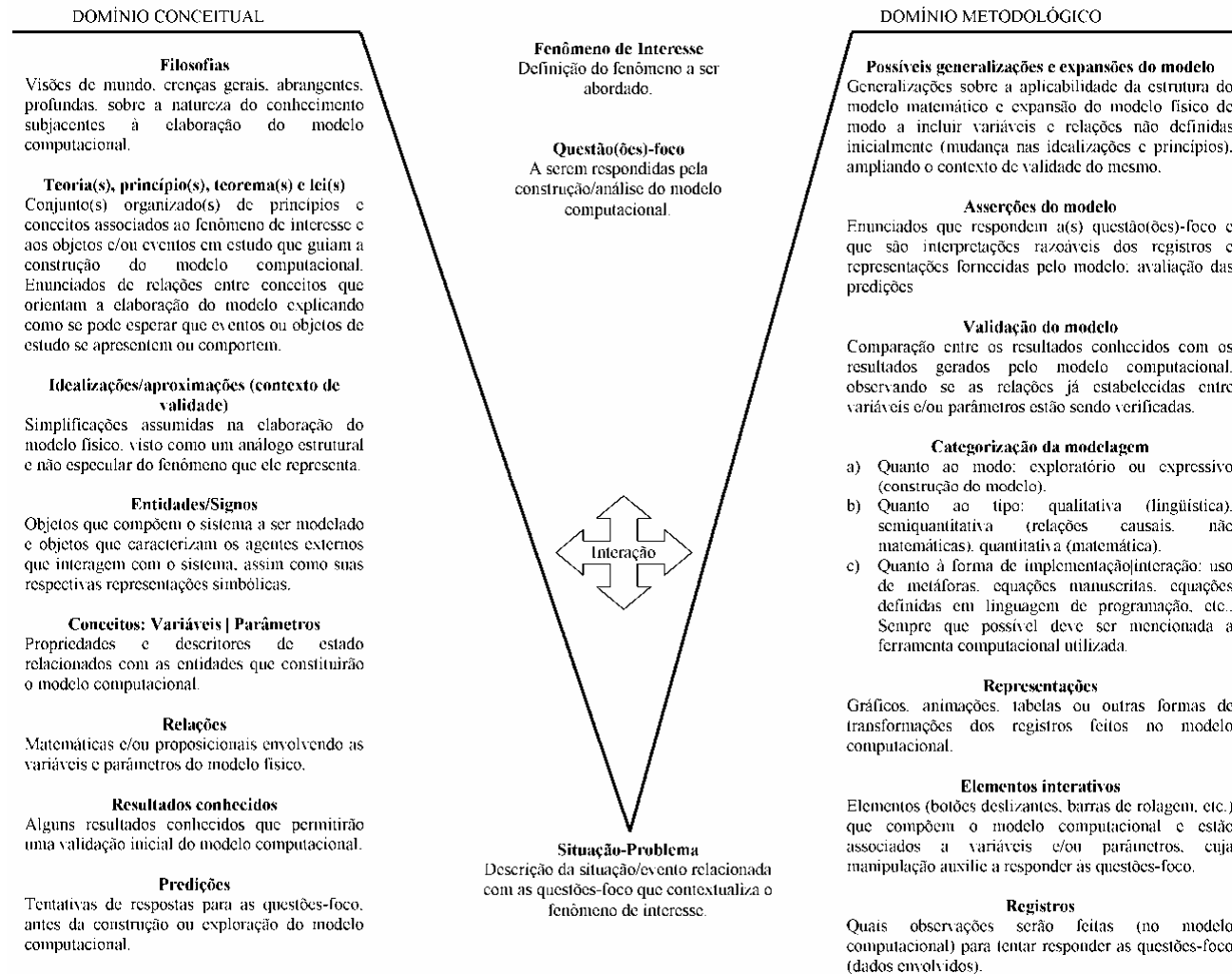


Figura 1 - Adaptação do Vê epistemológico para a Modelagem Computacional.

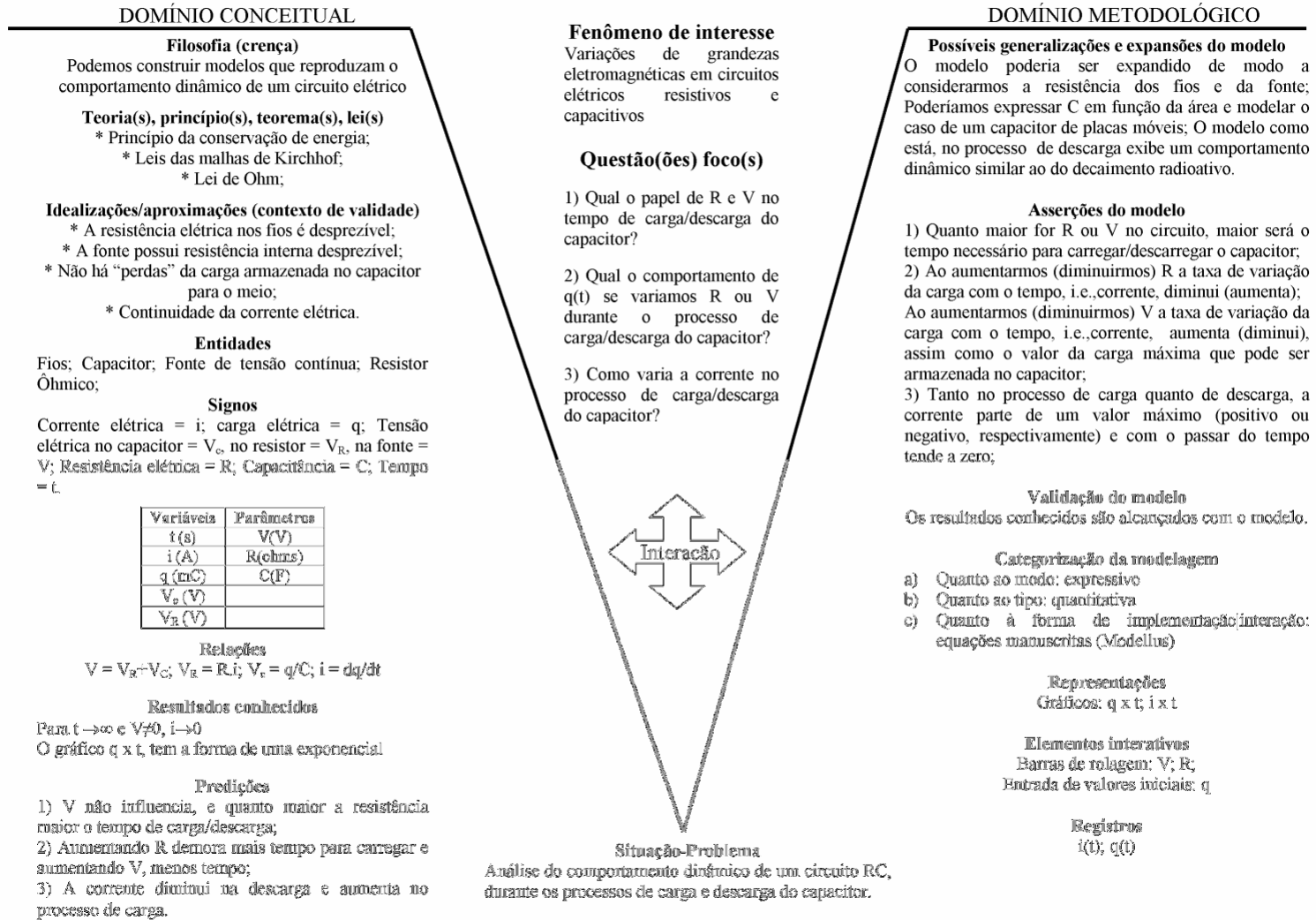


Figura 2 - Diagrama AVM para a construção de um modelo sobre um circuito RC do ponto de vista de um aluno iniciante (observe os erros nas predições).

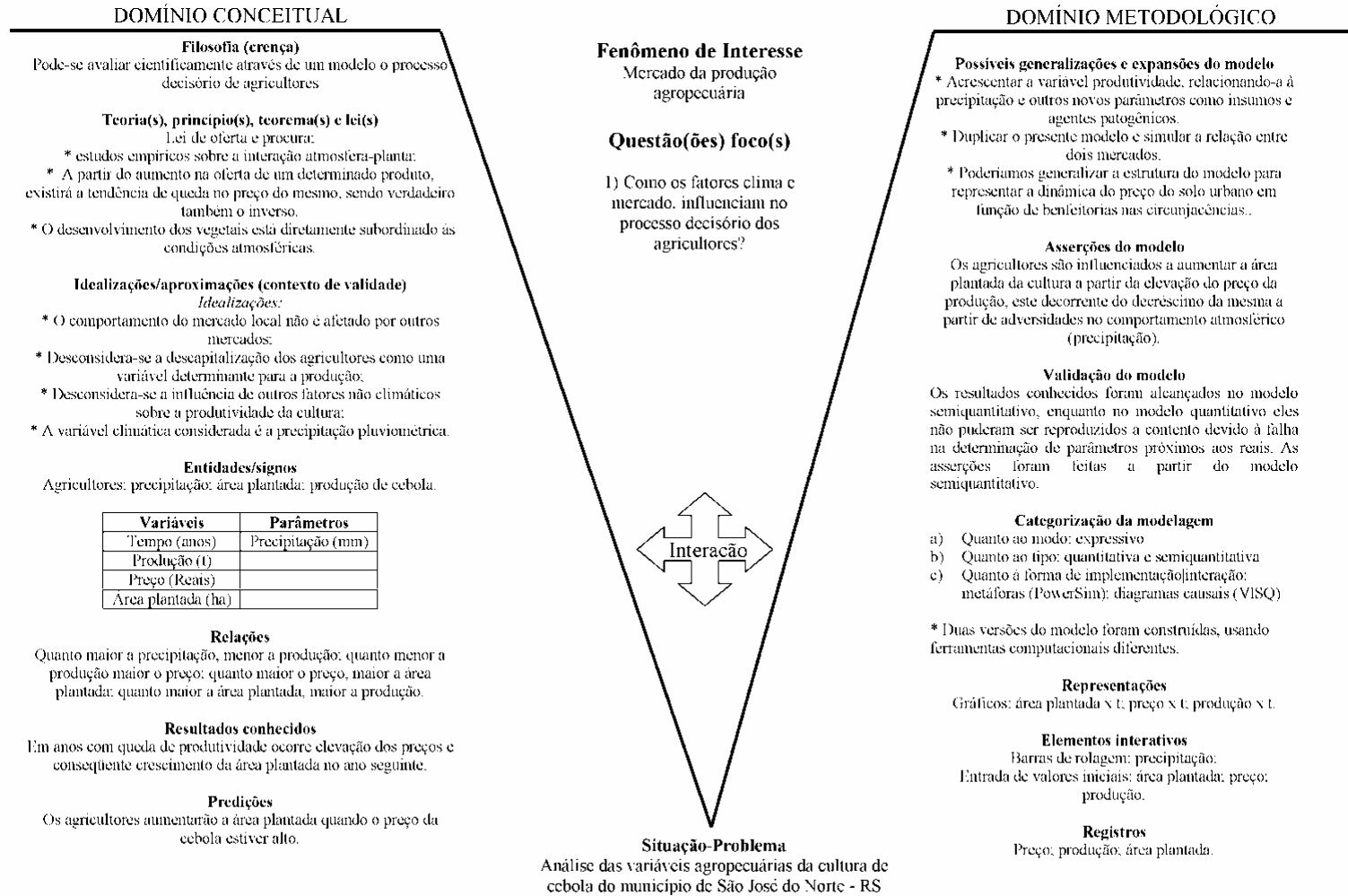


Figura 3 - Diagrama AVM para a construção de um modelo sobre o comportamento dinâmico do clima/produção/mercado para a cultura da Cebola (J. R. Santos 2004).