

Marco A. Moreira
Elcie F. Salzano Masini

**APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA**

A Teoria de David Ausubel



CENTAURO

Biblioteca Particular
Leonir Pessate A'

CAPÍTULO 1

A TEORIA COGNITIVA DE APRENDIZAGEM

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A idéia central da teoria de Ausubel é a de que o fator isolado mais importante influenciando a aprendizagem é aquilo que o aprendiz¹ já sabe. A idéia é simples, mas a explicação de como e por que esta idéia é defensável é complexa (Novak, 1977a).

O conceito mais importante na teoria de Ausubel é o de *aprendizagem significativa*. Para Ausubel, aprendizagem se relaciona com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Ou seja, neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como *conceitos subsunçores* ou, simplesmente, *subsunçores (subsumers)*, existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em *conceitos relevantes* preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende. Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados) a

1. O termo "aprendiz" é usado aqui no sentido geral de "o ser que aprende", e não no sentido específico de "aquele que aprende arte ou ofício".

conceitos mais gerais, mais inclusivos. *Estrutura cognitiva* significa, portanto, uma estrutura hierárquica de conceitos que são abstrações da experiência do indivíduo.

Em Física, por exemplo, se os conceitos de força e campo já existem na estrutura cognitiva do aluno, eles servirão de subsunçores para novas informações referentes a certos tipos de força e campo como, por exemplo, a força e o campo eletromagnéticos. Entretanto, este processo de ancoragem da nova informação resulta em crescimento e modificação do conceito subsunçor. Isso significa que os subsunçores existentes na estrutura cognitiva podem ser abrangentes e bem desenvolvidos ou limitados e pouco desenvolvidos, dependendo da frequência com que ocorre a aprendizagem significativa em conjugação com um dado subsunçor. No exemplo dado, uma idéia intuitiva de força e campo serviria como subsunçor para novas informações referentes a força e campo gravitacional, eletromagnético e nuclear, porém, na medida em que esses novos conceitos fossem aprendidos de maneira significativa, disso resultaria um crescimento e elaboração dos conceitos subsunçores iniciais. Isto é, os conceitos de força e campo ficariam mais elaborados, mais inclusivos e mais capazes de servir de subsunçores para novas informações relativas a forças e campos ou correlatas.

Da mesma forma, em poesia, se o aprendiz tem os conceitos de estrofe e verso, estes podem servir de subsunçores para novas informações referentes a baladas, sonetos etc. Uma vez que esses novos conceitos são aprendidos de forma significativa, em associação com os conceitos gerais preexistentes de estrofe e verso, estes tornar-se-ão mais elaborados, mais gerais e mais subsunçores. O conceito de estrofe, por exemplo, incluirá os conceitos de terceto, quarteto e oitava, e ficará, portanto, mais diferenciado.

APRENDIZAGEM MECÂNICA

Contrastando com a aprendizagem significativa, Ausubel define *aprendizagem mecânica* (*rote learning*) como

sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma associação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Nesse caso, a nova informação é armazenada de maneira arbitrária. Não há interação entre a nova informação e aquela já armazenada. O conhecimento assim adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva sem ligar-se a conceitos subsunçores específicos. A aprendizagem de pares de sílabas sem sentido é um exemplo típico de aprendizagem mecânica, porém a simples memorização de fórmulas, leis e conceitos, em Física, pode também ser tomada como exemplo, embora se possa argumentar que algum tipo de associação ocorrerá nesse caso. Na verdade, Ausubel não estabelece a distinção entre aprendizagem significativa e mecânica como sendo uma dicotomia, e sim como um *continuum*. Da mesma forma, essa distinção não deve ser confundida com a que há entre aprendizagem por descoberta e aprendizagem por recepção. Segundo Ausubel, na aprendizagem por recepção o que deve ser aprendido é apresentado ao aprendiz em sua forma final, enquanto que na aprendizagem por descoberta o conteúdo principal a ser aprendido é descoberto pelo aprendiz. Entretanto, após a descoberta em si, a aprendizagem só é significativa se o conteúdo descoberto ligar-se a conceitos subsunçores relevantes já existentes na estrutura cognitiva. Ou seja, quer por recepção ou por descoberta, a aprendizagem é significativa, segundo a concepção ausubeliana, se a nova informação incorporar-se de forma não arbitrária à estrutura cognitiva.

DE ONDE VÊM OS SUBSUNÇORES?

Supondo que a aprendizagem significativa deva ser preferida em relação à aprendizagem mecânica, e que isso pressupõe a existência prévia de conceitos subsunçores, o que fazer quando estes não existem? Como pode a aprendizagem ser significativa nesse caso? De onde vêm os subsunçores? Como se formam?

Uma resposta plausível é que a aprendizagem mecânica

nica é sempre necessária quando um indivíduo adquire informação numa área de conhecimento completamente nova para ele. Isto é, a aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimento, relevantes a novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores, ainda que pouco elaborados. A medida que a aprendizagem começa a ser significativa, esses subsunçores vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações.

Outra resposta possível é que, em crianças pequenas, os conceitos são adquiridos principalmente mediante um processo conhecido como *formação de conceitos*, o qual envolve generalizações de instâncias específicas. Porém, ao atingir a idade escolar, a maioria das crianças já possui um conjunto adequado de conceitos que permite a ocorrência da aprendizagem significativa por recepção. A partir daí, apesar de que, ocasionalmente, ocorra ainda a formação de conceitos, a maioria dos novos é adquirida através de *assimilação*, *diferenciação progressiva* e *reconciliação integrativa* de conceitos (Novak, 1977b), processos que serão discutidos posteriormente.

A *formação de conceitos*, característica na criança em idade pré-escolar, é a aquisição espontânea de idéias genéricas por meio da experiência empírico-concreta. É um tipo de aprendizagem por descoberta, envolvendo, de forma primitiva, certos processos psicológicos. Consiste, essencialmente, de um processo de abstração dos aspectos comuns característicos de uma classe de objetos ou eventos que varia contextualmente.

A *assimilação de conceitos* é, caracteristicamente, a forma pela qual as crianças mais velhas, bem como os adultos, adquirem novos conceitos pela recepção de seus atributos criteriosais e pelo relacionamento desses atributos com idéias relevantes já estabelecidas em sua estrutura cognitiva.

Os conceitos não-espontâneos, manifestados através de significado categórico generalizado, passam a predominar, somente próximo à adolescência e em indivíduos que passam por processo de escolarização. O indivíduo pode

adquirir conceitos de modo muito mais eficiente e passa, significativamente, a relacionar os atributos criteriosais do novo conceito a sua estrutura cognitiva, sem necessitar relacioná-los anteriormente a instâncias particulares que o exemplifiquem.

O aspecto mais significativo do processo de assimilação de conceitos, em outras palavras, envolve a relação, de modo "substantivo" e "não-arbitrário", de idéias relevantes estabelecidas na estrutura cognitiva do aprendiz com o conteúdo potencialmente significativo, implícito na definição dos termos ou das "pistas" contextuais (atributos criteriosais). O surgimento fenomenológico do novo significado genérico na aprendizagem é um produto dessa interação e reflete:

- a) o conteúdo real dos atributos criteriosais do novo conceito e das "idéias-âncora", as quais se relacionam;
- b) o tipo de relação estabelecida entre eles (derivada, elaborada, qualificada ou superordenada).

A aquisição de conceitos por meio de aprendizagem receptiva não é apenas um processo passivo de abstração. Apesar de não ser do mesmo tipo do da formação de conceitos, é basicamente caracterizada por um processo ativo de interação com os conceitos já adquiridos. Quanto mais ativo for este processo, mais significativos e úteis serão os conceitos. É importante, pois, indagar como é possível tornar mais ativo este processo. (Uma discussão mais detalhada da aquisição de conceitos encontra-se no Capítulo 2.)

Ausubel, por outro lado, recomenda o uso de *organizadores prévios* que sirvam de âncora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento de conceitos subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente. O uso de organizadores prévios é uma estratégia proposta por Ausubel para, deliberadamente, manipular a estrutura cognitiva a fim de facilitar a aprendizagem significativa. Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do próprio

material a ser aprendido. Contrariamente a sumários, que são ordinariamente apresentados ao mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade, simplesmente destacando certos aspectos do assunto, os organizadores são apresentados num nível mais alto. Segundo o próprio Ausubel, no entanto, a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa. Ou seja, os organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como "pontes cognitivas".

A principal função dos organizadores é, então, superar o limite entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele precisa saber, antes de poder aprender a tarefa apresentada. Permitem prover uma moldura ideacional para incorporação e retenção do material mais detalhado e diferenciado que se segue na aprendizagem, bem como aumentar a discriminabilidade entre este e um outro similar já incorporado na estrutura cognitiva ou, ainda, ressaltar as idéias ostensivamente conflitivas. No caso do material totalmente não-familiar, um organizador "expositório" é usado para prover subsunçores relevantes aproximados. Esses subsunçores sustentam uma relação superordenada com o novo material, fornecendo, em primeiro lugar, uma ancoragem ideacional em termos do que já é familiar para o aprendiz. No caso da aprendizagem de material relativamente familiar, um organizador "comparativo" é usado para integrar novas idéias com conceitos basicamente similares existentes na estrutura cognitiva, bem como para aumentar a discriminabilidade entre as idéias novas e as já existentes, as quais possam parecer similares a ponto de confundirem (1968, pp. 148-149).

Por várias razões, os organizadores específicos, delimitadamente construídos para cada uma das unidades a ensinar, devem ser mais efetivos do que simples comparações introdutórias entre o material novo e o já conhecido. Sua vantagem é permitir ao aluno o aproveitamento das características de um subsunçor, ou seja:

- a) identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;
- b) dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;
- c) prover elementos organizacionais inclusivos, que levem em consideração mais eficientemente e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material.

Os organizadores são mais eficientes quando apresentados no início das tarefas de aprendizagem, do que quando introduzidos simultaneamente com o material aprendido, pois dessa forma suas propriedades integrativas ficam salientadas. Para serem úteis, porém, precisam ser formulados em termos familiares ao aluno, para que possam ser aprendidos, e devem contar com boa organização do material de aprendizagem para terem valor de ordem pedagógica.

Embora a utilização de organizadores seja apenas uma estratégia proposta por Ausubel para manipular a estrutura cognitiva, a fim de facilitar a aprendizagem significativa, este tem sido o aspecto mais pesquisado da teoria. Muitas comparações entre grupos experimentais que usaram organizadores e grupos de controle que não os usaram já foram feitas. Os resultados até agora têm sido controversos, talvez porque, nesses experimentos, certos aspectos mais relevantes da teoria tenham sido ignorados. Por exemplo, de acordo com a teoria, não se pode esperar que os organizadores facilitem a aprendizagem de informações "sem significado", e sim de materiais potencialmente significativos.

CONDIÇÕES PARA A OCORRÊNCIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Segundo Ausubel (1968, pp. 37-41), a essência do processo de aprendizagem significativa está em que idéias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira não-arbitrária e substantiva (não-litera) ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto relevante da sua estrutura de

conhecimento (i.e., um subsunçor que pode ser, por exemplo, algum símbolo, conceito ou proposição já significativo). A aprendizagem significativa pressupõe que:

- a) o material a ser aprendido seja potencialmente significativo para o aprendiz, i.e., relacionável a sua estrutura de conhecimento de forma não-arbitrária e não-literal (substantiva);
- b) o aprendiz manifeste uma disposição de relacionar o novo material de maneira substantiva e não-arbitrária a sua estrutura cognitiva.

A primeira dessas condições depende, obviamente, de pelo menos dois fatores principais, quais sejam, a natureza do material a ser aprendido e a natureza da estrutura cognitiva do aprendiz. Quanto à natureza do material, deve ser "logicamente significativa", i.e., suficientemente não-arbitrária e não-aleatória em si, de modo que possa ser relacionada, de forma substantiva e não-arbitrária, a idéias correspondentemente relevantes que se situem dentro do domínio da capacidade humana de aprender. Quanto à natureza da estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem estar disponíveis os conceitos subsunçores *específicos* com os quais o novo material é relacionável.

A outra condição traz implícito que, independentemente de quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz é, simplesmente, a de memorizá-lo arbitrariamente e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos ou sem significado. (Reciprocamente, independente de quão predisposto para aprender estiver o indivíduo, nem o processo nem o produto serão significativos se o material não for potencialmente significativo.)

EVIDÊNCIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Do ponto de vista de Ausubel (1968, pp. 110-111), a compreensão genuína de um conceito ou proposição implica a posse de significados claros, precisos, diferenciados e

transferíveis. Porém, ao se testar esse conhecimento simplesmente pedindo ao estudante que diga quais os atributos críticos de um conceito ou os elementos essenciais de uma proposição, pode-se obter apenas respostas mecanicamente memorizadas. Ausubel argumenta que uma longa experiência em fazer exames faz com que os alunos se habituem a memorizar não só proposições e fórmulas, mas também causas, exemplos, explicações e maneiras de resolver "problemas típicos". Propõe, então, que, ao se procurar evidências de compreensão significativa, a melhor maneira de evitar a "simulação da aprendizagem significativa" é utilizar questões e problemas que sejam novos e não-familiares e requeiram máxima transformação do conhecimento existente.

Testes de compreensão devem, no mínimo, ser fraseados de maneira diferente e apresentados num contexto de alguma forma diverso daquele originalmente encontrado no material instrucional. Solução de problemas é, sem dúvida, um método válido e prático de se procurar evidência de aprendizagem significativa. Porém, Ausubel chama atenção para o fato de que se o aprendiz não é capaz de resolver um problema, isso não significa, necessariamente, que ele tenha somente memorizado os princípios e conceitos relevantes à solução do problema, pois esta implica, também, certas habilidades além da compreensão. Outra possibilidade é sollicitar aos estudantes que diferenciem idéias relacionadas, mas não idênticas, ou que identifiquem os elementos de um conceito ou proposição de uma lista contendo, também, os elementos de outros conceitos e proposições similares. Além dessas, uma outra alternativa para testar a ocorrência da aprendizagem significativa é a de propor ao aprendiz uma tarefa de aprendizagem, seqüencialmente dependente de outra, que não possa ser executada sem um perfeito domínio da precedente.

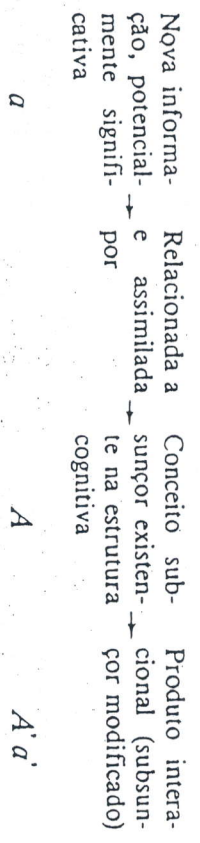
ASSIMILAÇÃO E ASSIMILAÇÃO OBLITERADORA

Para tornar mais claro e preciso o processo de aquisição e organização de significados na estrutura cognitiva,

introduz-se o principio da assimilação. A hipótese da assimilação ajuda a explicar como o conhecimento é organizado na estrutura cognitiva.

No processo de assimilação, mesmo após o aparecimento do significado, a relação entre as idéias-âncora e as assimiladas permanece na estrutura cognitiva.

Ausubel descreve o processo de "subsunção" por meio do que ele chama de "principio da assimilação", o qual é representado simbolicamente da seguinte maneira:



Portanto, a assimilação é um processo que ocorre quando um conceito ou proposição a , potencialmente significativo, é assimilado: sob uma idéia ou conceito mais inclusivo, já existente na estrutura cognitiva, como um exemplo, extensão, elaboração ou qualificação do mesmo. Tal como sugerido no diagrama, não só a nova informação a , mas também o conceito subsunção A , com o qual ela se relaciona, são modificados pela interação. Além disso, a' e A' permanecem relacionados como co-participantes de uma nova unidade $a'A'$ que nada mais é do que o subsunção modificado.

Por exemplo, se o conceito de força nuclear deve ser aprendido por um aluno que já possui o conceito de força bem estabelecido em sua estrutura cognitiva, o novo conceito específico (força nuclear) será assimilado pelo conceito mais inclusivo (força) já adquirido. Entretanto, considerando que esse tipo de força é de curto alcance (em contraposição aos outros que são de longo alcance), não somente o conceito de força nuclear adquirirá significado para o aluno, mas também o conceito geral de força que ele já tinha será modificado e tornar-se-á mais inclusivo (i.e. seu conceito de força incluirá agora também forças de curto alcance).

Outro exemplo: o conceito de "verso livre" (a) será potencialmente significativo para o aprendiz que já tiver o conceito de poesia (A) como algo associado à rima e padrões métricos regulares. Se a aprendizagem significativa ocorrer, o novo conceito a será assimilado por A . Entretanto, como resultado da interação entre a e A , não só o novo conceito adquirirá seu significado a' , mas também o subsunção A tornar-se-á A' , um conceito mais elaborado de poesia o qual inclui também o conceito de "verso livre".

Ausubel sugere que a assimilação ou ancoragem provavelmente tem um efeito facilitador na retenção. Para explicar como novas informações recentemente assimiladas permanecem disponíveis durante o período de retenção, ele admite que, durante um período de tempo variável, elas permanecem dissociáveis de suas idéias-âncora e, portanto, reproduzíveis como entidades individuais:

$$A'a' \rightleftharpoons A' + a'$$

Ou seja, o produto interacional $A'a'$, durante um certo período de tempo, é dissociável em A' e a' favorecendo, assim, a retenção de a' .

A importância do processo de assimilação não está somente na aquisição e retenção de significados, mas também no fato de que implica um mecanismo de esquecimento subjacente dessas idéias.

Os conceitos mais amplos, bem estabelecidos e diferenciados, ancoram as novas idéias e informações e possibilitam sua retenção. Entretanto, o significado das novas idéias, no curso do tempo, tende a ser assimilado ou reduzido pelos significados mais estáveis das idéias estabelecidas. Após a aprendizagem, quando esse estágio obliterador da assimilação começa, as novas idéias tornam-se, espontânea e progressivamente, menos dissociáveis da estrutura cognitiva até não ser mais possível reproduzi-las isoladamente e poder-se dizer que houve esquecimento.

O processo de redução da memória ao menor denominador comum capaz de representar a experiência ideacio-

nal prévia cumulativa é muito similar ao processo de redução que caracteriza a formação de conceito. Um simples conceito abstrato é mais manipulável para propósitos cognitivos do que os diferentes exemplos dos quais foi abstraído.

Retomando o exemplo de assimilação $A'a'$, pode-se dizer que, imediatamente após a aprendizagem significativa, começa um segundo estágio de subsunção: a *assimilação obliteradora*. As novas informações tornam-se, espontânea e progressivamente, menos dissociáveis de suas idéias-âncora (subsunçores) até que não mais estejam disponíveis, i.e., não mais reproduzíveis como entidades individuais. Atinge-se então um grau de dissociabilidade nulo, e $A'a'$ reduz-se simplesmente a A' . O esquecimento é, portanto, uma continuação temporal do mesmo processo de assimilação que facilita a aprendizagem e a retenção de novas informações.

Portanto, apesar de que a retenção é favorecida pelo processo de assimilação, o conhecimento assim adquirido está ainda sujeito à influência erosiva de uma tendência reducionista da organização cognitiva: é mais simples e econômico reter apenas as idéias, conceitos e proposições mais gerais e estáveis do que as novas idéias assimiladas.

Observe-se, no entanto, que a ocorrência da assimilação obliteradora como uma continuação natural da assimilação não significa que o subsunçor volta à sua forma original. O resíduo da assimilação obliteradora é A' , o membro mais estável do produto $A'a'$, i.e., o subsunçor modificado. Outro aspecto a ser destacado é que, obviamente, descrever o processo de assimilação em termos de uma única interação $A'a'$ é uma simplificação, pois, em menor escala, uma nova informação interage também com outros subsunçores e o grau de assimilação, em cada caso, depende da relevância do subsunçor.

SUBSUNÇÃO SUBORDINADA

O processo de subsunção até aqui explicado chama-se *subsunção subordinada*² e se dá quando um conceito ou proposição potencialmente significativo a é assimilado sob a idéia mais inclusiva A .

Para tornar mais clara essa dinâmica da subsunção subordinada, chama-se a atenção para dois diferentes tipos de processos de subsunção (1968, pp. 100-101):

- a) a *subsunção derivativa*, que se dá quando o material aprendido é entendido como um exemplo específico de conceitos estabelecidos na estrutura cognitiva ou apenas como corroborante e ilustrativo de uma proposição mais geral previamente aprendida. O significado desse material emerge rápida e relativamente sem esforço, porém tende à assimilação obliteradora com certa facilidade;
- b) a *subsunção correlativa*, que se dá quando o material aprendido é uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de conceitos ou proposições previamente aprendidos, incorporado por interação com subsunçores relevantes e mais inclusivos, mas com sentido não-implícito e não podendo ser adequadamente representado pelos subsunçores. Apesar disso, a mesma tendência obliteradora ocorre e é particularmente evidente se os subsunçores forem instáveis, pouco claros ou insuficientemente relevantes, ou se o material aprendido não foi suficientemente discriminado ou bem compreendido. As consequências da assimilação obliteradora não são, neste caso, tão inócuas como no caso da subsunção derivativa. Quando a proposição correlativa perde sua identidade e não pode ser dissociada dos subsunçores, ocorre uma genuína perda de conhecimento.

As vantagens da assimilação obliteradora para a função cognitiva ocorrem às custas de perda de diferenciação

2. Ou "aprendizagem subsunciva" ou, ainda, "aprendizagem subordinada".

do conjunto de idéias detalhadas e de informações específicas que constitui o corpo de conhecimentos. O principal problema na aquisição do conteúdo de uma disciplina acadêmica é neutralizar o processo inevitável de assimilação obliteradora que caracteriza toda aprendizagem significativa.

O conteúdo substantivo de uma estrutura conceitual e proposicional, bem como suas propriedades organizacionais, num campo particular do conhecimento, é o fator principal que influencia a aprendizagem significativa e a retenção neste campo. É, pois, pelos aspectos relevantes mais estáveis de uma estrutura cognitiva que a nova aprendizagem e a retenção podem ser facilitadas.

Os recursos para facilitação da aprendizagem de significados têm o objetivo de contribuir para a aquisição de uma estrutura cognitiva adequadamente organizada, baixar o nível de assimilação obliteradora e tornar mais ativo o processo de aquisição de significados.

APRENDIZAGEM SUPERORDENADA

É a aprendizagem que se dá quando um conceito ou proposição potencialmente significativo *A*, mais geral ou inclusivo do que idéias ou conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva *a*, *b* e *c* é adquirido a partir destes e passa a assimilá-los. Em outras palavras, à medida que ocorre aprendizagem significativa, além da elaboração dos conceitos subsunçores é também possível a ocorrência de interações entre esses conceitos. Por exemplo, à medida que uma criança desenvolve os conceitos de cão, gato, leão etc., ela pode, mais tarde, aprender que todos esses são subordinados ao de mamífero. À medida que o conceito de mamífero é desenvolvido, os previamente aprendidos assumem a condição de subordinados e o de mamífero representa uma aprendizagem superordenada (Novak, 1976).

DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E RECONCILIAÇÃO INTEGRATIVA

À medida que a aprendizagem significativa ocorre, conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações. Do ponto de vista ausubeliano, o desenvolvimento de conceitos é facilitado quando os elementos mais gerais, mais inclusivos de um conceito são introduzidos em primeiro lugar e, posteriormente então, este é progressivamente diferenciado, em termos de detalhe e especificidade. Segundo Ausubel, o princípio *diferenciação progressiva* deve ser levado em conta ao se programar o conteúdo, i.e., as idéias mais gerais e mais inclusivas da disciplina devem ser apresentadas no início para, somente então, serem progressivamente diferenciadas, em termos de detalhe e especificidade. Ao propor isso, Ausubel baseia-se em duas hipóteses: a) é mais fácil para o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas; b) a organização do conteúdo de uma certa disciplina, na mente de um indivíduo, é uma estrutura hierárquica na qual as idéias mais inclusivas estão no topo da estrutura e, progressivamente, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados.

Entretanto, a programação do conteúdo deve não só proporcionar a diferenciação progressiva, mas também explorar, explicitamente, relações entre proposições e conceitos, chamar atenção para diferenças e similaridades importantes e reconciliar inconsistências reais ou aparentes. Isso deve ser feito para se atingir o que Ausubel chama de *reconciliação integrativa*, e que ele descreve como uma anti-tese à prática usual dos livros de texto em separar idéias e tópicos em capítulos e seções.

Portanto:

- a) *diferenciação progressiva* é o princípio pelo qual o assunto deve ser programado de forma que as idéias mais gerais e inclusivas da disciplina sejam apresentadas antes e, pro-

gressivamente diferenciadas, introduzindo os detalhes específicos necessários. Essa ordem de apresentação corresponde à seqüência natural da consciência, quando um ser humano é espontaneamente exposto a um campo inteiramente novo de conhecimento;

b) *reconciliação integrativa* é o princípio pelo qual a programação do material instrucional deve ser feita para explorar relações entre idéias, apontar similaridades e diferenças significativas, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes.

Em situações práticas de aprendizagem, muitas vezes a dificuldade maior não está na discriminabilidade, mas sim na aparente contradição entre os conceitos novos e idéias já estabelecidas na estrutura cognitiva. Frente a esta dificuldade, o aluno poderá descartar uma nova proposição como válida; tentar departamentalizá-la como aspecto isolado, sem ligá-la a conhecimentos anteriores, ou, ainda, buscar uma reconciliação integrativa sob subsunção mais inclusivo. O princípio de reconciliação integrativa visa facilitar esta última solução.

A diferenciação progressiva pode ser levada a efeito utilizando, na programação de um assunto, uma série de organizadores hierarquizados em ordem decrescente de inclusividade. Cada organizador precede uma unidade correspondente de material detalhado e diferenciado e, portanto, a seqüência do material das unidades também obedece à ordem decrescente de inclusividade. Dessa forma, não só é utilizado um subsunção, adequadamente relevante e inclusivo para prover apoio ideacional a cada unidade componente do assunto diferenciado, mas também as idéias em cada unidade (bem como as várias unidades com relação às outras) são progressivamente diferenciadas e organizadas em ordem decrescente de inclusividade. Os "organizadores" iniciais fornecem um ancoradouro, num nível global, antes de o aprendiz ser confrontado com o novo material iniciando a seqüência. Assim, por exemplo, um modelo generalizado de relações de classe deve ser fornecido primeiro como um

subsunção para qualquer nova classe de conhecimentos antes de os subsunções mais limitados serem fornecidos para cada subclasse particular (1968, p. 154).

Os "organizadores" podem, também, ser utilizados de acordo com o princípio de reconciliação integrativa, quando indicam, explicitamente, de que forma as idéias relacionadas, aprendidas previamente na estrutura cognitiva, são essencialmente similares e/ou diferentes das novas idéias e informações a aprender. Os organizadores devem mobilizar todos os conceitos válidos da estrutura cognitiva potencialmente relevantes para desempenharem papel de subsunção com relação ao novo material. Este recurso permite grande economia de esforço na aprendizagem, evita o isolamento de conceitos similares e desencoraja a proliferação de esquemas múltiplos e confusos para representar idéias essencialmente equivalentes. Os organizadores aumentam ainda a discriminabilidade em favor das diferenças genuínas. Este segundo processo, pelo qual os organizadores promovem uma reconciliação integrativa, é útil quando as características distintas do material não são evidentes desde o início e não servem para discriminar em relação a idéias já estabelecidas.

A progressiva viabilidade do estabelecimento de idéias relevantes na estrutura cognitiva para aprendizagem significativa é que serve de fundamento para o arranjo seqüencial das tarefas. Isto requer conhecimento do nível das funções cognitivas; do nível de conhecimento dentro da área a ser ministrada; análise de seqüência lógica da tarefa e hierarquia do conteúdo a ser aprendido, considerando uma ordenação que possibilite a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

HIERARQUIAS CONCEITUAIS

Ausubel sustenta o ponto de vista de que cada disciplina acadêmica tem uma estrutura articulada e hierarquicamente organizada de conceitos que constitui o sistema de informações dessa disciplina. Acredita que esses conceitos

estruturais podem ser identificados e ensinados a um aluno, constituindo para ele um sistema de processamento de informações, um verdadeiro mapa intelectual que pode ser usado para analisar o domínio particular da disciplina e nela resolver problemas.

A determinação de quais são os conceitos mais gerais e inclusivos, de quais os conceitos subordinados de um corpo de conhecimento e de como todos esses conceitos estão organizados, estrutural e hierarquicamente, não é uma tarefa fácil. Porém, como já foi dito, do ponto de vista ausubliano, o desenvolvimento de conceitos procede-se da melhor forma quando os elementos mais gerais e inclusivos de um conceito são introduzidos em primeiro lugar e, então, este é progressivamente diferenciado, em termos de detalhe e especificidade.

Por outro lado, Novak (1977) argumenta que, para atingir-se a reconciliação integrativa de forma mais eficaz, deve-se organizar o ensino "descendo e subindo" nas estru-

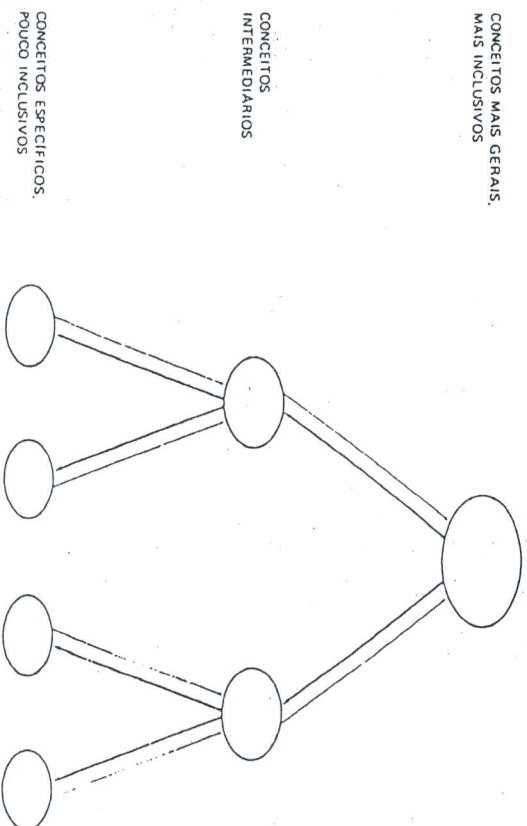


FIGURA 1.1 - Uma representação esquemática do modelo ausubliano de diferenciação conceitual progressiva. As linhas mais fortes sugerem a direção recomendada para a diferenciação progressiva de conceitos. As linhas mais fracas sugerem a reconciliação integrativa. Isto é, para se atingir a reconciliação integrativa é preciso "descer" dos conceitos gerais para os particulares e "subir" novamente até os gerais.

turas conceituais hierárquicas, à medida que a nova informação é apresentada. Isto é, começa-se com os conceitos mais gerais, mas é preciso ilustrar logo de que modo os conceitos subordinados estão a eles relacionados e então voltar, através de exemplos, a novos significados para os conceitos de ordem mais alta na hierarquia.

A figura 1.1 apresenta um modelo de hierarquia conceitual e sugere as direções recomendadas para a diferenciação conceitual progressiva e para a reconciliação integrativa. Uma vez identificados os conceitos superordenados e subordinados de uma disciplina ou corpo de conhecimento, eles podem ser dispostos hierarquicamente num diagrama bidimensional, como o da figura 1.1, que pode ser usado para fins instrucionais. Tais diagramas podem ser chamados de "mapas conceituais". Os mapas conceituais procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou parte de uma disciplina. Ou seja, sua existência é derivada da própria estrutura conceitual da disciplina.

Vários aspectos relativos à utilização de mapas conceituais como recursos instrucionais são discutidos no Capítulo 3, onde, bem como no 4, são também apresentados exemplos de mapas conceituais.

18

Marco A. Moreira
Elcie F. Salzano Masini

*Biblioteca Particular
Leonir Pessate Alvi*

APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A Teoria de David Ausubel



Um mapa conceitual

A figura 4.5 mostra um mapa conceitual para o ensino de língua estrangeira. Na realidade, esse mapa poderia ser usado também para a própria língua nativa — os conceitos são os mesmos. Deve ser salientado, contudo, que muitos dos conceitos que aparecem no mapa não são exatamente para serem ensinados ou aprendidos, mas envolvidos com o ensino de língua. O problema de ensinar ou aprender uma segunda língua é mais o de simplesmente estabelecer uma equivalência representacional entre símbolos escritos ou falados da segunda língua e seus equivalentes já significativos na língua nativa, do que ensinar os próprios conceitos já que estes são, geralmente, os mesmos.

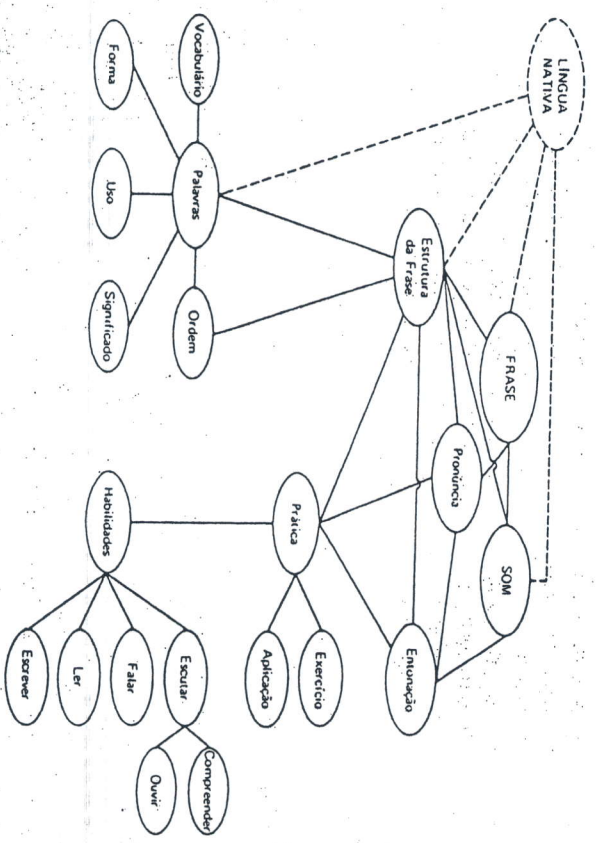


FIGURA 4.5 — Um mapa conceitual para o ensino de língua estrangeira (Morcia, M. M., 1977)

Uma organização seqüencial

Como nos exemplos anteriores, a organização seqüencial proposta a seguir foi planejada tendo em vista os princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Entretanto, como explicado acima, há menos ênfase em diferenciação e reconciliação de conceitos. Ao invés disso, enfatiza-se o uso dos significados na língua nativa como subsunçores para seus equivalentes na língua estrangeira.

UNIDADE 1

O que o educando já sabe. Esta unidade é planejada para ser não apenas um organizador prévio, mas também para oferecer ao professor tanta informação quanto possível sobre aquilo que os alunos já sabem sobre a nova língua, bem como sobre sua própria língua. A unidade deve incluir uma discussão sobre o país ou países onde essa língua é falada, e sobre o que os alunos esperam do curso que estão começando a fazer. Entretanto, a ênfase deve ser colocada na averiguação, da melhor maneira possível, sobre o que o aluno já sabe nessa língua e até que ponto seus conceitos na língua nativa estão estabelecidos e diferenciados na estrutura cognitiva. Este conhecimento prévio servirá como subsunçor para a aprendizagem desta nova língua, isto é, o aluno deverá adquirir os significados da língua estrangeira relacionando-os aos conceitos correspondentes em sua própria língua.

UNIDADE 2

Os conceitos de frase e som. Pequenas frases devem ser apresentadas aos alunos que serão, primeiramente, impressionados por sua forma oral. Depois, devem ligar esses novos símbolos aos já familiares em sua língua nativa, de tal forma que esses amontoados de sinais tornem-se significativos. A classe deve ouvir o som dessas frases e relacioná-las às palavras e frases correspondentes em sua língua nativa. Os alunos devem notar diferenças e semelhanças em som e forma entre as representações simbólicas da língua nativa e da estrangeira e repetir oralmente e escrever (copiar) essas frases, relacionando-as sempre com o significado e som que possuem na sua língua nativa.

UNIDADE 3

Estrutura da frase. Nesta unidade, os alunos devem estudar a maneira como as frases são construídas e comparar essa estrutura com a da língua que já dominam. Convém evitar nomenclatura complicada. A gramática deve ser usada apenas para auxiliar os alunos a entenderem a estrutura da nova língua. É preciso enfatizar aqui somente as diferenças e semelhanças mais aparentes entre

as duas línguas. Os conceitos da língua materna têm de servir como subsunçores para este novo conhecimento. Os alunos devem, por exemplo, saber reconhecer onde estão o verbo, sujeito e complementos nas frases em ambas as línguas e comparar as duas estruturas.

Os alunos devem praticar essas frases mediante exercícios orais e escritos, a fim de se familiarizarem com a nova matéria e com a importância de escutar, repetir e escrever (copiar). Como isto é apenas o início do curso, esses exercícios adquirirão sentido pela relação com a língua nativa.

UNIDADE 4

Entonação. Nesta unidade, são apresentados aos alunos os padrões sonoros na repetição, leitura ou emissão de uma frase. Como o aluno já aprendeu as características mais importantes e geras da estrutura da língua, já sabem, neste ponto, quando estão se confrontando com frases afirmativas, interrogativas, negativas ou exclamativas. Notarão como o padrão de entonação varia de acordo com a estrutura da frase. Comparações devem ser feitas entre entonação nas duas línguas.

Os alunos treinarão a entonação por meio de exercícios nos quais escutarão, repetirão e lerão frases.

UNIDADE 5

Significados da palavra dentro da estrutura da frase. Nesta unidade

os alunos estudarão a palavra dentro do contexto das frases. Nunca se deve ensinar ao aluno palavras avulsas. Listas de vocábulos são aprendidas mecanicamente e não têm significado algum porque seus correspondentes na língua nativa variam de acordo com o contexto. As palavras devem ser estudadas dentro de seu sistema de referência na frase, salientando a importância da ordem, forma, emprego e significado. Como em unidades anteriores, este estudo deve ser feito relacionado à língua nativa. A ordem das palavras numa língua, por exemplo, pode ser muito difícil de aprender, porque, muitas vezes, a língua estrangeira tem um modo bastante distinto de ordenar as palavras dentro da frase. Os alunos precisam já ter domínio sobre esses conceitos em sua própria língua para que a nova aprendizagem possa ser facilitada pelo uso desses conceitos já conhecidos. Eles aprenderão as formas mais comuns e usadas de cada palavra estudada (por exemplo, singular, plural, tempos de verbos, advérbios etc.). Não se deve ensinar cada uso ou significado da palavra em apenas uma unidade, mas isto deve ser feito progressivamente.

Nesta unidade, deve-se ensinar aos alunos somente as características mais gerais das palavras dentro do sistema de referência contextual das frases. Os alunos podem, aqui, além da prática de escutar com compreensão, repetir e ler as frases, começar a aplicar o conhecimento adquirido em

unidades anteriores a exercícios orais e escritos.

UNIDADE 6

Prática. Esta unidade é planejada para integrar os conceitos já estudados e exercitados. Empregando o conhecimento da língua estrangeira, os alunos formularão novas frases e aplicarão a estas os conceitos adquiridos no que se refere à pronúncia, estrutura da frase e entonação. Vocabulário, formas, usos e significados das palavras são, assim, pouco a pouco, acrescentados em significância e diferenciação. Os alunos porão em prática aquilo que aprenderam. Suas habilidades em escutar, repetir, ler e escrever serão progressivamente melhoradas por esta prática. (De certa forma, eles

estarão se exercitando desde a primeira unidade, mas, neste ponto, é provável que essa prática seja mais significativa do que nas unidades iniciais.)

UNIDADE 7

Unidades adicionais. O objetivo destas unidades é oferecer aos alunos tantas oportunidades quantas forem necessárias para que aprendam uma língua estrangeira. Entretanto, essas aprendizagens não significam um domínio completo da língua. Este é um estudo que pode requerer muitos anos de prática constante. Num curso de um semestre eles terão apenas uma visão, muito geral, e algum domínio das habilidades básicas (escutar com compreensão, falar, ler e escrever).

Antes de esquematizar esta seqüência em diagrama, é preciso observar que a idéia de unidade aqui empregada (e no exemplo anterior também) não é rígida. Estas unidades

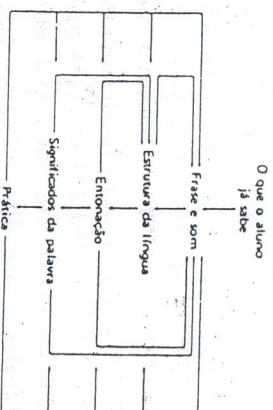


FIGURA 4.5 - Uma visão esquemática da organização sequencial proposta para ensino de uma língua estrangeira. As setas apontam para baixo sugerem diferenciação progressiva, enquanto que as setas apontam para cima sugerem reconstrução integrada. Não está explicito nesta figura o papel mediador da língua nativa na aprendizagem de uma língua estrangeira.

não têm necessariamente o mesmo tamanho, tanto em termos de conteúdo como de tempo. As idéias importantes são da própria seqüência e as de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

A figura 4.6 esquematiza a organização seqüencial proposta neste exemplo. Essa seqüência é organizada ao longo das idéias de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, mas deve enfatizar sobretudo o papel da língua nativa como subsunçor na aprendizagem significativa de uma língua estrangeira.

APLICAÇÃO DE RECURSOS FACILITADORES DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE UMA UNIDADE DE BIOLOGIA.

Este exemplo foi extraído de uma pesquisa sobre a aprendizagem de conceitos a partir da sistematização dos recursos facilitadores de aprendizagem significativa propostos por Ausubel; recursos sistematizados no que foi denominada *Estratégia R* (Receptiva), fundamentada nos princípios da Aprendizagem Verbal Significativa.

A *Estratégia R* visou a apresentação de idéias e informações, seguindo um corpo organizado de conceitos, que dessem origem a significados claros, estáveis e não-ambíguos. A apresentação de idéias e de informações foi feita mediante exposição verbal, a fim de se atingir o critério de aprendizagem receptiva como uma forma eficiente de aquisição de significados. "Aprendizagem receptiva" é aqui definida como sendo a "forma de aprendizagem na qual o conteúdo principal do que deve ser aprendido é apresentado ao aluno na forma final... Nessas circunstâncias, o aluno é solicitado a compreender o material e incorporá-lo a sua estrutura cognitiva, de tal forma que lhe seja útil também no futu-

9. Extraído de Masini, Elcie A.F. Salzano — "Sistematização e Aplicação de Recursos Facilitadores de Aprendizagem Significativa Propostos por Ausubel, numa Situação de Sala de Aula", dissertação de mestrado não-publicada, PUCSP, 1976.

ro para reprodução, aprendizagem relacionada ou solução de problemas" (Ausubel, 1968).

A exposição verbal é, segundo Ausubel, o meio mais eficiente de ensinar e de levar ao conhecimento mais seguro e menos trivial. Isto vale especialmente para a adolescência e a idade adulta, em caso de alunos já em nível mais elevado de escolaridade. Nesse período, os alunos podem adquirir conceitos novos por aquisição direta de relações de ordem cada vez mais elevada de abstração. Para fazer isso de forma significativa, eles não precisam depender longamente de apoios concretos. Em larga escala, esse desenvolvimento reflete a eficiência de um nível adequado de abstrações.

Para a montagem da *Estratégia R*, foi necessário um trabalho minucioso com as professoras especialistas na matéria ministrada na situação experimental de aprendizagem, no que se referiu:

- 1) ao conjunto articulado de conceitos da unidade a ser ensinada;
- 2) à definição dos conceitos e princípios que, já conhecidos pelos alunos, constituiram os pontos de apoio para o novo material a ser aprendido.

A justificativa da adoção desses procedimentos com as professoras, para montagem da *Estratégia R*, baseia-se também no princípio de que a aprendizagem significativa lida com os conceitos referentes a um corpo de conhecimentos e não somente com procedimentos formais. É, pois, indispensável, para a montagem de uma estratégia que faz uso da aprendizagem verbal significativa, a participação de um especialista em aprendizagem e de um especialista na disciplina que vai ser ensinada.

Para verificação experimental da eficiência desses recursos, foi montada uma situação de aprendizagem de um semestre de duração.

Os recursos facilitadores utilizados na *Estratégia R*, nesta situação de aprendizagem, foram:

- 1) seqüência de apresentação de conceitos em ordem de maior para menor inclusividade;

- 2) "organizadores prévios" apresentados no início das subunidades, que seguiam os princípios de "diferenciação progressiva" e "reconciliação integrativa";
- 3) material de consulta (apostilas) organizado segundo os dois itens acima e
- 4) material para laboratório organizado de forma a propiciar condições para subsunção.

Esta sistematização

restringiu-se à organização conceitual do assunto e sua forma de apresentação ao aluno, tanto na comunicação oral como na escrita. Sua finalidade foi a de levar em consideração dados referentes à montagem "substancial" e "programática" para facilitação de aprendizagem.

A situação experimental limitou-se a um tópico do programa "A célula", sendo ministrada a alunos da 1ª série do 2º grau do Instituto de Educação Caetano de Campos, em São Paulo.

Materiais utilizados na pesquisa

Foram utilizados: cartazes, apostilas, mate-

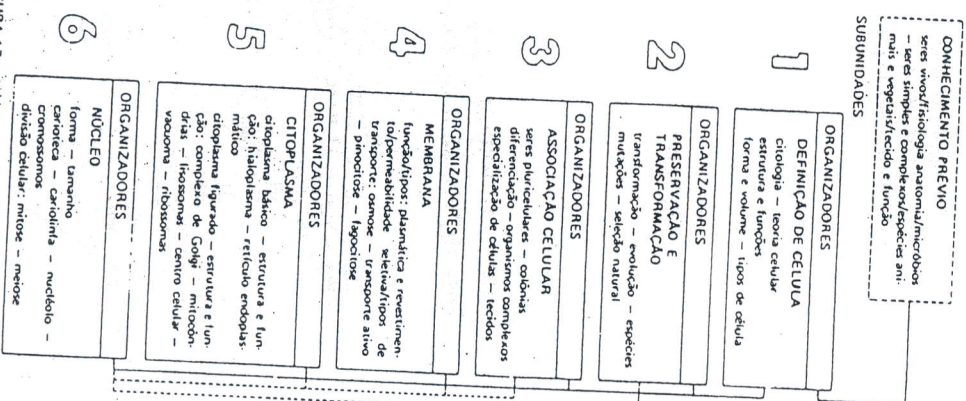


FIGURA 4.7 - Identificação e hierarquização dos conceitos básicos, sequência das subunidades.

rial escrito para procedimento de laboratório, material para trabalho em laboratório, material para pré-teste, material para as duas avaliações.

As apostilas começam pelos organizadores, que têm aí o título de "Introdução" apresentado em corpo separado do resto do conteúdo da apostila (ver modelos de organizador e apostila ao final deste exemplo). O conteúdo da subunidade é apresentado com outro subtítulo, referente ao assunto a ser desenvolvido e parte sempre dos conceitos mais abrangentes para os menos abrangentes. O material escrito para procedimento de laboratório explica o que o aluno deverá observar e como deverá proceder para registrar as observações para relatório.

Procedimentos para montagem da Estratégia R

1. Organização dos recursos facilitadores da aprendizagem significativa que seriam utilizados na situação experimental de aula.
2. Contato com as professoras para:
 - a) determinação do conteúdo sobre célula que deveria ser ministrado aos alunos da 1ª série do 2º grau;
 - b) levantamento dos conceitos que já haviam sido dados pelas professoras à classe em outras unidades de ciências, necessários para ancoragem dos novos conceitos sobre célula;
 - c) hierarquização conceitual do conteúdo selecionado; estabelecimento dos conceitos básicos mais abrangentes que deveriam ser salientados e, sob os quais, outros seriam assimilados, constituindo a estrutura da matéria em corpo organizado de conhecimentos. Como mostra a figura 4.7, seis conceitos básicos foram estabelecidos, fazendo-se corresponder a cada um uma subunidade da matéria;
 - d) mapeamento conceitual do conteúdo selecionado (figura 4.8).

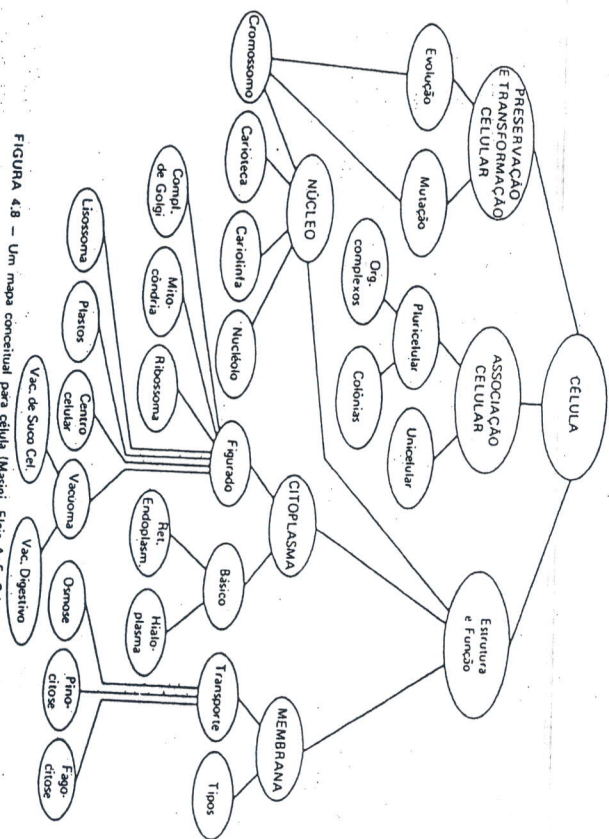


FIGURA 4.8 — Um mapa conceitual para célula (Masini, Elicé A. F. Salzano, 1976).

Para cada subunidade foi estudado o procedimento do professor na sequência de apresentação do material como se pode ver a seguir.

SUBUNIDADE I — O conceito de célula

1.^a aula — 1. Introdução dos organizadores

A professora distribui a folha mimeografada com os “Organizadores” e lê em voz alta.

2. Desenvolvimento

— Dá a definição de *célula*: “Célula uniforme morfo-fisiológica dos seres vivos”; afixa um cartaz com a definição.

— Dá explicações sobre a *Teoria Celular*: “Todo ser vivo é formado de células”; afixa um cartaz com estes dizeres; projeta 7 diapositivos de seres unicelulares e pluricelulares (animais e vegetais) para ilustrar a Teoria Celular.

— Dá explicações sobre estrutura da célula; utiliza diapositivos nos quais se pode ver bem *membrana*, *citoplasma* e *núcleo*.

— Distribui as apostilas desta subunidade.

2.^a aula — Laboratório

1. A professora distribui as folhas mimeografadas contendo orientação para procedimentos e observação de lâminas ao microscópio.

2. Os alunos são orientados para se distribuírem para observação num dos 7 microscópios existentes.

3. A professora circula pela classe respondendo a dúvidas, ligando as respostas com as explicações da aula teórica.

SUBUNIDADE II — Preservação e Transformação

3.^a aula — 1. Introdução dos organizadores

A professora distribui a folha mimeografada com os organizadores e lê em voz alta.

2. Desenvolvimento

— Distribui as apostilas dessa subunidade e a folha das questões de estudo dirigido.

— Coloca-se à disposição para responder dúvidas.

SUBUNIDADE III — Associação Celular

4.^a aula — 1. Introdução dos organizadores

A professora distribui a folha mimeografada com os organizadores e lê em voz alta.

2. Desenvolvimento

— Dá a explicação sobre os dois grandes tipos de associação celular: colônias ou famílias e organismos complexos; afixa um cartaz chamando a atenção para as características das células de um tipo e de outro.

— Dá explicações sobre a evolução dos unicelulares, a formação de colônias e ilustra através de diapositivos.

— Distribui as apostilas dessa subunidade.

5.^a aula — Laboratório

1. A professora distribui as folhas mimeografadas contendo orientação para procedimento e observação ao microscópio.

2. Os alunos são orientados para se distribuírem para observação num dos 7 microscópios existentes.

3. A professora circula pela classe respondendo a dúvidas, ligando as respostas com as explicações da aula anterior.

6.^a aula — Entrega dos relatórios das duas aulas de laboratório, com críticas e correções.

7.^a aula — Avaliação.

8.^a aula — Entrega de avaliação e discussão.

SUBUNIDADE IV — Membrana

9.^a aula — 1. Introdução dos organizadores

A professora distribui a folha mimeografada com os organizadores e lê em voz alta.

2. Desenvolvimento

- Dá explicações sobre as funções características da membrana, ilustrando por meio de fotografias de microscópio eletrônico.
 - Dá explicações, salientando os diferentes tipos de membranas e sua estrutura, ilustrando por meio de fotos de microscópio eletrônico.
 - Dá explicações sobre permeabilidade seletiva, absorção e eliminação de resíduos e dos fatores que influem na permeabilidade: poros, enzimas e tamanhos das moléculas.
 - Distribui as apostilas sobre essa subunidade.
- 10.^a aula — A professora explica os tipos de transporte:
- *osmose*: *plasmólise* e *desplasmólise*, com apresentação de desenho ilustrativo de um livro;
 - *fagocitose*, fazendo o aluno acompanhar pelo desenho na apostila;
 - *pinocitose*, fazendo o aluno acompanhar pelo desenho na apostila;
 - *transporte ativo*.

11.^a aula —

- Laboratório — Observação da permeabilidade celular.
1. As soluções utilizadas para experimental permeabilidade foram preparadas com antecedência pelas professoras.
 2. A professora distribui:
 - a) o material a ser observado;
 - b) as folhas orientando o procedimento e as observações a serem feitas.
 3. A professora circula pela classe, respondendo a dúvidas, ligando as respostas com as explicações da aula teórica sobre o assunto.

12.^a aula —

- Laboratório — Observação sobre absorção de substâncias.
1. A professora distribui:
 - a) o material a ser utilizado para as observações no 1.^o e 2.^o experimento;
 - b) as folhas orientando o procedimento e as observações a serem feitas.
 2. A professora circula pela classe, respondendo a dúvidas, ligando as respostas com as explicações da aula teórica sobre o assunto.
- Observação: Os alunos foram, no início da aula, orientados a formarem grupos de 5 elementos, aproximadamente, para que cada grupo pudesse receber o material para observação desses experimentos.

SUBUNIDADE V — Citoplasma

13.^a aula — 1. Introdução dos organizadores

A professora distribui a folha mimeografada com os organizadores e lê com a classe.

2. Desenvolvimento

- Dá explicações sobre o *citoplasma básico*, e sobre seus componentes: *matriz fundamental* ou *hiatoplasma* e *retículo endoplasmático*.
- Explica o que é a *matriz fundamental* ou *hiatoplasma*, sua constituição e função.
- Explica o que é *retículo endoplasmático*, composição e função.
- Explica o que é o *citoplasma figurado* e dá o nome dos organelos que serão estudados.
- Distribui as apostilas dessa subunidade.
- Os alunos recebem um prazo de 15 dias (coincidindo com feriados e dias previstos para suspensão de aulas), para realizar um trabalho de pesquisa sobre componentes citoplasmáticos.

As seguintes instruções foram lidas aos alunos:

- procurar em bibliografia especializada de Biologia, a forma e função dos componentes *citoplasmáticos*, em especial plastos (fotossíntese) e condrioma (respiração);
- o trabalho será exclusivamente visual, sendo a apresentação feita através de cartazes;
- a classe deverá se dividir em 5 grupos; cada grupo apresentará quantos cartazes considerer necessários para que seja atingido o objetivo;
- em aula somente será discutido se o trabalho comunicou bem ou não a forma e função dos componentes citoplasmáticos.

Observação: Os cartazes não poderão ser acompanhados de comunicação verbal.

14.^a aula —

- A professora continua a explicação da aula anterior a partir dos organelos que compõem o citoplasma figurado e passa a explicar:
- a) *complexo de Golgi*: estruturação e função;
 - b) *mitocôndrios*: estruturação e função;
 - c) *lisossomas*: estruturação e função;
 - d) *centro celular*: estruturação e função;
 - e) *plastos*: estruturação e função;
 - f) *vacuoma*: estruturação e função;
 - g) *ribossomas*: estruturação e função.
- 15.^a aula — Os alunos expõem a pesquisa realizada.

SUBUNIDADE VI — Núcleo

16ª aula — 1. Introdução dos organizadores

A professora distribui a folha mimeografada com os organizadores e lê em voz alta para a classe.

2. Desenvolvimento

— Distribui apostila dessa subunidade.

— Explica a *estrutura do núcleo*, ilustrando através de fotografia de microscópio eletrônico.

— Explica a função de cada um desses elementos que formam a estrutura, fazendo os alunos observarem desenhos da apostila.

17ª aula — A professora explica o fenômeno da *divisão celular* e as alterações sofridas pelo cromossomo.— Explica a *meiose*, fazendo com que os alunos acompanhem pelos desenhos esquemáticos da apostila.

18ª aula — Laboratório — Observação da divisão celular.

1. A professora distribui as folhas, orientando a observação ao microscópio.

2. Os alunos são orientados para se distribuírem para observação num dos 7 microscópios existentes.

3. A professora circula pela classe respondendo as dúvidas, ligando as respostas às explicações das aulas anteriores.

Exemplo de organizador e apostila usados na Estratégia R

A seguir, o organizador (Introdução) e a apostila da subunidade VI são apresentados como exemplos do material utilizado na Estratégia R.

INTRODUÇÃO

SUBUNIDADE VI — NÚCLEO

Tanto os organismos vivos como sua unidade constituinte (célula) não vivem eternamente. As espécies só puderam se manter há, portanto, algum modo pelo qual o ser vivo forma outros seres vivos e transmite as suas características.

Em todo reino animal e vegetal uma geração deve surgir de outra anterior a ela. Não existe geração espontânea. Esta lei se estende também à célula. Uma célula só pode surgir de uma outra célula. Os seres unicelulares originam-se de outros seres unicelulares. Os organismos pluricelulares complexos originam-se também de uma única célula. Assim, a partir de uma primeira célula, o ser se desenvolve mediante a divisão celular, o crescimento e a diferenciação das células.

Deve haver, portanto, alguma coisa dentro de uma única célula capaz de transmitir as características, mesmo a um organismo complexo.

NÚCLEO

O núcleo é uma formação de quase todas as células dos seres vivos. Mas existem casos em que o núcleo ou pelo menos o material nuclear não se acha diferenciado.

Entretanto, de maneira geral, podemos dizer que as células são mononucleadas, apesar de existirem células binucleadas e multinucleadas. Como exemplos de células binucleadas temos as hepáticas e cartilaginosas. Nas células polinucleadas podemos ter dois casos de difícil caracterização a não ser pela origem: 1) os plasmódios, que surgem pela divisão nuclear sem que o citoplasma também se divida, como no caso do músculo estriado, surgindo daí uma massa citoplasmática com numerosos núcleos; 2) ou, então, podemos ter um conjunto de células em que há dissolução das membranas de contato de células adjacentes, havendo o surgimento também de uma massa citoplasmática polinucleada, como é o caso específico da placenta.

A forma do núcleo pode ou não depender da forma da célula. O tamanho do núcleo é variado. Apesar disso foi possível a Hertwing estabelecer uma relação entre o volume nuclear e o volume citoplasmático. Esta relação é chamada de relação nucleoplasmática.

Relação nucleoplasmática: $\frac{V_n}{V_c - V_n}$

Sendo V_n : volume nuclear
e V_c : volume celular.

Esta relação indica que deve existir um equilíbrio entre os volumes considerados. Um desequilíbrio seria um estímulo para a divisão celular.

As posições do núcleo são variáveis, mas, em geral, são características para um mesmo tipo de célula. Assim, nas células embrionárias, ocupa o centro geométrico, nas células glandulares, ocupa a região basal, nas células adiposas, encontram-se junto à periferia da célula etc.

Uma célula corada apresenta os seguintes constituintes nucleares: carioteca ou membrana nuclear, cariolinha ou suco nuclear, nucléolo e cromossomos.

CARIOTECA

A carioteca é uma membrana que apresenta estrutura definida e resistência mecânica, como se pode demonstrar por micro-manipulação.

O estudo da carioteca ao nível submicroscópico parece demonstrar que a membrana nuclear é formada por duas capas, tendo os poros, com diâmetros de 400 Å, distribuídos regularmente a uma distância um do outro de 1.000 Å.

Uma consideração interessante que se pode fazer a respeito da estrutura da carioteca é sobre sua relação com o retículo endoplasmático. De acordo com esta interpretação, as duas membranas, com a cavidade perinuclear, representam uma grande vesícula achatada adjacente à superfície do núcleo. Esta hipótese leva à conclusão por intermédio da carioteca. Os estudos acerca da permeabilidade da membrana nuclear, mostrando a relativa facilidade de penetração de macromoléculas no interior do núcleo, estão de perfeito acordo com o tamanho das moléculas e dos poros da membrana.

CARILINHA

O suco nuclear corresponde ao colóide do núcleo. Ao microscópio ótico é homogêneo, mas tem-se observado, ao eletrónico, a presença de regiões mais ou menos densas.

Talvez a cariolinha apresente um tipo qualquer de estruturação.

NUCLÉOLO

O nucléolo é facilmente observável em células vivas, em virtude de sua alta refringência, que está relacionada com a grande quantidade de material protéico. Além de proteínas, o nucléolo apresenta uma grande quantidade de RNA.

Sua estrutura apresenta um comportamento cíclico, desaparecendo ao iniciar-se a divisão celular e reaparecendo quando esta termina.

O desaparecimento do nucléolo parece explicar-se pela eliminação de substâncias secretadas pelo nucléolo, que passam ao citoplasma, verificado em células de sapos e em alguns mamíferos. Esta relação relacionado com o contato entre nucléolo e mitocôndria.

O reaparecimento do nucléolo acha-se diretamente ligado a um determinado cromossomo, que é chamado cromossomo reorganizador do nucléolo.

CROMOSSOMOS

São filamentos que estão no núcleo celular que contêm os gens. Gens são partículas responsáveis pela transmissão de um caráter hereditário. Os cromossomos são considerados os componentes nucleares que exibem organização, individualidade e funções especiais, apresentando autoduplicação e mantendo suas características através de divisões celulares sucessivas.

O número de cromossomos por núcleo depende do tipo de célula considerado. Normalmente existem dois tipos de células quanto ao número de cromossomos.

Há células em que os cromossomos ocorrem dois a dois, formando pares de cromossomos homólogos. Estas células são chamadas de diploides e o número de cromossomos, que é característico da espécie, é representado por $2n$.

Existem outras células em que os cromossomos se encontram em dose simples, ou seja, encontramos apenas um dos cromossomos de cada par; são as células chamadas de haploides e representadas por n .

As células somáticas e germinativas são diploides ($2n$), ao passo que os gametas são haploides (n).

No Homem, temos as células somáticas com 46 cromossomos, portanto, $2n = 46$. Conseqüentemente, um óvulo ou um espermatozóide humano irá apresentar $n = 23$.

Embora o número de cromossomos seja característico da espécie, isto não significa que duas espécies diferentes não possam apresentar o mesmo número.

O número haploide de cromossomos (n) é denominado de genoma. Assim, o genoma do Homem é 23 cromossomos, da cebola é 8 etc.

O tamanho dos cromossomos que, por uma razão de uniformidade, é sempre considerado numa das fases da mitose, pode apre-

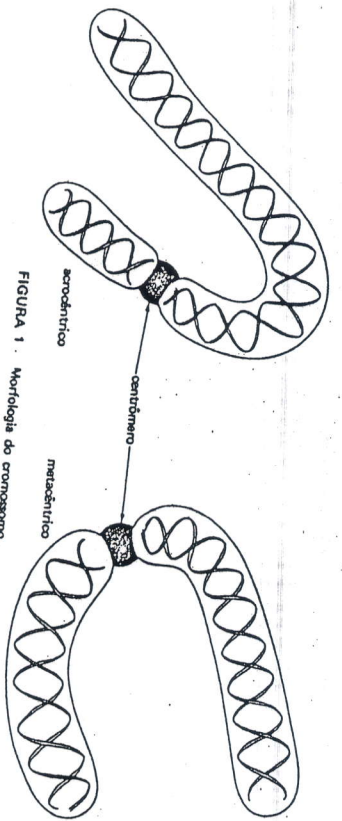


FIGURA 1 - Morfologia do cromossomo.

sentar variações de célula a célula; o mesmo cromossomo em células diferentes apresenta tamanhos diferentes.

Os cromossomos humanos têm cerca de 4 a 7 μ , os cromossomos de rato têm 2 a 3 μ . Entretanto, existem os chamados cromossomos gigantes que têm cerca de 150 a 250 μ e outros 800 μ . A morfologia externa dos cromossomos pode ser estudada durante a divisão celular, quando o cromossomo se apresenta evidenciado. Aparece como um corpo cilíndrico, que se cora intensamente com corantes básicos e que apresenta pelo menos uma mancha denominada de centrômero. A posição do centrômero determina a classificação do cromossomo segundo a sua forma. Podem ser cromossomos acrocêntricos, quando o centrômero se localiza perto da extremidade do mesmo, submetacêntrico, quando um dos braços é maior que o outro e, finalmente, metacêntrico, quando o centrômero é mediano.

DIVISÃO CELULAR

Quando a célula apresenta um processo de divisão, verifica-se que o cromossomo sofre profundas alterações. A célula, segundo a sua função, pode apresentar dois tipos básicos de divisão celular: mitose e meiose.

MITOSE

É o processo de divisão que ocorre nas células somáticas e germinativas em sua fase de multiplicação.

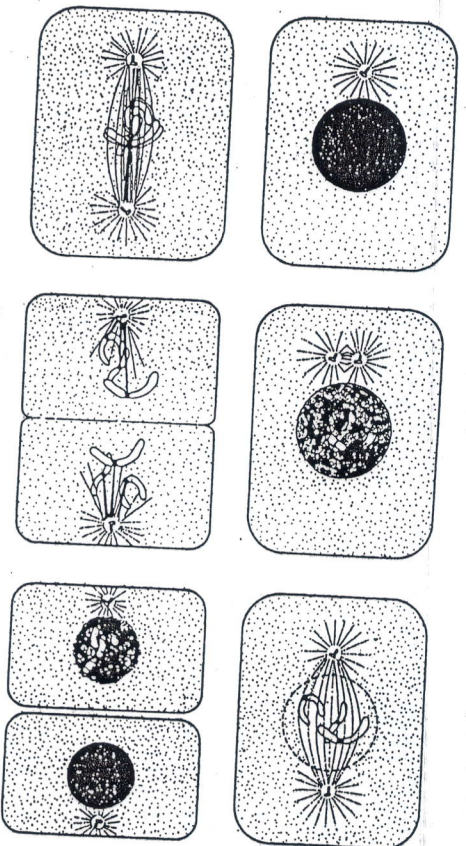


FIGURA 2 - Esquema de mitose.

Trata-se de um processo em que um núcleo se divide dando dois outros com o mesmo número de cromossomos que a célula-mãe. Isto porque ocorre na mitose uma divisão do cromossomo para uma divisão do núcleo.

Neste processo, temos inicialmente a divisão do núcleo (cariocinese) e, posteriormente, ocorre geralmente a divisão do citoplasma (citocinese).

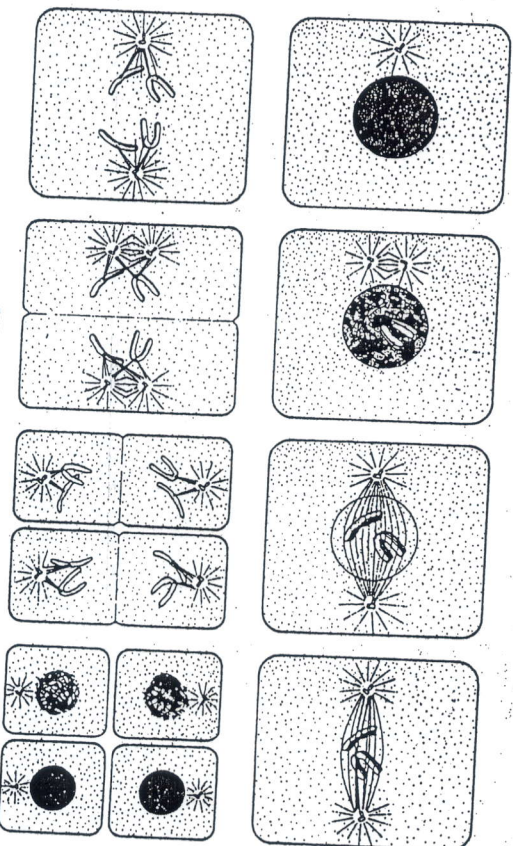


FIGURA 3 - Esquema de meiose.

Embora se trate de um processo contínuo e que dura em média uma hora, a mitose é subdividida em fases cuja finalidade é propiciar uma localização exata de determinados fenômenos mító-prometáfase, metáfase, anáfase e telófase.

MEIOSE

Vimos, anteriormente, que a mitose é um processo de divisão que garante às células filhas o mesmo número de cromossomos que os da célula que lhes deu origem. Mantém-se, portanto, constante o número de cromossomos dos indivíduos de uma dada espécie. Entretanto, a causa do número constante de cromossomos para a espécie deriva da meiose, pois, se os gametas, que são resultantes de células diplóides, não fossem haplóides, teríamos indivíduos com número aumentado de cromossomos.

As células no processo de meiose, em duas divisões sucessivas, produzem quatro células germinativas. No início da primeira divisão, vêm-se os cromossomos; eles se condensam e formam o fuso. Depois que os cromossomos se movem para os pólos do fuso, forma-se uma grande parede celular entre as células-filhas, segunda divisão, os cromossomos se movem para os pólos e se formam as células germinativas.

Verifica-se, portanto, que a meiose é um tipo de divisão celular que reduz à metade o número de cromossomos. Em essência, cromossômica, resultando deste processo, a partir de um núcleo diplóide, 4 núcleos haplóides.



CAPÍTULO 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tentamos, nos capítulos anteriores, dar ao leitor uma visão geral da teoria de aprendizagem de David Ausubel e de como ela pode ser sistematizada e utilizada na sala de aula com o objetivo de facilitar a aprendizagem do aluno. De um modo geral, tentamos também usar o princípio da diferenciação progressiva na seqüencição do texto: na Introdução, procuramos situar o cognitivismo dentro da Psicologia e introduzimos as idéias gerais da teoria de Ausubel como uma abordagem cognitivista à aprendizagem. A seguir, no Capítulo 1, diferenciamos essas idéias e discutimos com algum detalhe vários aspectos da teoria. Nos capítulos seguintes, descemos ainda mais no nível de detalhamento, pois, no segundo, focalizamos apenas conceitos, no terceiro, propusemos um modelo de sistematização e, no quarto, chegamos aos exemplos.

Entretanto, de acordo com a própria teoria de Ausubel, a programação do conteúdo deve não só proporcionar a diferenciação progressiva, mas também chamar a atenção para diferenças e similaridades e reconciliar inconsistências reais ou aparentes, ou seja, promover a reconciliação integrativa. Seguindo essa linha, o presente capítulo visa chamar a atenção para alguns pontos, esclarecer outros e retomar a teoria de um ponto de vista integrador, isto é, por meio de um mapa conceitual.