

UM MODELO DA ESTRUTURA COGNITIVA

DUARTE COSTA PEREIRA (*)

CÉSAR ALVES (**)

LEONOR LENCASTRE (***)

UNIVERSIDADE DO PORTO

Trata-se de um modelo, basicamente inspirado na teoria de Kintsch, e referente não só aos processos cognitivos mas também ao formato do código de representação da informação, que poderá ter aplicações no Ensino Assistido por Computador. Relativamente ao código de representação da informação propõe-se um sistema proposicional, tendo-se no entanto consciência de que dada a complexidade do sistema de representação de conhecimentos do ser humano nele devem intervir outros formatos de representação.

Este modelo simula muito especificamente as alterações que ocorrem na estrutura cognitiva de um sujeito quando este procede à leitura de um texto, supondo a existência de três tipos de memória. A memória operatória possui uma capacidade limitada, como tal para se poder processar nova informação, a informação que está contida na memória operatória deve desaparecer. Essa informação que desaparece da memória operatória é no entanto registada num tipo de memória mais permanente — a memória episódica — que possui uma estrutura de rede. Esta memória é afectada por um factor de decaimento. Existe ainda um outro tipo de memória para onde também é enviada a informação da memória operatória — a memória semântica, que se representa por uma estrutura de rede semelhante à da memória episódica. Esta memória não sofre decaimento.

Este modelo encontra-se implementado em programa de computador, em linguagem Fortran, o que facilita grandemente o desenvolvimento de estudos experimentais de validação do modelo, tendo-se já realizado alguns.

Numa tentativa de esclarecer de alguma forma o Processo de Compreensão, apresenta-se um modelo de processamento cognitivo de textos, implementado em programa de computador, que revela as alterações que ocorrem na estrutura cognitiva de um sujeito quando este procede à leitura de um texto.

Ao pretender modelar a Estrutura Cognitiva, envolvemo-nos necessariamente com o problema da representação do conhecimento — qual o(s) formato(s) do código que representa a informação na memória — mas não só. De facto e como Anderson (1976,1978) salienta, a questão da representação não pode ser analisada independentemente da questão do processamento da informação. Este modelo não se limita assim a analisar a forma como a informação se deve representar no ser humano, mas visa sobretudo os processos cognitivos que actuam sobre essa informação (aquisição, retenção e recuperação), mostrando a interacção entre um *input* codificado e as estruturas permanentes da memória.

A principal fonte de inspiração deste modelo é a teoria de Kintsch (1970, 1972, 1974, 1977, 1978, 1979, 1980; Kintsch & Van Dijk, 1978; Kintsch & Vipond, 1979) que é de todos os modelos globais de compreensão com preponderância psicológica, aquele que mais se dedica ao problema do processamento cognitivo de textos e de produção de discurso.

Este modelo acarreta consigo a ideia de interdisciplinaridade, uma vez que para a sua elaboração, tal como acontece com todos aqueles que tentam simular os processos cognitivos, foram aproveitadas ideias de várias disciplinas: Psicologia, Inteligência Artificial e Linguística.

(*) Professor Associado da Faculdade de Ciências — Univ. do Porto.

(**) Engenheiro Investigador no Centro Informático da Universidade do Porto.

(***) Assistente da Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação — Univ. do Porto.

A correspondência sobre este artigo, deverá ser enviada para o primeiro autor para: Faculdade de Psicologia e C. E. — Rua das Taipas, 76 — 4000 Porto.

O sistema de representação da informação

O ser humano parece que só consegue recordar-se de pormenores físicos, verbais ou espaciais de um dado objecto ou acontecimento, durante alguns segundos após a sua apresentação. Por outro lado, parece ter uma grande capacidade para lhe extrair a essência (*gist*), que é a informação sobre o significado desses estímulos, retendo o significado da mensagem como parte integrante do seu processo de compreensão. Recorda melhor o essencial de um texto do que as suas palavras exactas (Anderson, 1983). Pode concluir-se assim que na memória devem existir representações que não preservam a estrutura exacta dos objectos e acontecimentos reais, mas o seu significado.

De entre as várias formas de representação mental de informação a proposição — formato de representação baseado no significado — é o código privilegiado pela maioria dos autores. O conceito de proposição nasce da lógica e linguística, e define-se como a mais pequena unidade de conhecimento, sobre a qual se podem fazer juízos de valor (afirmações do tipo verdadeiro/falso). Uma proposição exprime uma relação, verdadeira ou falsa, entre dois ou mais conceitos. Pode não ser uma frase, nem é um simples conjunto de palavras, mas sim uma unidade ideacional. Preserva o significado podendo alterar as palavras ou a estrutura dos objectos que representa.

A representação mental deve possuir um carácter mais abstracto do que as estruturas superficiais do texto, existindo independentemente da sintaxe e vocabulário utilizados. De facto, as proposições captam a essência de uma afirmação e por outro lado, ao serem passíveis de manipulação por certas regras da lógica, servem de mediadores rápidos de inferência (característica muito importante dado existir um limite para a quantidade de informação que pode ser armazenada directamente na memória).

Este modelo propõe uma representação proposicional para o conhecimento.

UM MODELO DA ESTRUTURA COGNITIVA

DUARTE COSTA PEREIRA (*)

CÉSAR ALVES (**)

LEONOR LENCASTRE (***)

UNIVERSIDADE DO PORTO

Trata-se de um modelo, basicamente inspirado na teoria de Kintsch, e referente não só aos processos cognitivos mas também ao formato do código de representação da informação, que poderá ter aplicações no Ensino Assistido por Computador. Relativamente ao código de representação da informação propõe-se um sistema proposicional, tendo-se no entanto consciência de que dada a complexidade do sistema de representação de conhecimentos do ser humano nele devem intervir outros formatos de representação.

Este modelo simula muito especificamente as alterações que ocorrem na estrutura cognitiva de um sujeito quando este procede à leitura de um texto, supondo a existência de três tipos de memória. A memória operatória possui uma capacidade limitada, como tal para se poder processar nova informação, a informação que está contida na memória operatória deve desaparecer. Essa informação que desaparece da memória operatória é no entanto registada num tipo de memória mais permanente — a memória episódica — que possui uma estrutura de rede. Esta memória é afectada por um factor de decaimento. Existe ainda um outro tipo de memória para onde também é enviada a informação da memória operatória — a memória semântica, que se representa por uma estrutura de rede semelhante à da memória episódica. Esta memória não sofre decaimento.

Este modelo encontra-se implementado em programa de computador, em linguagem Fortran, o que facilita grandemente o desenvolvimento de estudos experimentais de validação do modelo, tendo-se já realizado alguns.

Numa tentativa de esclarecer de alguma forma o Processo de Compreensão, apresenta-se um modelo de processamento cognitivo de textos, implementado em programa de computador, que revela as alterações que ocorrem na estrutura cognitiva de um sujeito quando este procede à leitura de um texto.

Ao pretender modelar a Estrutura Cognitiva, envolvemo-nos necessariamente com o problema da representação do conhecimento — qual o(s) formato(s) do código que representa a informação na memória — mas não só. De facto e como Anderson (1976,1978) salienta, a questão da representação não pode ser analisada independentemente da questão do processamento da informação. Este modelo não se limita assim a analisar a forma como a informação se deve representar no ser humano, mas visa sobretudo os processos cognitivos que actuam sobre essa informação (aquisição, retenção e recuperação), mostrando a interacção entre um *input* codificado e as estruturas permanentes da memória.

A principal fonte de inspiração deste modelo é a teoria de Kintsch (1970, 1972, 1974, 1977, 1978, 1979, 1980; Kintsch & Van Dijk, 1978; Kintsch & Vipond, 1979) que é de todos os modelos globais de compreensão com preponderância psicológica, aquele que mais se dedica ao problema do processamento cognitivo de textos e de produção de discurso.

Este modelo acarreta consigo a ideia de interdisciplinaridade, uma vez que para a sua elaboração, tal como acontece com todos aqueles que tentam simular os processos cognitivos, foram aproveitadas ideias de várias disciplinas: Psicologia, Inteligência Artificial e Linguística.

(*) Professor Associado da Faculdade de Ciências — Univ. do Porto.

(**) Engenheiro Investigador no Centro Informático da Universidade do Porto.

(***) Assistente da Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação — Univ. do Porto.

A correspondência sobre este artigo, deverá ser enviada para o primeiro autor para: Faculdade de Psicologia e C. E. — Rua das Taipas, 76 — 4000 Porto.

O sistema de representação da informação

O ser humano parece que só consegue recordar-se de pormenores físicos, verbais ou espaciais de um dado objecto ou acontecimento, durante alguns segundos após a sua apresentação. Por outro lado, parece ter uma grande capacidade para lhe extrair a essência (*gist*), que é a informação sobre o significado desses estímulos, retendo o significado da mensagem como parte integrante do seu processo de compreensão. Recorda melhor o essencial de um texto do que as suas palavras exactas (Anderson, 1983). Pode concluir-se assim que na memória devem existir representações que não preservam a estrutura exacta dos objectos e acontecimentos reais, mas o seu significado.

De entre as várias formas de representação mental de informação a proposição — formato de representação baseado no significado — é o código privilegiado pela maioria dos autores. O conceito de proposição nasce da lógica e linguística, e define-se como a mais pequena unidade de conhecimento, sobre a qual se podem fazer juízos de valor (afirmações do tipo verdadeiro/falso). Uma proposição exprime uma relação, verdadeira ou falsa, entre dois ou mais conceitos. Pode não ser uma frase, nem é um simples conjunto de palavras, mas sim uma unidade ideacional. Preserva o significado podendo alterar as palavras ou a estrutura dos objectos que representa.

A representação mental deve possuir um carácter mais abstracto do que as estruturas superficiais do texto, existindo independentemente da sintaxe e vocabulário utilizados. De facto, as proposições captam a essência de uma afirmação e por outro lado, ao serem passíveis de manipulação por certas regras da lógica, servem de mediadores rápidos de inferência (característica muito importante dado existir um limite para a quantidade de informação que pode ser armazenada directamente na memória).

Este modelo propõe uma representação proposicional para o conhecimento.

As proposições podem ser constituídas por palavras simples e por conceitos complexos, não se defendendo portanto a obrigatoriedade da decomposição semântica. Essa obrigatoriedade, sugerida pela teoria dos marcadores semânticos (*semantic markers*) de Katz e Fodor (1963), deve segundo Kintsch (1974) ser posta em causa. De facto para este autor a questão da decomposição semântica não deve ser posta em termos da possibilidade da decomposição semântica, pois parece não existirem dúvidas de que o ser humano é capaz de decompor conceitos. O que deve ser posto em causa é se a compreensão deve envolver obrigatoriamente a decomposição. Kintsch pensa que não, já que muito frequentemente conceitos complexos são tratados como unidades.

Relativamente à estrutura constitutiva das proposições, opta-se por uma estrutura n-ária baseada na Teoria ou Gramática de Casos de Fillmore (1968), tal como fizeram muitos outros investigadores como é o caso de Kintsch (1974, 1975a, 1975b), Norman e Rumelhart (1975) e Schank (1975a, 1975b, 1981), segundo a qual uma frase pode ser codificada identificando o verbo e os seus casos. O verbo é considerado o conceito central, podendo estar relacionado com vários casos — os argumentos. Salienta-se a relação que o verbo estabelece com cada um dos seus casos e remete-se para segundo plano as relações entre casos.

Cada proposição é definida dentro de um parêntesis, ocupando o termo relacional ou predicado o primeiro lugar:

(Predicado, Argumento1, Argumento2,, Argumenton)

O predicado exprime uma relação entre argumentos ou a qualificação de um argumento.

Para a construção das proposições, define-se um conjunto de regras elementares, bastante intuitivas, que apresentam uma certa flexibilidade na sua aplicação. Na realidade, o termo relacional pode ser um verbo, um adjectivo ou até mesmo uma proposição. Os argumentos podem ser também outras proposições. As proposições que fazem parte de outras chamam-se subordinadas, e as que as englobam denominam-se subordinativas.

Este problema da elaboração das regras de construção das proposições não se encontra ainda solucionado, apesar de se terem iniciado várias tentativas nesse sentido. De facto, esta é uma questão complexa que, ao estar necessariamente ligada às Teorias do Significado, invade o campo da Filosofia. O objectivo a curto prazo dos autores limita-se contudo, à elaboração de um modelo de processamento de textos implementável em computador, não havendo da sua parte a pretensão de desenvolver uma Teoria do Significado. Tendo consciência, de que o processo de codificação é heurístico e não algorítmico (ou seja, diferentes sujeitos transformam um mesmo texto de formas diferentes), os autores não se preocupam com pormenores da notação proposicional⁽¹⁾. Pretendem isso sim, criar um modelo que não se subordine a uma teoria específica de representação do conhecimento (aliás como Kintsch sugere (Kintsch & Van Dijk, 1978). São definidas regras apenas por se tornar indispensável a existência de um critério comum de análise proposicional para a posterior realização de trabalhos experimentais de validação do modelo.

As proposições que traduzem a informação, aparecem na memória sob a forma de uma lista hierárquica⁽²⁾. Esta ideia surge a partir da noção de base do texto apresentada por Kintsch, para a qual a base do texto — lista hierárquica de proposições — reflecte a estrutura de conteúdo do texto — a lógica e mensagem do autor — e aproxima-se muito da forma de representação mental que o leitor possui do texto. O leitor deve, contudo esforçar-se por compreender a lógica do autor, bem como possuir o conhecimento prévio pressuposto pelo autor, para a sua compreensão. Para formar a base do texto, ou estrutura microproposicional, cada proposição é escrita numa linha numerada segundo a ordem do aparecimento do respectivo predicado no texto (Kintsch, 1974;

Turner & Greene, 1977; Kintsch & Miller, 1980). A base do texto distingue-se de uma simples lista de proposições, pois na primeira as proposições aparecem ligadas segundo um critério de coerência semântica, que é a coerência referencial e que se traduz pela partilha de argumentos entre proposições (Kintsch & Van Dijk, 1975).

Propõe-se que as proposições que compõem a lista hierárquica são ordenadas de acordo com a posição nele ocupada pelos respectivos predicados. E, tal como Kintsch advoga, para se formar uma base do texto coerente, as proposições devem partilhar argumentos.

As proposições, unidades básicas do processamento, podem ser compactadas de forma a definirem unidades mais extensas — as macroproposições. Este processo denomina-se compactação (*chunking*)⁽³⁾. Uma macroproposição (que não tem aqui o mesmo significado com que aparece na teoria de Kintsch) é constituída por uma proposição subordinativa e uma ou mais proposições subordinadas. A subordinativa funciona como predicado da macroproposição e as subordinadas como argumentos.

O PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO

A memória operatória

O processamento de uma base de texto, ou lista hierárquica de proposições, decorre por ciclos. Esta característica deve-se ao facto de se atribuir à memória operatória (*Working Memory*)⁽⁴⁾ um limite de capacidade. Cada ciclo é composto por um certo número de macroproposições.

Parte-se do princípio que se o assunto já é muito conhecido do sujeito, este pode processar muito mais informação, num dado ciclo de processamento, o que faz com que na prática as macroproposições sejam maiores. A capacidade de compactação aparece assim directamente relacionada com a familiaridade que o leitor tem com o texto. O critério de compactação define-se da seguinte forma: se duas proposições se encontram ligadas por uma relação de subordinação, podem ser compactadas. A capacidade de compactação é medida pelo número limite de microproposições processáveis, incluindo a subordinativa, sendo contabilizadas as repetições.

Associada à capacidade de compactação, aparece a estratégia de leitura segundo a qual o leitor pode não processar todas as microproposições subordinadas, devido ao limite da capacidade de compactação, perdendo-as — leitor sintético; ou, no caso do leitor analítico, processar todas as microproposições subordinadas, formando novas macroproposições com as que ultrapassam a capacidade de compactação.

Relativamente ao limite das macroproposições a incluir num ciclo de processamento e seguindo a sugestão de Kintsch, supõe-se que ele deve depender não só das características do sujeito, como também das do próprio texto.

Na memória operatória, a informação relativa a um ciclo de processamento representa-se por um grafo⁽⁵⁾ acíclico — árvore — em que os nós identificam as macroproposições e as linhas a partilha de argumentos. As macroproposições são identificadas pela microproposição subordinativa e aparecem distribuídas por vários níveis.

Sobre uma mesma base de texto podem obter-se diferentes árvores, sendo a organização das macroproposições na memória operatória controlada pela memória semântica⁽⁶⁾ com base na noção de estilo cognitivo (Pask, 1972). O variável estilo cognitivo funciona como critério de selecção das proposições candidatas a serem ligadas por comunhão de argumentos. O sujeito pode dar mais importância às ligações da memória operatória que reforçam ligações já existentes na memória a longo prazo semântica (- concentrador — *focuser*), ou privilegiar as ligações que

originam novas ligações entre conceitos da memória a longo prazo semântica (- dispersivo — *scanner*).

As macroproposições que estão num dado momento na memória operatória são excluídas desta (processo de obscurecimento proposto por Anderson (1976)) com excepção de um subconjunto de macroproposições que estabelece a ligação entre os ciclos de processamento formando o *buffer* (registo provisório). Este *buffer*, cuja capacidade é limitada, é preenchido pela raiz e pela macroproposição ou macroproposições que traduzem o objectivo da leitura (*purpose*) caso exista (podendo este último identificar-se com o título do texto) e pelas macroproposições necessárias para a ligação deste à raiz. As restantes macroproposições são escolhidas por um critério de *leading edge* (aresta frontal) baseado na sua recência e importância. Para isso, partindo do nível mais baixo (nível 1) selecciona-se no nível seguinte a macroproposição com mais importância na memória episódica e que se liga às já seleccionadas do nível anterior. Existindo mais do que uma macroproposição nestas condições, selecciona-se a mais recente. Se a capacidade do *buffer* ainda não estiver esgotada, volta-se ao nível inicial utilizando o mesmo critério, e passa-se em seguida aos restantes níveis.

As estruturas da memória operatória que representam os vários ciclos de processamento devem, na medida do possível formar árvores conexas, isto é, todas as proposições de um determinado ciclo devem ligar-se de alguma forma com as proposições que constituem o *buffer*. Se isto não acontecer com alguma proposição, deve proceder-se a uma pesquisa no conjunto de todas as macroproposições que constituem a memória episódica através de um processo serial, começando pelo centro da memória episódica, que coincide com a raiz da memória operatória(?). Se se encontrar alguma ou algumas macroproposições que estabeleçam essa ligação (por comunhão de argumentos), então essa ou essas macroproposições são inseridas na memória operatória, conseguindo-se assim formar uma árvore conexa. A este processo chama-se mecanismo de repescagem.

A memória episódica

À medida que se formam as árvores da memória operatória, relativas a cada ciclo de processamento, elas são registadas na memória episódica. A memória episódica pode representar-se por uma rede semântica⁽⁸⁾, em que as proposições aparecem como pontos e as suas "distâncias psicológicas" como "forças" das linhas. Esta "força" é calculada como sendo a das ligações existentes na memória operatória (que se "apaga"), acrescida das "forças" residuais das anteriores "gravações" de outros ciclos. Estas são afectadas após cada ciclo por um factor de decaimento. Assim sendo, uma ligação existente na memória episódica com uma determinada "força" x e que apareça na memória operatória, passa a ter uma "força" de $1 + (x - xd)$, sendo d o factor de decaimento. As ligações na memória episódica não reforçadas pela memória operatória passam em cada ciclo a ter o decréscimo de xd .

A memória semântica

A memória semântica pode apresentar-se por uma estrutura de rede semelhante à da memória episódica, em que os pontos correspondem a conceitos e as linhas a ligações entre conceitos. Diz-se que dois conceitos estão ligados quando fazem parte da mesma proposição ou quando aparecem em proposições directamente associadas por comunhão de argumentos - proposições de um mesmo episódio. (Define-se episódio como o conjunto de duas proposições directamente associadas na árvore da memória operatória. A consequência óbvia deste facto é que a memória operatória é uma seleccionadora de episódios, entre todos os possíveis, por comunhão de argumentos). Nesta memória, as proposições são impressas sem decaimento.

A memória semântica desempenha um papel muito importante na definição das linhas da árvore da memória operatória, através da noção de estilo cognitivo. O estilo cognitivo determina-se analisando o tipo de ligações que aparecem na memória semântica. Se o indivíduo reforça as ligações já existentes na memória semântica é um concentrador máximo. Se tenta formar o maior número de novas ligações é um dispersivo máximo. Esta variável - estilo cognitivo - manifesta-se pelo facto do sujeito "escolher" para ligações da memória operatória aquelas que, no caso do concentrador, já estão mais reforçadas na memória semântica e no caso do dispersivo o estão menos. A ideia básica é a de que o concentrador terá preferência por um aprofundamento das ligações já existentes, enquanto que o dispersivo terá nítida preferência pela novidade. O parâmetro que caracteriza o estilo cognitivo é, no entanto, não dicotómico: expressa-se por uma variável contínua que oscila entre o 100% concentrador e o 100% dispersivo, passando inevitavelmente pela mistura equitativa destas duas características. (A consequência prática destas considerações é que o campo de "forças" do concentrador ficará muito diferenciado, enquanto que o mesmo campo para o dispersivo ficará uniformizado).

IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO EM PROGRAMAS DE COMPUTADOR

Este modelo encontra-se implementado em duas versões de programas de computador. Uma primeira, em *Basic* está preparada para correr num microcomputador *Apple* com 64k de RAM. Existe um programa que permite extrair, a partir de um ensaio, a estrutura e o estilo cognitivos de um sujeito. Estes dados, acrescidos de outros parâmetros - capacidade de compactação, capacidade da memória operatória, factor de decaimento, capacidade do *buffer*, e objectivo da leitura (opcional) - funcionam como estradas de um programa principal de simulação da leitura. Existem ainda outros dois programas: um que permite registar as listas das proposições e dos conceitos, e os parâmetros do sujeito relativos ao texto cujo processamento é simulado; e outro que permite corrigir os ficheiros acima citados.

A versão actual tem capacidade de tratamento de textos maiores, e está implementada em *Fortran*, para correr no *Cyber 170/720*. Existem dois programas principais: um que permite fazer a simulação da leitura (programa *Master*) e outro que faz a extracção, a partir de um ensaio, da estrutura e estilo cognitivos de um sujeito (programa *Slave*).

Para simular o processo de leitura, através do computador, deve fornecer-se ao programa de simulação: as listas das proposições e conceitos do texto, a estrutura cognitiva do sujeito, bem como o seu estilo cognitivo (obtidos a partir do programa *Slave*); o número máximo de microproposições que podem ser compactadas (pode eventualmente ser igual a 1 e então o processamento dá-se por microproposições e não por macroproposições) e a estratégia de leitura (para o processador analítico deve acrescentar-se um ao número máximo de microproposições que podem ser compactadas); o número máximo de macroproposições que podem ser processadas num ciclo; o número de macroproposições que estabelecem a ligação entre ciclos; o factor de decaimento (que toma valores entre [0,1]: 0 - sem decaimento -; 1 - decaimento máximo); e as macroproposições que traduzem o objectivo de leitura, caso exista. O programa de simulação da leitura caracteriza a estrutura cognitiva do sujeito após a leitura do texto, ao fornecer: a dificuldade de compactação, que se traduz pela percentagem de microproposições que não foram compactadas (n° de microproposições não compactadas/ n° total de microproposições); as árvores proposicionais da memória operatória ao fim de cada ciclo, com indicação da raiz, das proposições que fazem parte do *buffer* e das proposições repescadas para a construção

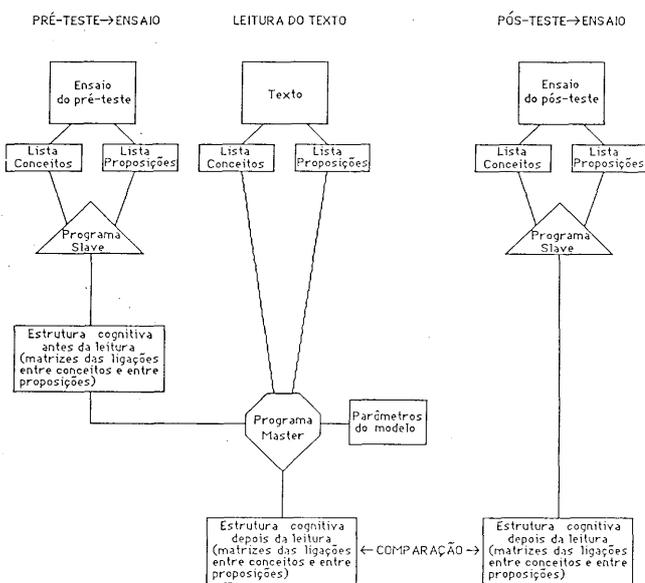
de uma base do texto coerente; a importância dos conceitos (classificados em cinco níveis de importância crescente); as matrizes das "forças" de ligação entre proposições e entre conceitos; e ainda, se se pretender, os esquemas (conceitos que de alguma forma já fizeram parte da mesma proposição).

O outro programa (Slave) analisa o texto escrito, depois de fornecidas as listas das proposições e dos conceitos do texto, não sendo necessários quaisquer outros parâmetros. (O processamento é imaginado de forma a fornecer o máximo de informação: as capacidades de compactação e da memória operatória não têm limites, e também não existe decaimento). Com este programa obtém-se o estilo cognitivo do leitor (grau de concentrador ou de dispersivo), a importância dos conceitos (classificados em cinco níveis de importância crescente) bem como as matrizes de frequências de ligações entre proposições e entre conceitos.

DESCRIÇÃO GERAL DO PROCESSAMENTO

Para se dar uma ideia mais concreta sobre a forma como o modelo opera, passa-se de seguida à sua descrição geral. Um sujeito, do qual se pretende determinar os parâmetros de processamento, num certo campo cognitivo, é previamente submetido a um pré-teste. Esse pré-teste consiste na redacção de um ensaio que deve incluir determinados conceitos chave de um texto (constantes de uma lista que lhe é fornecida). O ensaio é então analisado pelo programa Slave e o seu *output* é utilizado juntamente com as listas das proposições e conceitos do texto, e os restantes parâmetros do modelo no programa de simulação — Master. O *output* deste último programa é posteriormente comparado com o *output* do programa Slave, relativamente ao resultado de um pós-teste (ensaio redigido depois da leitura do texto). Os parâmetros do programa de simulação - Master — são então ajustados, até se obter um isomorfismo do *output* desse programa com a estrutura cognitiva resultante do programa Slave (ver fig.1.)

Figura 1
Descrição geral da forma como o modelo opera



APLICAÇÕES DO MODELO

Após a sua validação, o modelo de estrutura cognitiva que se propõe pode ter várias aplicações, das quais se salientam as aplicações na Educação e em Psicologia.

No campo da Educação refere-se o problema da caracterização de textos pela sua legibilidade (*readability*) (Kintsch & Kee-

nan, 1973; Kintsch & Glass, 1974; Kintsch & Vipond, 1979; Kintsch & Miller, 1980), bem como a simulação do processo de aprendizagem (que é aliás em que consiste o modelo). São particularmente importantes os efeitos acumulados da leitura de textos sobre a estrutura cognitiva, dada a facilidade que o modelo oferece de seguir essa evolução.

No que respeita às aplicações Psicológicas é de referir o estudo das diferenças individuais, uma vez que o modelo possibilita através dos seus parâmetros, a caracterização de sujeitos. O modelo pode também ser utilizado como instrumento para diagnosticar estruturas associativas aberrantes, pela comparação com as supostas estruturas associativas normais, traduzindo essa diferença de forma quantitativa. A faceta desenvolvimental de certos parâmetros, como é o caso da capacidade do *buffer* (ambos crescentes) e o decaimento (decrecente) possibilita ainda a análise do desenvolvimento cognitivo.

PERSPECTIVAS DE APERFEIÇOAMENTO DE ALGUNS ASPECTOS DO MODELO

Uma vez conhecidas as propostas das variadas teorias de representação do conhecimento na memória (Meyer, 1970; Rips, Shoben & Smith, 1973; Smith, Shoben & Rips, 1974; Collins & Quillian, 1969; Quillian, 1969; Collins & Loftus, 1975), dos modelos de processamento de informação (Norman & Bobrow, 1975; Norman & Bobrow, 1979; Minsky, 1975; Schank, 1972; Schank & Abelson, 1977; Newell & Simon, 1972; Newell, 1973) e dos modelos globais de compreensão (Anderson & Bower, 1973; Anderson, 1976; Anderson, 1983; Rumelhart et al, 1972; Norman & Rumelhart, 1975; Lindsay & Norman, 1977; Kintsch, 1974, 1977), não se pode deixar de pensar que o modelo da estrutura cognitiva apresentado deve ser aperfeiçoado e enriquecido de alguns aspectos. É assim que se passam a referir algumas extensões recomendáveis, cuja implementação se prevê para um futuro próximo.

O processo de compactação referido no modelo poderia ser definido, não por um parâmetro de familiaridade com o assunto, mas em função das "distâncias cognitivas" apresentadas pelas microproposições, candidatas à compactação. Essas distâncias seriam calculadas a partir das "forças" existentes entre os vários pares possíveis de conceitos, que constituem as proposições da memória operatória.

Outra das perspectivas futuras seria a possibilidade de extração das proposições de forma automática, utilizando para o efeito o *Prolog*, como linguagem de programação (que, porque se baseia na lógica de predicados, permite implementar com facilidade uma gramática de regras bem definidas, para a construção das proposições).

Um aspecto muitíssimo importante seria o de dotar o modelo de capacidade de inferência, suprimindo as deficiências de coerência da base do texto, não só por um processo de repescagem, mas também, e à semelhança óbvia da memória humana, por inferência (tal como Kintsch propõe (Kintsch, Kozminsky & Bourne, 1981)).

Não esquecendo o argumento de Kintsch, de que para pequenos textos a sua macroestrutura ou essência não necessita de ser distinguida da microestrutura, o desenvolvimento da noção de macroestrutura seria outro dos objectivos desejáveis, apesar de não tão premente. No actual modelo, essa noção já aparece implícita nas ideias de objectivo da leitura (que condiciona a microestrutura) e de compactação de microproposições numa unidade mais vasta. No entanto, o objectivo da leitura deveria, talvez, ser definido não por uma ou mais macroproposições, obrigatoriamente sediadas na memória operatória, mas pelas macroproposições que se obteriam através de um conjunto de macro-regras, que, sob o controlo de um esquema, se aplicariam à microes-

trutura. O esquema seria uma representação formal dos objectivos do leitor, ou da estrutura convencional do texto.

Como objectivos a longo prazo, pensa-se que por um lado se poderia estender a representação do conhecimento as outras formas além das proposições, possivelmente baseadas na experiência, e por outro admitir a distinção entre o conhecimento declarativo e o procedimental, avançando com uma proposta de formato de representação para este último tipo de conhecimento.

Finalmente, pretender-se-ia transformar este modelo de processamento de textos num verdadeiro modelo global de compreensão, capaz de representar o conhecimento subjacente a todas as actividades cognitivas e especificar os mecanismos através dos quais esse conhecimento seria utilizado.

NOTAS

(1) Anderson (1983) é de opinião que a escolha da notação é uma mera questão de conveniência. O essencial é a informação codificada pela notação e a forma como essa informação é utilizada.

(2) Esta noção de lista aparece com um sentido idêntico ao conceito de lista utilizado nas linguagens de Inteligência Artificial como o *Lisp* e o *Prolog*. Aplica-se por isso, bastante bem à simulação nos computadores.

(3) A noção de compactação (*chunking*) aparece originalmente no modelo de Newell e Simon (1972). O termo *chunk*, para significar agrupamento significativo tem tido uma larga utilização na Psicologia Cognitiva. A um dado nível o *chunk* combina um conjunto de unidades primitivas. A um outro nível é considerado a unidade básica numa estrutura mais complexa.

(4) O termo Memória Operatória (*Working Memory*) é empregue por muitos autores em substituição do de Memória a Curto Prazo (*STM - Short Term Memory*). Na realidade, a distinção entre memória a longo prazo e a curto prazo postulada pelas teorias de Registo Múltiplo Hierárquico, tende a ser substituída pela noção de uma memória unitária, que num dado momento possui uma parte activada - a Memória Operatória.

(5) Um grafo é um conjunto finito, e não vazio, de pontos - os nós - e de pares não ordenados, que se podem formar com esses pontos - as linhas.

(6) Adopta-se a distinção introduzida por Tulving (1972), entre Memória Episódica e Memória Semântica. O conteúdo de Memória Episódica é identificado com a informação espacial e temporal, sobre episódios ou acontecimentos, apresentando assim um cariz autobiográfico. A Memória Semântica refere-se ao conhecimento geral, pelo que o contexto original de aquisição, bem como todo o tipo de referências pessoais, deixam de ser relevantes.

(7) Este processo teve a sua fonte de inspiração na noção de "procura pelo primeiro em profundidade" (*Depth First Search*) (Even, 1973).

(8) A rede semântica é descrita por grafos, conjuntos de nós ligados.

REFERÊNCIAS

- Anderson, J.R. (1976). *Language, Memory and Thought*, Hillsdale, N.J.: Erlbaum
- Anderson, J. R. (1978). Arguments Concerning Representations for Mental Imagery. *Psychological Review*, 85, 249-277.
- Anderson, J. R. (1983). *The Architecture of Cognition*, London: Harvard University Press.
- Anderson, J. R. (1985). *Cognitive Psychology and Its Implications*, New York: W. H. Freeman.
- Anderson, J. R., & Bower, G.H. (1973). *Human Associative Memory*, Washington, D. C.: V. H. Winston.
- Collins, A. M. & Loftus, E.R. (1975). A Spreading Activation Theory of Semantic Processing, *Psychological Review*, 82, 407-428.
- Collins, A. M. & Quillian, M. R. (1969). Retrieval Time from Semantic Memory, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 8, 240-7.
- Even, S. (1973). *Algorithm Combinatorics*, New York: Macmillan.
- Fillmore, C. J. (1968). The Case for Case. In E. Bach and R. Harms (Eds), *Universals in Linguistic Theory*, New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Katz, J. J. & Fodor, J.A. (1963) The Structure of Semantic Theory, *Language*, 39, 170-210.
- Kintsch, W. (1970). Models for Free Recall and Recognition. In D.A. Norman (Ed) *Models of Human Memory*, London: Academic Press, 331-373.
- Kintsch, W. (1972) Notes on The Structure of Semantic Memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Eds) *Organization of Memory*, New York: Academic Press.
- Kintsch, W. (1974). *The Representation of Meaning in Memory*, New Jersey: Hillsdale, Erlbaum.
- Kintsch, W. (1975 a). Memory Representations of Text. In R.L. Solso (Ed) *Information Processing and Cognition*, Hillsdale N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kintsch, W. (1975 b) Memory for Prose. In C. N. Cofer, *The Structure of Human Memory*, San Francisco: Freeman.
- Kintsch, W. (1977). *Memory and Cognition*, New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Kintsch, W. (1978). Comprehension and Memory of Text. In W.K. Estes (Ed) *Handbook of Learning and Cognitive Processes*, New Jersey: Erlbaum.
- Kintsch, W. (1979) Levels of Processing Language Material: Discussion of the papers by Lachman and Lachman and Perfetti. In L.S. Cermak and F.I.M. Craik (Eds) *Levels of Processing in Human Memory*, Hillsdale: Lawrence Associates.
- Kintsch, W. (1980). Semantic Memory: A Tutorial. In R. S. Nickerson (Ed.), *Attention and Performance VIII*, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kintsch, W. & Glass, G. (1974). Effects of Propositional Structure upon Sentence Recall. In W. Kintsch (Ed) *The Representation of Meaning in Memory*, New Jersey, Hillsdale: Erlbaum.
- Kintsch, W. & Keenan, J. M. (1973). Reading Rate and Retention as a Function of the Number of Propositions in the Base Structure of Sentences, *Cognitive Psychology*, 5, 257-74.
- Kintsch, W., Kozminsky, E. & Bourne, L. E. (1981). Decision Making with Texts: Information Analysis and Schema Acquisition, *Journal of Experimental Psychology: General*, 110, 363-380.
- Kintsch, W. & Miller, J.R. (1980) Readability and Recall of Short Prose Passages: a Theoretical Analysis, *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6, 335-354.
- Kintsch, W. & Van Dijk, T.A. (1975). Comment On se Rappelle et On Resume des Histoires, *Language*, 9, 98-116.
- Kintsch, W. & Van Dijk, T. A. (1978) Toward a Model of Text Comprehension and Production, *Psychological Review*, 85, (5), 363-394.
- Kintsch, W., Vipond, D. (1979). Reading Comprehension and Readability in Education Practice and Psychological Theory. In Lars-Goran Nilsson (Ed) *Perspectives on Memory Research*, New Jersey: Erlbaum.
- Lindsay, P. H. & Norman, D. A. (1977). *Human Information Processing: An Introduction to Psychology*, New York: Academic Press.
- Meyer, D.E. (1970). On the Representation and Retrieval of Stored Semantic Information, *Cognitive Psychology*, 1, 242-300.
- Minsky, M. (1975). A Framework for Representing Knowledge. In P.H. Winston (Ed) *The Psychology of Computer Vision*, New York: McGraw-Hill.
- Newell, A. (1973) You Can't Play 20 Questions with Nature and Win: Projective Comments on the Papers of this Symposium. In W. G. Chase (Ed) *Visual Information Processing*, New York: Academic Press.
- Newell, A. & Simon, H. (1972). *Human Problem Solving*, Engelwood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall.
- Norman, D. A. & Bobrow, D.G. (1975) On the Role of Active Memory Processes in Perception and Cognition. In Charles N. Cofer (Ed) *The Structure of Human Memory*, San Francisco: W.H. Freeman and Company.
- Norman, D. A. e Bobrow, D.G. (1979) Descriptions: An Intermediate Stage in Memory Retrieval, *Cognitive Psychology*, 11, 107-123.
- Norman, D. A., Rumelhart, D. E. et al (1975). *Explorations in Cognition*, San Francisco: Freeman.
- Pask, G. (1972). Styles and Strategies of Learning, *British Journal of Educational Psychology*, 46, 147-148.
- Quillian, M. R. (1969). The Teachable Language Comprehender: A Simulation Program and Theory of Language. *Communications of the Association for Computing Machinery*, 12, 459-476.
- Rips, L. S., Shoben, E. J. & Smith, E. E. (1973). Semantic Distance and the Verification of Semantic Relations, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 12, 1-20.
- Rumelhart, D. E., Lindsay, P. H. & Norman, D. A. (1972). A Process Model for Long-Term Memory. In E. Tulving and W. Donaldson (Eds) *Organization and Memory*, New York: Academic Press.
- Schank, R. C. (1972). Conceptual Dependency: A Theory of Natural Language Understanding, *Cognitive Psychology*, 3, 552-631.
- Schank, R. C. (1975a). *Conceptual Information Processing*, Amsterdam: North-Holland.
- Schank, R. (1975 b). The Role of Memory in Language Processing. In C.N. Cofer (Ed). *The Structure of Human Memory*. San Francisco: Freeman.
- Schank, R. C. (1981). Language and Memory. In D.A. Norman (Ed) *Perspectives on Cognitive Science*, Hillsdale N. J.: Lawrence Erlbaum Associates.

- Schank, R. & Abelson, R. (1977). *Scripts, Plans, Goals and Understanding*, Hillsdale N. J.: Lawrence Erlbaum.
- Smith, E. E., Shoben, E. J. & Rips, L. J. (1974). Structure and Process in Semantic Memory: a Featural Model for Semantic Decisions, *Psychological Review*, 81, 214-41.
- Tulving, E. (1972). Episodic and Semantic Memory. In E. Tulving and W. Donaldson (Eds) *Organization of Memory*, 10, New York: Academic Press.
- Turner, A. & Greene, E. (1977). *The Construction of a Propositional Text Base*, Technical Report, University of Colorado, April.

ABSTRACT

A MODEL FOR COGNITIVE REPRESENTATION AND PROCESSING

The model is basically inspired in Kintsch theory and is concerned not only with the cognitive processes involved but also with the information representation code. As far as this code is concerned a propositional system is proposed, although knowing that due to the complexity of the representation of knowledge in the human being other formats of representation should also be included.

This model simulates very specifically the alterations occurring in the cognitive structure of a subject as he or she reads a text, considering the existence of three types of memory. The working memory has a limited capacity, implying that in order to process another batch of information, the information contained in the working memory must disappear. This information, vanishing from the working memory is nevertheless registered in one of the two types of permanent memory — the episodic memory — which is represented by a network structure. This type of memory is affected by a decay factor. There is also another type of memory where working memory information is sent to — the semantic memory — which is represented by a network structure similar to the one of episodic memory. This memory doesn't suffer decay.

The current version of the model is implemented in a computer program (using FORTRAN IV), this greatly helping in the experimental studies aiming at the validation of the model of which some have already been carried out.

RÉSUMÉ

UN MODÈLE DE STRUCTURE COGNITIVE

Il s'agit d'un modèle basiquement inspiré dans la théorie de Kintsch et se réfère non seulement aux processus cognitives mais aussi au format du code de représentation de l'information, qui pourra avoir des applications dans l'Enseignement Assisté par l'ordinateur. En ce qui concerne le code de représentation on propose un système propositionnel ayant pourtant conscience que du la complexité du système de représentation de connaissances de l'être humain il est nécessaire l'intervention d'autres formats de représentation.

Ce modèle simule très spécifiquement les altérations qui existent dans la structure cognitive d'un sujet lorsque celui-ci procède à la lecture d'un texte, supposant l'existence de trois types de mémoire. La mémoire opératoire qui a une capacité limitée donc pour qu'on puisse traiter une nouvelle information, l'information qui est contenue dans la mémoire opératoire doit disparaître. Cette information qui disparaît de la mémoire opératoire est cependant enregistrée dans un type de mémoire plus permanente — la mémoire épisodique — qui a une structure de réseau. Cette mémoire est affectée par un facteur de décadence. Il y a encore un autre type de mémoire pour envoyer l'information de la mémoire opératoire — la mémoire sémantique qui est représentée par une structure de réseau semblable à celle de la mémoire épisodique. Cette mémoire ne souffre pas de décadence.

Ce modèle se trouve implémenté dans un programme d'ordinateur, en langage Fortran, ce qui facilite énormément le développement des études expérimentales de validation du modèle, ayant été réalisés plusieurs.

PUBLICAÇÕES

RECEBIDAS

- *Acta Psiquiátrica y Psicológica de América Latina*, 1987, vol. 33, Junho.
- *Apuntes de Educación*. Anaya. Boletim Informativo, 1987, n.º 166, Outubro.
- *Arquivos Brasileiros de Psicologia*, 1987, vol. 39, janeiro/Março.
- *Bulletin — The British Psychological Society*, 1987, vol. 40, Setembro e Outubro.
- *Department of Educational and Psychological Research Bulletin (Suécia)*, 1987, n.ºs 90 e 91, Julho e Agosto (Educational and Psychological Interactions).
- *Futebol em Revista*, 1987, 4.ª série, N.º 25, Setembro.
- *O Médico*, 1987, Vol. 117, N.ºs 1850-1856 (Semanal).
- *Orientação Escolar e Profissional*, 1987, N.º 1, Setembro.
- *Solidariedade*, 1987, ano II, N.º 17, Agosto.