

# O papel crucial da leitura e do processamento da informação na resolução de problemas de matemática

---

DEOLINDA VARELA CORREIA

[varelacorreia@gmail.com](mailto:varelacorreia@gmail.com)

Laboratório Psicolinguística (FLUL)

<https://doi.org/10.25766/4x86-v736>

## Resumo

Estudos empíricos sobre leitura e compreensão de problemas verbais de matemática permitiram evidenciar, através da análise do desempenho de sujeitos com diferentes níveis de instrução (4º, 6º e 9º anos de escolaridade), que as dificuldades na resolução de problemas não residem apenas ou exclusivamente nas estratégias e nos procedimentos de resolução, ainda que estes assumam um papel relevante, mas no processamento da informação e na compreensão dos enunciados com características discursivas e estruturais distintas e na relação do resultado dessa compreensão com os restantes processos de resolução.

A extensão dos enunciados textuais, as propriedades dos constituintes fráscicos e a diversidade de sistemas semióticos (a língua natural, as escritas algébricas e formais, as figuras geométricas, as representações gráficas e as ilustrações) presentes nos problemas implicam a mobilização de mais recursos cognitivos e, portanto, uma maior sobrecarga na memória de trabalho que resulta em custos mais elevados do processamento da informação com impacto na compreensão e, conseqüentemente, no planeamento e na execução das restantes etapas de resolução.

**Palavras-chave** Problemas de matemática; compreensão da leitura; processamento da informação; memória de trabalho.

## Abstract

Empirical studies on reading and comprehension of mathematical word problems have show, through the performance analysis of students from different grades of education (4, 6 and 9 years of schooling), that the difficulties in solving problems lie not only or exclusively in the strategies and the procedures of resolution, even though they play an important role, but also in the understanding of the texts describing the problems, which have distinct structural and discursive characteristics and in the relationship between the results of that comprehension and the remaining resolution procedures.

The length of the texts, the properties of linguistic microstructures and the presence of multiple semiotic systems (natural language, algebraic and formal writing, geometric figures, graphical representations and illustrations) in problems involve the mobilization of more cognitive resources and therefore a greater load on the working memory that results in higher costs of information processing with an impact on the comprehension and, consequently, on the planning and implementation of the remaining resolution stages.

**Keywords** Mathematical problems; reading comprehension; information processing; working memory.

## Introdução

No âmbito da matemática, os resultados dos últimos estudos internacionais, que avaliam níveis de literacia (*TIMSS*, 2011; *PISA*, 2012) e em que Portugal participou, sinalizam os constrangimentos associados à compreensão/interpretação dos enunciados dos problemas verbais como uma das principais razões para o insucesso desta área disciplinar, evidenciando os défices de capacidades básicas que a população estudantil portuguesa manifesta no tratamento da informação dos problemas, em diversas tarefas, envolvendo níveis de compreensão literal e inferencial.

### A resolução de problemas verbais de matemática

Do ponto de vista cognitivo, a resolução de problemas assume-se como uma das tarefas mais complexas na educação matemática, fazendo apelo a vários tipos de conhecimentos, que Mayer (1985) sintetiza da seguinte forma:

The linguistic and factual knowledge is required for the translation of the problem; the knowledge about schemas

is required for integration of the problem; the knowledge of strategies is necessary for planning solution and the algorithmic knowledge is necessary for the implementation of the solution. (p. 149)

Para além de mobilizar vários conhecimentos, a resolução de problemas envolve ainda uma série de etapas, sustentadas por dois processos fundamentais: o processamento da informação, i. e., a representação cognitiva das informações extraídas dos enunciados que ocorre quando os sujeitos procuram compreender o problema; os procedimentos e as estratégias de resolução que resultam da realização das operações necessárias para alcançar uma solução.

Ao longo de mais de três décadas, o processo de resolução de problemas verbais tem sido tema de inúmeras investigações que evidenciam os princípios que regulam as várias fases de resolução e enfatizam os predicadores que podem estar na origem das dificuldades manifestadas pelos sujeitos, quando são confrontados com a realização das tarefas.

Numa perspetiva linguística, as pesquisas centram-se nas características estruturais e discursivas dos enunciados cuja complexidade pode fazer diminuir a compreensão e dificultar a interpretação dos problemas, designadamente os vários registos semióticos que enformam os enunciados (Duval, 1993; Schleppegrell, 2007), os contextos verbais (Verschaffel, Greer & De Corte, 2000; Van den Heuvel-Panhuizen, 2005) e as propriedades gramaticais dos enunciados textuais, com particular incidência na precisão do vocabulário técnico (Foulin & Monchou, 1998; Corrêa, 2005), nas construções sintáticas (Correia, 2004) e nas estruturas semânticas (De Corte, Verschafiel & Pauwels, 1990).

No domínio da matemática, as investigações contemplam duas dimensões: a dimensão dos conteúdos e a dimensão cognitiva.

Ao nível dos conteúdos, os estudos dão relevância aos temas matemáticos e incidem nas tipologias e na caracterização dos problemas (Riley, Greeno & Heller, 1983; Bivar, Santos & Aires, 2010).

As pesquisas que se centram na dimensão cognitiva destacam os constrangimentos associados à resolução dos problemas, tomando como referência os processos mentais convocados para a resolução das tarefas, particularmente os conhecimentos (Schneider & Stern, 2010), o raciocínio (Lithner, 2008), as representações mentais e os procedimentos (Kintsch, 1998; Thevenot, Devidal, Barrouillet & Fayol, 2007).

Há igualmente inúmeras evidências empíricas que enfatizam o papel dos mecanismos de funcionamento do sistema memorial, nomeadamente da capacidade limitada da memória de trabalho, nos procedimentos desencadeados durante o processo de resolução, quer nas fases iniciais de leitura e processamento da informação (Swanson, 1999), quer na aplicação de procedimentos matemáticos (Andersson & Lyxell, 2007; Swanson, Jerman & Zheng, 2008).

Não obstante a relevância e a pertinência destes estudos, as abordagens diferenciadas, fundadas em perspetivas diferentes, poucas vezes estabelecem a associação entre as competências matemática, linguística e leitora no processo de resolução de problemas e não evidenciam, de forma clara, a articulação entre o processo de leitura e as restantes etapas de resolução.

Para resolver qualquer problema verbal, os sujeitos necessitam ler o enunciado, compreender as quantidades e as relações envolvidas entre as variáveis evocadas, “converter” a informação veiculada em língua natural em linguagem matemática, efetuar os procedimentos necessários e verificar se a resposta obtida é plausível (Mayer & Hegarty, 1996).

Neste sentido, e sem descuidar a necessidade de implementação de práticas e estratégias que agilizem a resolução dos problemas, parece fundamental refletir sobre os mecanismos cognitivos e linguísticos mobilizados no processamento da informação, procedimento complexo que se impõe como uma das fases iniciais do processo de resolução de problemas e está, em parte, dependente das características discursivas e estruturais dos enunciados.

### **Estudos empíricos**

A reflexão sobre os processos cognitivos requeridos na resolução de problemas verbais de matemática, nomeadamente a leitura, o processamento da informação e os procedimentos matemáticos, desencadeou a realização de um conjunto de estudos empíricos que cumprissem, entre outros, os seguintes objetivos:

- i) Determinar a natureza das dificuldades no processo de compreensão dos problemas, ou seja, aferir se essas dificuldades estão associadas à competência matemática, à competência linguística ou a ambas;
- ii) Identificar estratégias cognitivas utilizadas no processamento da informação dos enunciados dos problemas em sujeitos com diferentes níveis etários e de instrução;

- iii) Analisar a influência dos contextos dos problemas no processamento da informação e nas subsequentes etapas de resolução;
- iv) Identificar estruturas linguísticas que, pela sua complexidade ou ambiguidade, conduzem a um aumento dos custos de processamento com impacto na compreensão e nas restantes tarefas de resolução;
- v) Examinar o efeito da combinação de diferentes sistemas de representação semiótica no processamento dos enunciados e na compreensão dos problemas.

Para cumprir os objetivos propostos e na impossibilidade de cobrir uma vasta gama de predicadores influentes no processo de resolução de problemas, restringiu-se o objeto de estudo a alguns tópicos de investigação. No âmbito da matemática, elegeram-se dois fatores: os domínios temáticos, que contemplam as diferentes unidades didáticas do Programa de Matemática, e os processos de operacionalização, com particular incidência na relação entre os conhecimentos conceptual e processual. Na área da linguística, contemplou-se a extensão dos contextos verbais dos problemas, a estrutura das categorias sintagmáticas que ocorrem como foco informativo nos enunciados textuais e a estrutura representacional dos enunciados dos problemas.

## Metodologia

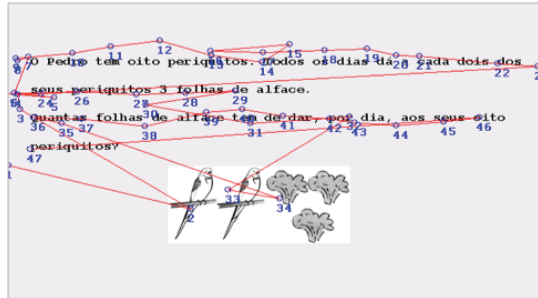
Nas três experiências, adotaram-se dois tipos de metodologias de investigação:

- Uma metodologia *off-line* (Experiência I), a partir da qual foi possível aceder à fase final do processamento, através da realização de testes escritos, e observar os procedimentos e as estratégias adotadas por sujeitos, com diferentes padrões de desenvolvimento cognitivo e níveis de instrução, na resolução de problemas verbais de diferentes áreas temáticas e associados a distintas tipologias;
- Uma metodologia *on-line* (Experiências II e III), de registo do movimento dos olhos, que permitiu fazer um exame integral de como a atenção é dirigida a um estímulo; determinar as dificul-

dades de processamento e o grau de complexidade dos estímulos; analisar qualitativa e quantitativamente as fases iniciais de todo o processo de resolução, ou seja, a leitura e o processamento das diversas fontes informativas dos enunciados, através de um padrão em que os pontinhos correspondem às fixações, as linhas às sacadas e os traços diagonais assinalam as transições realizadas entre as áreas do enunciado (Fig. 1).

**Figura 1**

Registo ocular de um sujeito do 1.º ciclo durante a leitura de um estímulo



Os dois tipos de metodologia (*on-line* e *off-line*) foram aplicados de forma complementar, embora, no presente artigo, se dê destaque à metodologia *on-line*, por se considerar que reflete a forma como a informação foi processada, permitindo observar processos a que não seria possível aceder com a aplicação de outras metodologias.

## Participantes

Estes estudos empíricos contaram com a participação voluntária de crianças e adolescentes de ambos os sexos a frequentarem o Ensino Básico em escolas públicas portuguesas, que foram distribuídos por três grupos em função da sua faixa etária e do seu nível de instrução:

Grupo 1 – 35 sujeitos do 4.º ano de escolaridade, com idades entre os 9 e os 10 anos;

Grupo 2 – 37 sujeitos do 6.º ano de escolaridade, com idades entre os 11 e os 12 anos;

Grupo 3 – 35 sujeitos do 9.º ano de escolaridade, com idades entre os 14 e os 15 anos.

## Desenho experimental

O desenho experimental de cada experiência obedeceu a uma matriz semelhante para os três grupos de sujeitos e foi construído com itens extraídos das Provas de Aferição e dos Exames Nacionais de Matemática, tendo em conta a faixa etária e o nível de instrução dos participantes.

Para a primeira experiência, elaboraram-se testes escritos com problemas verbais representativos dos vários temas matemáticos e que contemplam uma variada gama de procedimentos matemáticos.

Nas restantes experiências, optou-se por desenhos experimentais formados respetivamente por dois tipos de problemas que permitem avaliar quer operações cognitivas menos complexas, que convocam apenas o conhecimento conceptual, quer operações cognitivas mais complexas que implicam simultaneamente os conhecimentos conceptual e processual:

Problemas verbais de escolha múltipla (*Fig. 2*) – itens que apresentam, no enunciado, uma questão, formulada a partir de uma determinada situação contextualizada, para a qual é apresentada um conjunto de quatro alternativas de resposta, mas apenas uma está correta.

### Figura 2

Problema verbal de escolha múltipla do desenho experimental do grupo 2 (2.º ciclo) da Experiência III

Que triângulos obténs quando traças uma diagonal de um quadrado?

Assinala a resposta correcta à pergunta.

1. Dois triângulos rectângulos escalenos.
2. Dois triângulos rectângulos isósceles.
3. Dois triângulos acutângulos equiláteros.
4. Dois triângulos acutângulos isósceles.

Problemas verbais de construção (*Fig. 3*) – itens que envolvem várias etapas de resolução, desde a seleção, a organização e a integração da informação numa representação mental coerente das situações descritas nos enunciados dos problemas até ao planeamento e à execução de um plano de resolução.

**Figura 3**

Problema verbal de construção do desenho experimental do grupo 1 (1.º ciclo) da Experiência II

O Raul e o Rui são irmãos gémeos. Na próxima quinta-feira, vão fazer 9 anos. O seu avô faz 70 anos no mesmo dia.

A mãe dos gémeos já fez três bolos, um para cada um dos aniversariantes.

Quantas caixas de velas, como a da figura, é preciso comprar para enfeitar os 3 bolos, usando uma vela para cada ano?



Nos itens de construção, foram apresentados cenários de resposta para cada estímulo, com o objetivo de verificar o comportamento dos sujeitos às propostas de resolução apresentadas, uma vez que a metodologia *on-line* aplicada, com recurso ao sistema *Eye Tracker*, não permite analisar todos os procedimentos de resolução adotados pelos sujeitos, sobretudo nos problemas que exigem respostas extensas e implicam a realização de várias operações matemáticas, para além do conhecimento conceptual ou da aplicação de cálculos mentais.

*Situação experimental e procedimentos*

Os testes escritos foram aplicados em contexto de sala de aula com as limitações inerentes às condições da sua realização: teste de “papel e lápis”, com um tempo de execução de 90 minutos.

As experiências com recurso à metodologia *on-line* foram realizadas individualmente por cada um dos sujeitos dos três grupos, numa sala com as condições adequadas (isolamento acústico e luminosidade adequada para a apresentação dos estímulos num ecrã de computador), onde foi instalado o equipamento técnico (dispositivo *Eye Tracking System*, modelo R6 - HS, da Applied Science Laboratories (ASL)).

Para controlar a apresentação dos estímulos, nomeadamente o tempo que mediou entre o início e o fim da gravação dos dados, utilizou-se o programa *EPrime*. Recorrendo ao software (*Eyepos*, *Fixplot* e *Eyenal*), disponibilizado com o sistema *Eye Tracker*, monitorizou-se e registou-se o comportamento ocular dos sujeitos durante a leitura de cada um dos estímulos e a eleição da opção de resposta, nos problemas de escolha múltipla, ou a seleção do cenário de resposta correta nos problemas de construção.

### *Análise*

A análise estatística descritiva procurou cumprir os objetivos delineados para estes estudos empíricos, relacionando as variáveis definidas para os tópicos em estudo com o desempenho dos sujeitos que foi analisado de acordo com as seguintes pistas de processamento: (i) tempo de leitura (abreviadamente, *TL*); (ii) número total de fixações (abreviadamente, *N.º de FIX.*); (iii) número total de transições realizadas entre as áreas dos enunciados (abreviadamente, *N.º de TRANS.*); (iv) padrão de respostas (certas e erradas).

Neste sentido, construíram-se matrizes de correlações, resultantes da aplicação do coeficiente de correlação *Spearman* com os respetivos testes de significância estatística. No estudo da associação entre variáveis discretas qualitativas, aplicaram-se testes de independência de *qui-quadrado*, cujos resultados foram apurados com a aplicação testes exatos (*teste de associação “linear-by-linear”* e o *teste de Fisher*). Para testar os valores de variáveis de escala ordinal, aplicaram-se testes não-paramétricos (*Kruskal-Wallis* e *Mann-Whitney*).

## **Apresentação e discussão dos resultados**

No presente artigo, devido às limitações de espaço, apresentam-se apenas alguns resultados relativos à influência das propriedades textuais e da estrutura representacional dos enunciados no processo de resolução dos problemas.

### **A extensão dos contextos dos enunciados dos problemas**

No âmbito da competência linguística, nomeadamente ao nível das propriedades textuais, os estudos experimentais incidiram, numa primeira fase, na análise da extensão dos contextos dos problemas, ou seja, na influência que a quantidade de informação veiculada nos enunciados textuais exerce quer na fase inicial de processamento, quer nas fases seguintes de planeamento e execução dos procedimentos de resolução.

A natureza dos contextos dos problemas não tem reunido o consenso dos investigadores, cujos argumentos se dividem entre a pertinência de enunciados com contextos reduzidos (*Fig. 4*), que integrem apenas a informação essencial para a execução das tarefas (Gerofsky, 1996), ou de enunciados com contextos mais extensos (*Fig. 5*), que transmitem, para além das informações essenciais, outros dados informativos

complementares, ainda que sejam semanticamente coerentes com a situação do problema (Sowder, 1989).

#### Figura 4

Estímulo do desenho experimental do grupo 2 (2.º ciclo) da Experiência II

A turma do Tomás fez um painel rectangular com 1,65 m de comprimento e 75 cm de largura.

Na construção desse painel, foram utilizados azulejos quadrados com 15 cm de lado.

Quantos azulejos foram necessários para construir o painel?

#### Figura 5

Estímulo do desenho experimental do grupo 1 (1.º ciclo) da Experiência II


Num passeio à serra, o Luís apanhou um raminho de sargaços e papoilas. Quando chegou a casa colocou as flores numa jarra.

- Que lindo ramo! - disse a mãe. - Apanhaste 6 flores, o mesmo número dos teus anos.


O Luís contou as pétalas dos sargaços e das papoilas e disse:

- Já viste, mãe, as 6 flores têm ao todo 28 pétalas, é mesmo a tua idade.

Quantas papoilas apanhou o Luís?



A papoila tem 4 pétalas



O sargaço tem 5 pétalas

A análise contrastiva dos dois tipos de contextos (longos e curtos) demonstrou que os enunciados mais longos, portadores de uma maior demanda de informação alfanumérica, têm custos mais elevados no processamento da informação, refletidos no desempenho dos sujeitos dos três grupos através da inflação dos tempos de leitura e do volume de fixações, de resto duas variáveis estatisticamente correlacionáveis.

Os resultados do desempenho dos sujeitos do 1.º ciclo evidenciaram correlações significativas da extensão dos enunciados com o  $TL$  dos problemas de construção,  $r_s(30) = 0.867$ ,  $P = 0.000$ , e dos problemas de

escolha múltipla,  $r_s(29) = 0.856$ ,  $P = 0.000$ , e com o *N.º de FIX.* realizadas durante a leitura dos dois tipos de problemas,  $r_s(30) = 0.902$ ,  $P = 0.000$  e  $r_s(29) = 0.922$ ,  $P = 0.000$ , respetivamente. Estes dados não só revelam que o aumento do número de unidades de significação (palavras e numerais) nos enunciados dos problemas implica um acréscimo gradual de *TL* e um incremento significativo do *N.º de FIX.*, como também evidenciam uma correlação entre as variáveis *TL* e *N.º de FIX.* realizadas nos enunciados dos problemas de construção,  $r_s(30) = 0.693$ ,  $P = 0.030$ , e dos problemas de escolha múltipla,  $r_s(29) = 0.968$ ,  $P = 0.000$ .

Os resultados relativos ao desempenho do grupo de sujeitos do 2.º ciclo refletem a tendência já observada no desempenho dos sujeitos do grupo 1. Os contextos mais longos exigem *TL* mais acentuados, quer nos problemas de construção,  $r_s(32) = 0.667$ ,  $P = 0.071$ , quer nos problemas de escolha múltipla,  $r_s(31) = 0.747$ ,  $P = 0.003$ , e promovem o aumento de *FIX.* em ambos os tipos de problemas,  $r_s(32) = 0.739$ ,  $P = 0.083$  e  $r_s(31) = 0.993$ ,  $P = 0.001$ . Verifica-se, igualmente, uma correlação, estatisticamente significativa, entre as variáveis *TL* e *N.º de FIX.* nos problemas de construção,  $r_s(32) = 0.739$ ,  $P = 0.031$ , e nos problema de escolha múltipla,  $r_s(31) = 0.984$ ,  $P = 0.000$ .

O desempenho do grupo de sujeitos do 3.º ciclo (grupo 3) é semelhante ao desempenho dos sujeitos mais novos, uma vez que os resultados assinalam correlações significativas da extensão dos enunciados com o *TL*, nos problemas de construção,  $r_s(27) = 0.802$ ,  $P = 0.005$ , e nos problemas de escolha múltipla,  $r_s(28) = 0.754$ ,  $P = 0.005$ , e com o *N.º de FIX.*, quer nos problemas de construção,  $r_s(27) = 0.968$ ,  $P = 0.000$ , quer nos problemas de escolha múltipla,  $r_s(28) = 0.789$ ,  $P = 0.002$ . É igualmente significativa a associação entre as variáveis *TL* e *N.º de FIX.* nos dois tipos de problemas,  $r_s(27) = 0.912$ ,  $P = 0.000$  e  $r_s(28) = 0.986$ ,  $P = 0.000$ , respetivamente.

Foi também nos problemas com contextos extensos que o volume de transições e a quantidade de respostas erradas aumentaram significativamente, sobretudo no desempenho dos sujeitos mais novos. No grupo do 1.º ciclo, observaram-se correlações positivas do *N.º de TRANS.* com o *TL*,  $r_s(29) = 0.568$ ,  $P = 0.027$ , e com o *N.º de FIX.*,  $r_s(29) = 0.782$ ,  $P = 0.004$ , e uma associação negativa, igualmente estatisticamente significativa, entre o *N.º de TRANS.* e o *N.º de respostas certas*,  $r_s(29) = -0.594$ ,  $P = 0.019$ .

Relativamente aos resultados dos sujeitos do 2.º ciclo, há a registar, de igual forma, uma correlação positiva entre o *N.º de TRANS.* e o *TL* dos contextos longos,  $r_s(31) = 0.582$ ,  $P = 0.037$ , e uma associa-

ção negativa com o  $N.^{\circ}$  de respostas certas,  $r_s(31) = 0.719$ ,  $P = 0.006$ . A dependência negativa entre estas variáveis indica que o aumento do TL e do  $N.^{\circ}$  de TRANS., associado aos contextos com um maior volume de palavras e numerais, é diretamente proporcional à diminuição de respostas certas.

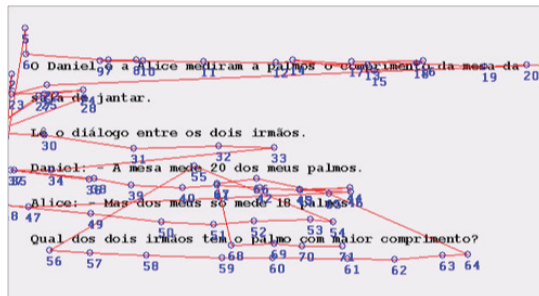
Estes indicadores são fortes indícios de que os enunciados com contextos mais longos, detentores de informação relevante e irrelevante para as tarefas de resolução, não só não melhoram a acessibilidade à representação mental dos problemas, como impedem que o acesso se faça, dificultando a interpretação e a compreensão dos problemas.

O facto de, nos enunciados com contextos mais extensos, o aumento dos tempos de leitura e do número de transições ser direta e estatisticamente proporcional à diminuição de respostas certas, é outro dado robusto que confirma que a natureza dos contextos dos problemas, nomeadamente dos mais longos, não só se constitui como um obstáculo ao processamento da informação e à compreensão das situações enunciadas, como também tem repercussões nas etapas subsequentes de resolução, comprometendo a realização com sucesso dos procedimentos matemáticos.

Os dados revelaram, ainda, que a densidade de informação presente nos enunciados textuais, para além de dificultar a representação mental dos problemas, tende a promover a seleção de estratégias de resolução elementares. Os sujeitos focam-se na extração dos dados proeminentes nas proposições, como as palavras-chave e os numerais, sem contemplarem as relações entre as variáveis do problema. Observe-se, para o efeito, o registo ocular de um sujeito do 1.º ciclo durante a leitura e o processamento da informação de um problema de construção (Fig. 6).

**Figura 6**

Registo ocular de um sujeito relativo a um estímulo de construção com resposta errada



Este registo ocular mostra que o sujeito lê integralmente todo o problema. Na questão do problema, ao ler a expressão “palmo com maior” (fixações 52, 53 e 54) procura no enunciado o número com o valor mais elevado “20” (fixação 55) e retoma novamente a leitura da questão (fixação 56 e seguintes), avançando com um plano de solução errado (indicando o Daniel como sendo o irmão que tem o palmo com maior comprimento).

A estratégia adotada por este sujeito, designada na literatura por “*Direct Translation*” (Mayer & Hegarty, 1996), resulta da anexação direta dos numerais às expressões linguísticas, sem ter em conta as relações entre as variáveis do problema. Esta estratégia funciona como um “atalho” heurístico que privilegia o raciocínio quantitativo mas, ainda que exija menos recursos cognitivos ao nível da memória de trabalho, parece não ser benéfica, nomeadamente em enunciados com estruturas semânticas mais complexas, onde as palavras/expressões-chave sugerem um procedimento (maior = valor mais elevado [20]), mas a descrição da situação apela ao procedimento inverso (maior = valor menos elevado [18]).

Embora estes resultados estejam em conformidade com as investigações de Gerofsky (1996), Versachaffel *et al.* (2000), Österholm e Bergqvist (2012), entre outros, que apontam os contextos longos dos problemas de matemática como um “entrate” ao processo de resolução, a abordagem e a análise da relação entre a natureza dos contextos e as estratégias de resolução adotadas pelos sujeitos são, de resto, uma das pistas de investigação a aprofundar em trabalhos futuros, uma vez que este estudo se focou, essencialmente, na análise das fases iniciais do processo de resolução.

A extensão dos contextos dos problemas, ainda que se constitua como um fator preponderante no processo de resolução dos problemas verbais, nem sempre é a única propriedade linguística influente no processamento da informação e na compreensão das situações enunciadas.

### *A complexidade das categorias sintagmáticas dos enunciados dos problemas*

A relevância das propriedades textuais no processo de resolução dos problemas não pode ser dissociada da forma como a informação verbal é apresentada ao nível das categorias sintagmáticas que transmitem a informação essencial para a realização das tarefas.

A estrutura de cada categoria sintagmática pode ser constituída apenas pelo núcleo (*cf.* 1), exceto o sintagma preposicional, dado o

carácter intrinsecamente relacional das preposições, ou pode incluir complementos e/ou modificadores, ou seja, constituintes subcategorizados por esse núcleo, que alongam a extensão das construções linguísticas e complexificam o acesso à representação e à significação das estruturas (*cf.* 2).

- 1) A figura íntegra [**triângulos** <sub>[nome]</sub>]
- 2) A figura íntegra [dois<sub>[quantificador]</sub> **triângulos** <sub>[nome]</sub> acutângulos isósceles<sub>[modificadores]</sub>]

Tomando os sintagmas como constituintes fráscicos passíveis de funcionarem estruturalmente como unidades de processamento e atendendo à sua natureza categorial, estrutura ínterna, posição e funções sintáticas, analisou-se o efeito da extensão e da composição das construções sintáticas, que transmitem a informação essencial para a realização das tarefas de resolução e que ocupam a posição mais à direita das frases/orações, no processamento da informação e nas subseqüentes etapas de resolução.

Para a análise deste tópicó de investigação, contemplaram-se problemas, cuja informação relevante para a execução das tarefas propostas ocorre em posição pós-verbal, com dois tipos de estruturas linguísticas distintas:

- i) categorias sintagmáticas simples, i.e., sintagmas que agregam menos constituintes;
- ii) categorias sintagmáticas complexas, i.e., sintagmas que agregam mais constituintes.

A análise do desempenho dos três grupos de sujeitos face a este tópicó de investigação legitimou a complexidade das categorias sintagmáticas, que ocorrem na superfície dos enunciados textuais em posição pós-verbal, como um fator íntluente no processamento da informação e na compreensão dos enunciados dos problemas de construção e de escolha múltipla, tanto nos que convocam operações cognitivas menos complexas, como nos que envolvem operações cognitivas mais complexas, com repercussões nas etapas subseqüentes do processo de resolução.

**Tabela 1**

Expressividade estatística das variáveis TL, FIX., TRANS. e Respostas certas nos estímulos com estruturas sintáticas complexas

### Problemas com estruturas sintáticas complexas

1.º ciclo	2.º ciclo	3.º ciclo
Variáveis	Variáveis	Variáveis
+ Tempo de leitura "p = 0.412"	+ Tempo de leitura "p = 0.138"	+ Tempo de leitura "p = 0.021"
+ Fixações "p = 0.489"	+ Fixações "p = 0.073"	+ Fixações "p = 0.000"
+Transições "p = 0.661"	+Transições "p = 0.534"	+Transições "p = 0.006"
- Respostas certas "p = 0.010"	- Respostas certas "p = 0.010"	- Respostas certas "p = 0.048"

De acordo com os resultados apurados (*vide* Tabela 1), e tomando como referência que o tempo de processamento e o número de fixações e de transições é diretamente proporcional à complexidade das estruturas linguísticas, verifica-se que nos problemas com estruturas sintáticas que agregam, para além do núcleo, complementos e/ou modificadores, o processamento da informação afigura-se como uma tarefa cognitiva mais exigente, quando comparada com o processamento da informação dos problemas que apresentam os dados relevantes em categorias sintáticas formadas apenas pelo núcleo (nomes ou adjetivos).

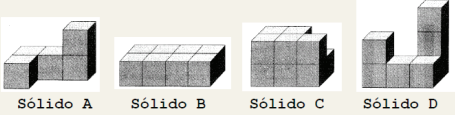
No desempenho dos três grupos de sujeitos, contabilizaram-se tempos de leitura significativamente acentuados, associados a um maior volume de fixações e a um aumento expressivo de transições realizadas entre as várias sequências enunciativas dos problemas com estruturas sintáticas complexas. Estes resultados evidenciam que a presença de constituintes, subcategorizados pelo núcleo das categorias sintáticas, para além de provocar o efeito de extensão das construções, complexifica o acesso à representação e à significação das estruturas linguísticas, afetando o processamento da informação, que se torna mais lento, e dificultando a interpretação das situações enunciadas, com prejuízo para as restantes etapas do processo de resolução. A presença deste tipo de estruturas nos enunciados dos problemas faz diminuir significativamente o número de respostas certas.

Para exemplificar estes indicadores, observe-se o desempenho dos sujeitos do 2.º ciclo relativamente a dois estímulos da área temática da geometria (*Fig. 7 e Fig. 8*) que foram selecionados de Provas de Aferi-

ção de anos consecutivos (2001 e 2002) e cuja semelhança, em termos de estrutura (ambos são bimodais), de número de unidades de significação (49) e de procedimentos matemáticos (identificação de propriedades de sólidos geométricos), faria prever um desempenho idêntico.

**Figura 7**  
Estímulo 3  
do desenho  
experimental  
do grupo 2  
(2.º ciclo) da  
experiência III

Com cubinhos de madeira, com 1 cm de aresta, a Sara construiu os quatro sólidos que estão representados a seguir.



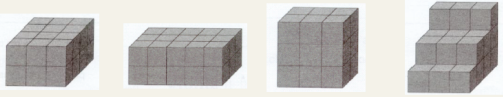
Sólido A      Sólido B      Sólido C      Sólido D

Dos quatro sólidos que a Sara construiu, assinala o que tem maior volume.

1. Sólido A
2. Sólido B
3. Sólido C
4. Sólido D

**Figura 8**  
Estímulo 4  
do desenho  
experimental  
do grupo 2  
(2.º ciclo) da  
experiência III

Com cubinhos de madeira, com 1 cm<sup>3</sup> de volume, a Ana construiu os seguintes sólidos.



Sólido A      Sólido B      Sólido C      Sólido D

Dos quatro sólidos que a Ana construiu, assinala aquele que é um paralelepípedo com 24 cm<sup>3</sup> de volume.

1. Sólido A
2. Sólido B
3. Sólido C
4. Sólido D

A análise comparativa dos valores obtidos nas variáveis que regulam o desempenho dos sujeitos, suportada por testes estatísticos complementares (testes de normalidade de *Shapiro-Wilks*, o teste paramétrico *t-Student* e o teste não-paramétrico *Wilcoxon*), revela diferenças significativas entre os dois estímulos nas variáveis: *TL* do texto (“*p* =

**Tabela 2**

Valores médios de TL., FIX., TRANS. e Padrão de respostas registados nos estímulos 3 e 4 do desenho experimental do grupo 2 (2.º ciclo) da Experiência III

Estímulos	Tempo de leitura (s)			N.º de fixações			N.º de transições	Padrão de respostas	
	Texto	Imagens	Opções de resposta	Texto	Imagens	Opções de resposta		Certas	Erradas
3 1ª parte (41 US) 2ª parte (8 US)	6,785	15,331	1,269	25	34	5	7	76%	24%
4 1ª parte (41 US) 2ª parte (8 US)	9,620	19,878	1,643	34	38	6	13	42%	58%

0,001”); N.º de FIX. do texto (“ $p = 0,001$ ”); N.º de TRANS. entre as áreas do enunciado (“ $p = 0,000$ ”) e Padrão de respostas (“ $p = 0,010$ ”).

Conforme se observa na Tabela 2, o estímulo 4 (Fig. 8) regista valores superiores aos do estímulo 3 (Fig. 7) em todas as variáveis, à exceção do padrão de respostas.

O estímulo 3 (Fig. 7), que requer a identificação do sólido que tem “o maior volume”, expressa na sequência injetivo-instrucional do enunciado através de um *SNsimples* com a relação gramatical de objeto direto, apenas registou valores mais altos na variável *padrão de respostas*, com uma elevada taxa de respostas certas. No estímulo 4 (Fig. 8), cuja tarefa de resolução solicita a identificação do sólido geométrico que reúne cumulativamente duas propriedades “*paralelepípedo com 24cm³ de volume*”, destacadas na sequência injetivo-instrucional do enunciado através de um *SNcomplexo* com a relação gramatical de predicativo do sujeito, apenas 42% dos sujeitos assinalaram corretamente o “Sólido A”, que reúne as duas propriedades.

A dificuldade de processamento de categorias sintagmáticas complexas parece resultar da correlação de três fatores: a posição sintática que essas mesmas estruturas ocupam nos enunciados discursivos, o efeito de extensão e a capacidade da memória de trabalho dos sujeitos.

Os constituintes sintagmáticos, que transmitem a informação relevante para a resolução das tarefas, ocupam sempre a posição mais à direita das frases ou das orações, sendo interpretados como foco informacional. Estas estruturas sintagmáticas constituem-se como o

comentário, que acrescenta a informação nova acerca do tópico enunciativo. A informação, destacada pelo comentário, é classificada e armazenada sob a entrada referencial correspondente ao tópico, que se assume como a entidade proeminente e é primeiramente instanciada na memória de trabalho, uma vez que ocupa a posição inicial das proposições dos enunciados dos problemas.

Sabendo-se que o efeito de extensão dos elementos linguísticos que ocorrem a nível sintagmático e oracional na superfície dos textos não é compatível com a capacidade limitada da memória de trabalho (Mckoon, Ratcliff, Ward & Sproat, 1993; Maciel, 1996; Baddeley, 2001), poder-se-á compreender que a codificação, manutenção e recuperação no sistema memorial das estruturas sintagmáticas que agregam mais categorias lexicais sejam mais difíceis do que o processamento das estruturas sintagmáticas formadas basicamente pelo núcleo. A análise do desempenho dos sujeitos permitiu verificar que a informação destacada nas categorias sintagmáticas complexas não é totalmente processada, evidenciando-se os efeitos de primazia e de recência em que apenas os segmentos iniciais ou os segmentos finais das referidas estruturas são processados, o que compromete as restantes etapas do processo de resolução.

À semelhança do efeito provocado pela densidade de informação irrelevante nos contextos dos problemas, a avultada quantidade de informação relevante presente nas categorias sintagmáticas, para além de criar fortes restrições ao processo cognitivo da representação mental dos problemas, fomenta a execução de estratégias e de procedimentos matemáticos incompletos, que não contemplam nem a totalidade da informação, nem as relações entre todas as variáveis do problema e que conduzem inevitavelmente à promoção de respostas erradas.

Em conformidade com os resultados apurados, conclui-se que, no decurso do processo de resolução de problemas, a compreensão verbal antecede a compreensão matemática dos enunciados e que os fatores de natureza linguística atuam antes mesmo dos elementos estruturantes e dos aspetos fundamentais da competência matemática no processamento da informação e na interpretação e compreensão das situações enunciadas nos problemas.

### **A estrutura e a formulação dos problemas verbais**

O processo de resolução de problemas, além de apelar a uma multifacetada consciência linguística, requer também o conhecimento das

propriedades e da funcionalidade dos diferentes sistemas de representação semiótica que formam os enunciados (a língua natural, as escritas algébricas e formais, as figuras geométricas, as representações gráficas e as ilustrações).

O impacto da formulação de problemas com recurso a múltiplos registos semióticos no desempenho dos sujeitos tem sido objeto de análise de algumas investigações, cujos resultados dissidentes apontam, ora para os seus benefícios na eficácia da comunicação e na aprendizagem de conceitos matemáticos (Schnotz, 2002; Elia, Gagatsis & Demetriou, 2007;), ora para a dificuldade que representam na compreensão dos problemas (Schleppegrell, 2007; Berends & Van Lieshout, 2009).

Estas prerrogativas suscitaram a análise da influência da formulação dos enunciados no processo de resolução, tendo-se considerado, para o efeito, dois tipos de problemas:

- i) Problemas com contextos monomodais que são formados, essencialmente, por linguagem verbal em articulação com linguagem numérica (*Fig. 9*);
- ii) Problemas com contextos bimodais que, para além de linguagem verbal e de linguagem numérica, i.e., informação alfanumérica, integram representações icónicas, sob a forma de informação diagramática, como imagens gráficas e/ou tabelas, ou informação isogramática, como imagens figurativas, desenhos ou ilustrações (*Fig. 10*).

A baleia azul é o maior animal que vive na terra; vive entre 30 a 70 anos. A maior baleia azul encontrada na Terra media 29 m e pesava 158 000 Kg.  
Assinala a frase que indica o peso da maior baleia azul encontrada na Terra.

1. Cento e cinquenta e oito quilogramas.
2. Mil e cinquenta e oito quilogramas.
3. Quinze mil e oitocentos quilogramas.
4. Cento e cinquenta e oito mil quilogramas.

### Figura 9

Estímulo monomodal do desenho experimental do grupo 1 (1.º ciclo) da Experiência III

Na aula do Frederico os alunos estiveram a pintar desenhos com guaches. Para secarem, a professora pendurou-os com molas numa corda, como se vê na figura seguinte.



Assinala o número de molas necessárias para pendurar os 28 desenhos que os alunos pintaram, uns a seguir aos outros, de modo a que dois desenhos partilhem a mesma mola.

1. 27
2. 28
3. 29
4. 30

### Figura 10

Estímulo bimodal do desenho experimental do grupo 1 (1.º ciclo) da Experiência III

A análise do desempenho dos sujeitos dos três grupos relativamente a estes dois tipos de problemas verbais, suportada estatisticamente pela aplicação de testes de hipóteses não paramétricos:

- i) demonstrou que a presença de distintos sistemas de representação semiótica nos enunciados dos problemas condiciona a compreensão e o tratamento da informação, afetando a representação mental das situações descritas nos problemas e, conseqüentemente, as restantes etapas de resolução;
- ii) confirmou padrões de desempenho diferenciados que parecem resultar das propriedades e das funções cognitivas preenchidas pelos vários registos semióticos que ocorrem na superfície dos enunciados.

Como se pode observar pelos valores expostos na Tabela 3, os problemas bimodais implicaram custos mais elevados de processamento, refletidos no acréscimo do *TL* e no aumento do *N.º de FIX.* realizadas nos enunciados e de *TRANS.* efetuadas entre os diversos registos verbais (texto) e não verbais (figuras geométricas, representações gráficas, imagens/ilustrações).

**Tabela 3**

Expressividade estatística das variáveis TL, FIX., TRANS. e Respostas certas nos estímulos com contextos bimodais

<b>Problemas com contextos bimodais</b>		
<b>1.º ciclo</b>	<b>2.º ciclo</b>	<b>3.º ciclo</b>
Variáveis	Variáveis	Variáveis
+ Tempo de leitura "p = 0.158"	+ Tempo de leitura "p = 0.000"	+ Tempo de leitura "p = 0.000"
- Fixações "p = 0.006"	+ Fixações "p = 0.000"	+ Fixações "p = 0.000"
+Transições "p = 0.000"	+Transições "p = 0.000"	+Transições "p = 0.000"
- Respostas certas "p = 0.001"	- Respostas certas "p = 0.000"	+ Respostas certas "p = 0.000"

O processamento dos problemas bimodais revelou-se uma tarefa cognitiva mais complexa, uma vez que exige o mapeamento e a construção de uma representação mental que integre os dados informativos relevantes dos diferentes sistemas de representação. Envolve a mobilização de mais recursos cognitivos e, portanto, exerce uma maior sobrecarga na memória de trabalho. Um simples erro na representação ou uma representação parcial da relação entre as diferentes fontes informativas pode comprometer a execução das restantes etapas de resolução.

Contrastivamente, o processamento dos problemas com contextos monomodais assume-se como uma tarefa menos complexa, que mobiliza menos recursos cognitivos, uma vez que a informação é disponibilizada apenas numa única fonte informativa (linguagem alfanumérica), deixando mais espaço disponível na memória de trabalho para a tarefa original (resolver o problema através da aplicação de procedimentos matemáticos).

Os efeitos da articulação de diferentes registos semióticos nos enunciados dos problemas bimodais refletiram-se sobretudo no desempenho dos sujeitos mais novos (1.º e 2.º ciclos), através de acentuados tempos de leitura e com recurso a mais fixações e a um maior número de transições entre as distintas fontes informativas que contrastaram com as reduzidas taxas de sucesso de resolução.

Nestes dois grupos de sujeitos, com menos competências de leitura, evidenciadas, em parte, pelo tempo de leitura e pelo número de fixações realizadas em cada palavra dos enunciados (os sujeitos

do 1.º ciclo fizeram, em média, 1,56 *FIX.* por palavra em 0,520ms e os sujeitos do 2.º ciclo efetuaram 1,54 *FIX.* em 0,440ms), o processamento da informação dos enunciados com contextos bimodais parece comprometer o planeamento e a execução das restantes etapas do processo de resolução e dificultar o sucesso na resolução dos problemas.

Nos sujeitos mais velhos (3.º ciclo), com idades compreendidas entre os 14-15 anos, com a amplitude da memória estabilizada, com mais espaço disponível para o armazenamento e tratamento das distintas fontes informativas, com uma maior competência de leitura (realizaram, em média, 1,34 *FIX.* por palavra em 0,380ms) e com uma competência mais alargada na utilização de plataformas tecnológicas claramente bimodais, o processamento da informação dos problemas com contextos bimodais, embora tenha custos acrescidos (um maior dispêndio de *tempo de leitura*, associado a um aumento significativo de *fixações* e de *transições*) parece não afetar o planeamento e a execução das restantes etapas do processo de resolução, uma vez que este tipo de problemas registou níveis de sucesso mais elevados, i.e., mais respostas certas do que os problemas com contextos monomodais.

Os dados atestados nestes estudos e corroborados por outros investigadores (Bobis, Sweller & Cooper, 1994; Sweller, 1994; Berends & Van Lieshout, 2009) destacam a formulação dos enunciados com distintos sistemas de representação (verbal e não verbais) como um expressivo predador das dificuldades manifestadas pelos sujeitos no processo de resolução dos problemas.

### **Considerações finais**

Estes estudos empíricos, centrados nos mecanismos cognitivos e linguísticos mobilizados no processamento da informação, permitiram distinguir as características estruturais e discursivas dos enunciados dos problemas de matemática como indicadores relevantes, que parecem estar na origem das fragilidades associadas ao processo de resolução, designadamente a extensão e a complexidade das estruturas linguísticas e a profusão de distintos sistemas de representação semiótica nos enunciados dos problemas que conduzem ao aumento dos custos de processamento, com impacto na compreensão e nas subsequentes fases de resolução.

Não obstante a pertinência dos resultados alcançados, não foi possível determinar os efeitos da articulação das representações icónicas dos enunciados bimodais com a complexidade das estruturas

linguísticas para a compreensão global dos enunciados e subseqüentes etapas de resolução. No entanto, considera-se que a manipulação dos estímulos que serviram de análise a estes estudos, quer ao nível das estruturas lexicais, sintáticas e semânticas, que ao nível da sua composição gráfica, poderá oferecer evidências complementares que se mostrem igualmente pertinentes para sustentar o complexo processo de resolução e que apontem pistas sobre os caminhos a trilhar de forma a minimizar os constrangimentos e a melhorar os desempenhos dos sujeitos relativamente à “difícil” tarefa de solucionar problemas verbais de matemática.

Na resolução de problemas, há que atender igualmente aos mecanismos de funcionamento da memória, particularmente da memória de trabalho que desempenha um papel fundamental nas fases iniciais deste complexo processo. Enquanto estrutura modular constituída por diversas instâncias, serve para codificar e manter, durante algum tempo, a informação que está a ser processada no momento, funcionando como “um armazém”, com um número limitado de espaços, dentro dos quais as unidades de informação podem ser colocadas (Baddeley, 2001). Ora, quando a memória de trabalho é sobrecarregada com mais informação passa a haver menos capacidade disponível para a compreensão e o raciocínio e, conseqüentemente, a *performance* dos sujeitos é fortemente afetada.

Atendendo aos fortes indícios detetados neste estudo que apontam a capacidade limitada da memória de trabalho como uma das causas plausíveis para a dificuldade de processamento de enunciados com uma grande densidade de informação, deixa-se aqui a sugestão para que, na construção e/ou seleção de problemas verbais, sejam considerados os três tipos de carga cognitiva, distinguidos por Sweller (2005), que defende que a aprendizagem melhora quando o volume de informações oferecidas ao sujeito é compatível com a sua capacidade de compreensão:

- i) a carga cognitiva intrínseca que é imposta pela complexidade do conteúdo do material didático;
- ii) a carga cognitiva natural (relevante) que está subordinada ao processamento, à construção e à automatização de esquemas;
- iii) a carga cognitiva externa ao conteúdo (irrelevante) que é gerada pela forma como a informação é apresentada aos sujeitos. Não interfere na construção e automatização de esquemas mentais, e, conseqüentemente, desperdiça re-

cursos cognitivos limitados que poderiam ser usados para auxiliar a carga natural, ou seja, reduz a quantidade de recursos disponíveis para processar a carga intrínseca e a carga relevante.

Ainda que não seja possível controlar a carga intrínseca, associada à complexidade dos conteúdos aludidos nos problemas, há formas de reduzir a carga cognitiva irrelevante, nomeadamente extraindo dos enunciados toda a informação alfanumérica e pictórica que não auxilia a representação mental das situações e não seja pertinente para a tarefa base de resolução.

O incremento da carga cognitiva relevante também parece possível através da segmentação e reordenação das estruturas linguísticas complexas que ocorrem nos enunciados dos problemas para que fiquem alinhadas com os procedimentos de resolução.

Neste sentido, considera-se que a otimização do processo de resolução de problemas verbais passa, necessariamente, pela coordenação concertada entre as áreas disciplinares de Português e de Matemática, sem menosprezar os “recursos cognitivos” de que os sujeitos dispõem ou necessitam dispor, em função dos seus conhecimentos prévios e do seu desenvolvimento cognitivo e linguístico.

### Referências bibliográficas

- Andersson, U. & Lyxell, B. (2007). Working memory deficit in children with mathematical difficulties: A general or specific deficit? *Journal of Experimental Child Psychology*, 96, 197-228.
- Baddeley, A. (2001). Is working memory still working memory? *American Psychologist*, 56, 849-864.
- Berends, I. & Van Lieshout, E. (2009). The effect of illustrations in arithmetic problemsolving: Effects of increased cognitive load. *Learning and Instruction*, 19, 345-353.
- Bivar, A., Santos, C., Aires, L. (2010). Problemas e exercícios no ensino básico e secundário de Matemática, em Portugal. In Fayol *et al.*, *Fazer contas ajuda a pensar?* (pp. 97-160). Lisboa: Fundação Francisco Manuel dos Santos.
- Bobis, J., Sweller, J., & Cooper, M. (1994). Demands imposed on primary-school students by geometric models. *Contemporary Educational Psychology*, 19, 108-117.

- Corrêa, R. (2005). Linguagem matemática, meios de comunicação e educação matemática. In Nacarato, A., e Lopes, C. (Org.) *Escritas e Leituras na Educação Matemática*. (pp. 93-100). Belo Horizonte: Autêntica.
- Correia, D. (2004). Complexidade sintáctica: Implicações na compreensão de enunciados de exercícios de Matemática. *Actas do XX Encontro Nacional da Associação Portuguesa de Linguística* (pp. 445-469). Lisboa, APL.
- Correia, D. (2013). *Estudos experimentais sobre leitura e compreensão de problemas verbais de matemática*. Tese de Doutoramento, Universidade de Lisboa.
- De Corte, E., Verschafiel, L., & Pauwels, A. (1990). Influence of the semantic structure of word problems on second graders' eye movements. *Journal of Educational Psychology*, 82 (2), 359-365.
- Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactique et de Sciences cognitives*, 5, 37-65.
- Elia, I., Gagatsis, A., & Demetriou, A. (2007). The effects of different modes of representation on the solution of one-step additive problems. *Learning and Instruction*, 17, 658-672.
- Foulin, J. & Mouchon, S. (1998). *Psychologie de l'éducation*. Paris: Éditions Nathan.
- Gerofsky, S. (1996). A linguistic and narrative view of word problems in mathematics education. *For the Learning of Mathematics*, 16 (2), 36-45.
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lithner, J. (2008). A research framework for creative and imitative reasoning. *Educational Studies in Mathematics*, 67, 255-276.
- Maciel, C. (1996). *Leitura e definições de memória*. Tese de mestrado. Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa.
- Mayer, R. (1985). Mathematical ability. In Sternberg, R. J. (Ed.), *Human abilities: An information processing approach*, (pp. 127-154). San Francisco: Freeman.
- Mayer, R. & Hegarty, M. (1996). The process of understanding mathematical problems. In Sternberg, R., & Ben-Zeev, T. (Eds.), *The nature of mathematical thinking* (pp. 29-54). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mckoon, G., Ratcliff, R., Ward, G., & Sproat, R. (1993). Syntactic prominence effects on discourse processing. *Journal of Memory and Language*, 32, 593-607.

- Mullis, I., Martin, M., Foy, P., Arora, A. (2012). *TIMSS 2011 International Results in Mathematics*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College. Retrived from: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2011/international-results-mathematics.html>
- OECD (2014). *PISA 2012 Results: Creative Problem Solving: Students' Skills in Tackling Real-Life Problems* (Vol. V), PISA, OECD Publishing. Retrived from: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264208070-en>
- Österholm, M. & Bergqvist, E. (2012). Methodological issues when studying the relationship between reading and solving mathematical tasks. *Nordic Studies in Mathematics Education*, 17 (1), 5-30.
- Riley, M., Greeno, J., Heller, J. (1983). Development of children's problem-solving ability in arithmetic. In Ginsburg, H. (Ed.), *The development of mathematical thinking* (pp. 153-196). San Diego, CA: Academic Press.
- Schleppegrell, M. (2007). The linguistic challenges of mathematics teaching and learning: A research review. *Reading & Writing Quarterly*, 23 (2), 139-159.
- Schneider, M. & Stern, E. (2010). The developmental relations between conceptual and procedural knowledge: A multimethod approach. *Developmental Psychology*, 46 (1), 178-192.
- Schnotz, W. (2002). Towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review*, 14, 101-120.
- Sowder, L. (1989). Searching for affect in the solution of story problems in matematics. In McLeod & Adams (Eds.), *Affect and mathematical problem solving: A new perspective* (pp. 104-113). New York: Springer.
- Swanson, H. L. (1999). Reading comprehension and working memory in learning disabled readers: Is the phonological loop more important than the executive system? *Journal of Experimental Child Psychology*, San Diego, 72 (1), 1 - 31.
- Swanson, H., Jerman, O., & Zheng, X. (2008). Growth in working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology*, 100 (2), 343 - 379.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4, 295-312.
- Sweller, J. ( 2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In Mayer, R. (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 19-30). New York: Cambridge University Press.

- Thevenot, C., Devidal, M., Barrouillet, P., & Fayol, M. (2007). Why placing the question before an arithmetic word problem improve performance? A situation model account. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60, 43-56.
- Van den Heuvel-Panhuizen, M. (2005). The role of contexts in assessment problems in mathematics. *For the Learning of Mathematics*, 25 (2), 2-9.
- Verschaffel, L., Greer, B., & De Corte, E. (2000). *Making Sense of Word Problems*. Lisse, The Netherlands: Swets & Zeitlinger.