

REPRESENTAÇÃO NA LINHA NUMÉRICA: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO EM CRIANÇAS DE IDADE PRÉ-ESCOLAR

Isabel Abreu-Lima, Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade do Porto, FPCEUP, isabelmplima@fpce.up.pt

Thaís Melo Sousa Ligo, FPCEUP, thaïmsousa@gmail.com

Ana Filipa Monteiro, FPCEUP, ana_monteiro27@hotmail.com

RESUMO: A capacidade de estimar é uma aptidão numérica que se manifesta muito precocemente, estando presente em diversas tarefas quotidianas e envolvendo diferentes tipos de conhecimento (Siegler & Booth, 2004).

As crianças em idade pré-escolar têm dificuldades em fazer estimativas, apesar de já apresentarem outras competências matemáticas, como saber contar. Essas dificuldades prendem-se com uma representação inadequada dos números, a qual se vai tornando mais apropriada à medida que a idade e a experiência aumentam. É neste contexto que surge o conceito de linha numérica mental, uma linha imaginária na qual os números são mentalmente colocados quando efetuamos comparação de magnitudes numéricas. As crianças mais pequenas parecem ter representações menos adequadas de magnitudes numéricas, nomeadamente representações logarítmicas, enquanto que as crianças mais velhas e mais familiarizadas com os números recorrem a representações lineares.

Este estudo insere-se num projeto mais global que pretende estudar a representação de magnitudes numéricas em crianças de 4 anos e o impacto que diferentes tipos de intervenção de cariz matemático têm na acuidade dessas representações, assim como nos conhecimentos numéricos das crianças. Foram avaliadas 71 crianças de 4 anos, frequentando instituições pré-escolares do concelho de Matosinhos. A avaliação incluiu a tarefa da estimativa da linha numérica (Siegler & Ramani, 2009), na qual se solicita à criança que indique a localização de algarismos (1 a 9) numa linha, bem como o *Test of Early Mathematics Ability-3* (Ginsburg & Baroody, 2003), que avalia conhecimentos numéricos. Os resultados são analisados em termos da acuidade das estimativas das crianças, em função do sexo e grupo de escolaridade materno e da associação com a idade e os seus conhecimentos matemáticos.

Palavras-chave: Competência matemática, estimativa, pré-escolar, linha numérica

Introdução

A cognição matemática é uma área fundamental do desenvolvimento cognitivo e embora as perspetivas acerca das origens e da natureza do conhecimento numérico e do pensamento matemático possam divergir, existe acordo quanto ao facto de que ele se inicia muito cedo na vida das crianças.

Apesar da relevância que assume atualmente na psicologia e na educação, a matemática continua a ser no panorama nacional um domínio em que os resultados educativos são fracos. Os estudos de âmbito nacional são poucos e incidem em níveis educativos mais avançados, como acontece com o Matemática 2001 (APM, 1998) e o PISA. Segundo um relatório elaborado pela Associação de Professores de Matemática (APM), a Matemática é uma das

disciplinas em que os estudantes revelam maiores dificuldades e atitudes mais negativas, sendo por esse motivo um dos domínios que mais contribuem para o insucesso escolar dos nossos estudantes em todos os domínios da escolaridade.

A investigação tem salientado que embora as crianças aprendam muito por si mesmas, a orientação e o suporte do adulto podem promover significativamente a sua aprendizagem, sendo a idade pré-escolar um período particularmente importante para o desenvolvimento da competência matemática. As crianças de idade pré-escolar apresentam uma grande variabilidade em termos dos conhecimentos numéricos (Abreu-Lima, Leal, Cadima & Gamelas, 2012; Siegler, 2009). Essas diferenças no conhecimento matemático inicial parecem ter um impacto duradouro, verificando-se que existe uma relação bastante forte entre os conhecimentos matemáticos das crianças no início da escolaridade básica e os seus conhecimentos posteriores (Duncan et al, 2007).

A capacidade de estimar é uma aptidão quantitativa básica, que se manifesta muito precocemente, definida por Siegler e Booth (2004) como o processo de traduzir entre representações quantitativas alternativas. Aplica-se a diferentes tipos de tarefas e envolve diferentes tipos de conhecimento, tal como a distância entre dois pontos ou locais, o tempo que é necessário para ir de um local para outro ou o preço de um artigo. Estes casos implicam unidades de medição embora em outros casos, tal pode não ser necessário, como acontece quando se estima o número de rebuçados dentro de um frasco ou quantas ovelhas formam um determinado rebanho (Siegler & Booth, 2004).

A estimativa implica um processo de aproximação a magnitudes numéricas, sendo por isso muito semelhante ao que se entende por sentido numérico. Este último implica, segundo Siegler, *...ser capaz de escolher os números cujo valor se aproxima dos valores corretos, seja como resultado de uma operação numérica (“quanto é mais ou menos 97×38 ?”) ou atributos de objetos, acontecimentos ou conjuntos (“aproximadamente quantas pessoas*

estiveram a ver o jogo?”) (Siegler, 2009, p.119).

As crianças pequenas têm dificuldade em produzir estimativas precisas, o que do ponto de vista de alguns autores, se prende com o facto de não terem ainda desenvolvido representações apropriadas dos números (Siegler & Booth, 2004).

A transição de representações aproximadas dos números para representações simbólicas ocorre na mente de qualquer criança que adquire os números. Para Dehane (1997) é exatamente a capacidade humana para utilizar sistemas numéricos simbólicos que permite ao ser humano passar para além da aproximação, visto que as palavras e os símbolos permitem representar os números de forma precisa e separá-los em categorias discretas. Assim, segundo o mesmo autor, o ser humano é capaz de perceber a diferença entre 8 e 9 e de exprimir por palavras a altura dos Himalaias – algo impossível não foram as palavras numéricas que usamos e o seu significado (Dehane, 1997).

Alguns autores consideram que o ser humano possui além do mais uma compreensão não-verbal e intuitiva dos números (Dehane, 1997). A linha numérica é o modelo que melhor se adequa a esta intuição humana acerca dos números, nomeadamente os números integrais positivos e as suas relações de proximidade, permitindo também compreender a relação constatada entre as noções espaciais e a competência numérica e aritmética. Relativamente a outro tipo de números, por exemplo, números complexos, imaginários ou irracionais, o ser humano não possui uma intuição imediata, o que os torna mais difíceis de compreender.

A estimativa numérica implica compreender os números e as magnitudes numéricas, assim como o desenvolvimento de uma forma de representação mental adequada – a linha numérica mental, a qual aparenta ser uma estrutura essencial para a aprendizagem da matemática. De acordo com os estudos de Siegler, a representação de magnitudes numéricas na linha numérica constitui uma competência desenvolvimental (Siegler & Opfer, 2003; Siegler & Booth, 2004). À medida que a idade e a experiência aumentam, o padrão das

estimativas das crianças e a forma como representam os números vai progredindo de um modelo logarítmico para um modelo linear (Siegler & Booth, 2004; Siegler & Opfer, 2003), o que contribui para que as suas estimativas sejam mais adequadas e precisas (Case et al, 1996). Recorrendo a uma tarefa de estimativa com números entre 0 e 100, os autores confirmaram que as crianças mais novas tendiam a usar padrões logarítmicos de estimativas, enquanto que as crianças mais velhas geravam com mais frequência padrões lineares. Quando as crianças recorriam a modelos lineares, as suas estimativas na linha numérica eram mais precisas.

A precisão com que uma criança estima a localização de números na linha numérica mental, que está associada à capacidade de representar os números de acordo com um modelo linear, aparenta ser uma componente essencial da sua compreensão numérica, influencia o desenvolvimento das competências de cálculo (Booth & Siegler, 2008; Moeller, Pixner, Kaufmann, & Nuerk, 2009) e prediz o seu desempenho posterior na matemática (Geary, Hoard, Nugent & Bailey, 2012), podendo por isso ser considerada um precursor do desenvolvimento aritmético. Vários estudos indicam ainda que deficiências no desenvolvimento desta capacidade estão associadas a dificuldades de aprendizagem na matemática (Geary, Hoard, Nugent & Byrd-Craven, 2008; Geary et al 2012). Estas constatações levaram ao desenvolvimento de intervenções visando promover a capacidade de estimativa das crianças, com ênfase particular em crianças de nível socioeconómico baixo, tendo em conta as suas dificuldades acrescidas ao nível da matemática, evidentes desde muito precocemente nos seus percursos escolares.

Este estudo, inspirado nos trabalhos desenvolvidos por Siegler e colaboradores (Siegler & Ramani, 2009), pretende caracterizar a acuidade da representação da magnitude numérica em crianças que se encontram no penúltimo ano do ensino pré-escolar, obtendo evidência que permita caracterizar o modelo de representação numérica das crianças em idades precoces, de acordo com o que foi exposto. Simultaneamente pretende-se verificar se existem diferenças na

acuidade das estimativas de crianças em função do sexo das mesmas e do nível de escolaridade das mães. Por último, pretende-se analisar a associação entre o desempenho das crianças nesta tarefa e outras características, tais como a idade e a competência num teste de conhecimento matemático.

Método

Participantes

Participaram neste estudo 71 crianças que frequentavam quatro escolas do concelho de Matosinhos, três das quais públicas e uma Instituição Particular de Solidariedade Social (IPSS). As escolas foram selecionadas por conveniência. A idade média das crianças é de 56 meses ($DP = 4.6$ meses), sendo que 34 são do sexo masculino (49.3%) e 37 são do sexo feminino (50.7%). Relativamente às características familiares destas crianças, as mães apresentam em média 36.8 anos de idade ($DP = 4.7$, com mínimo de 24 anos e máximo de 48 anos) e os pais 37.1 anos ($DP = 4.8$, com mínimo de 27 anos e máximo de 47 anos). O nível educacional das mães é diversificado, verificando-se que 20 mães (28.2%) concluíram o 1º(4.2%), 2º (8.5%) ou o 3º ciclo (15.5%), 22 mães (31%) concluíram o nível secundário e 26 mães (36.6%) possuem Licenciatura ou Mestrado, não tendo sido possível obter esta informação relativamente a três mães.

Instrumentos

Neste estudo foi usada a Tarefa de Estimativa da Linha Numérica (Siegler & Ramani, 2009), o *Test of Early Mathematics Ability-3* (TEMA-3; Ginsburg & Baroody, 2003) e um questionário de dados sociodemográficos.

A Tarefa de Estimativa da Linha Numérica consiste em apresentar a cada criança 18 folhas de papel, uma de cada vez. Cada folha contém uma linha horizontal com 25 cm em cujos extremos está impresso “0” no lado esquerdo, e “10” do lado direito. Em cada folha é apresentado um número de 1 a 9, aproximadamente 2cm acima do centro desta linha (cf.

Figura 1), cuja posição na linha a criança tem que estimar. Cada um dos números foi apresentado duas vezes. Ou seja, formaram-se dois conjuntos de linhas de 1 a 9 que foram apresentados a cada criança, um de cada vez. Em cada conjunto a ordem de apresentação dos números era aleatória.

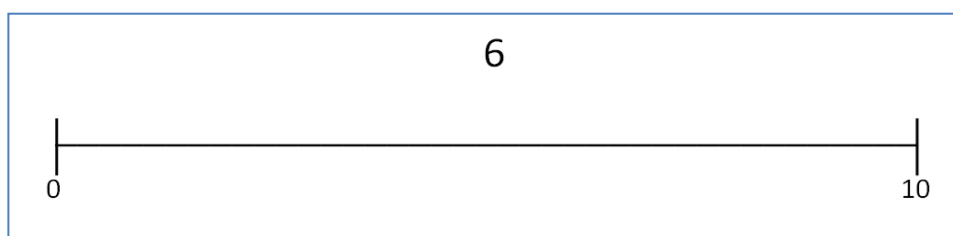


Figura 1. Exemplo da Tarefa da estimativa da linha numérica para o número 6 (Opfer, 2003).

O TEMA-3 (Ginsburg & Baroody, 2003), forma A, tem como objetivo avaliar o nível de conhecimento matemático formal e informal das crianças. Foi traduzido e adaptado por uma equipa de investigação da Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade do Porto (FPCEUP) entre o ano 2007 e 2008.

É constituído por 72 itens, ordenados por grau de dificuldade, que avaliam as competências matemáticas formais e informais de crianças entre os 3 anos e 0 meses e os 8 anos e 11 meses de idade. O conhecimento informal é avaliado a partir de quatro domínios: i) numeração; ii) magnitude relativa; iii) cálculo; e iv) compreensão de conceitos. O conhecimento formal é avaliado igualmente por quatro áreas: i) literacia numérica; ii) factos numéricos; iii) cálculo; e iv) compreensão de conceitos. Assim, são contempladas diversas competências esperadas para as distintas faixas etárias e que abrangem diferentes áreas da matemática.

O Questionário de dados sociodemográficos teve como objetivo recolher informação de carácter sociodemográfico. Neste estudo, será apenas utilizada informação relativa à idade e nível de escolaridade da mãe.

Procedimento

Nas quatro escolas selecionadas, foram avaliadas todas as crianças do período etário alvo pré-definido, ou seja, as crianças que à data da avaliação tinham entre 4 e 5 anos de idade e que não iriam frequentar o ensino primário no ano seguinte. O consentimento informado por parte dos pais foi obtido previamente no âmbito de um protocolo de colaboração existente com o agrupamento onde essas escolas estão inseridas.

A Tarefa de Estimativa da Linha Numérica foi implementada por uma mestre e uma estudante de pós-graduação da FPCEUP entre o mês de fevereiro e março de 2012. Cada criança foi retirada da sua sala de atividades habitual para uma outra sala onde, numa sessão individual, a investigadora dizia à criança que ela iria fazer um jogo em que teria de marcar a localização de um número numa linha. Foi dado à criança um lápis e uma borracha, pois, caso a criança solicitasse, era permitida a alteração da marcação do número na linha apenas na folha apresentada no momento. Ou seja, a criança não podia voltar atrás a nenhum número marcado noutra folha e fazer qualquer alteração. Aquando da apresentação de cada número, começava-se por questionar qual o número que estava na parte de cima da folha. Caso a criança não conhecesse o número apresentado, a investigadora identificava-o, dizendo o seu nome (ex. Este é o número seis). De seguida, era perguntado: “Se aqui está o “0” (apontando com o dedo para o número no extremo esquerdo da linha) e aqui está o “10” (apontando para o número no extremo direito), onde achas que vai ficar o N ?”. Cada conjunto de 1 a 9 foi apresentado numa ordem aleatória a cada criança. Ao longo da realização da tarefa, nenhum feedback foi dado. Apenas foram dados encorajamentos e incentivos para a criança não desistir da tarefa.

Para a análise dos resultados na tarefa de estimativa da linha numérica, adotou-se o procedimento descrito em Opfer (2003), através do qual todas as estimativas fornecidas pelas crianças foram convertidas num número real de 1 a 9.

Para cada criança calculou-se um valor de estimativa médio para cada número estimado, através da média das duas estimativas realizadas pela criança, designado por estimativa média. Cada criança produziu assim nove estimativas médias, correspondentes aos 9 números reais que lhe foram apresentados.

Calculou-se ainda para cada criança um desvio médio total, que exprime o grau de precisão médio das estimativas de cada criança. Para encontrar este valor, calculou-se a média dos desvios, ou seja, das diferenças em valor absoluto entre cada estimativa média e os números reais. Quanto maior este valor, menor a precisão da estimativa da criança.

A forma A do *Test of Early Mathematics Ability-3* (TEMA-3) foi aplicada pelas mesmas investigadoras da FPCEUP no decorrer do mês de janeiro de 2012, sendo administrado individualmente, numa sala à parte da sala de atividades das crianças. O início da prova ocorria no item adequado à idade da criança. Se a criança não respondesse corretamente aos cinco itens iniciais, eram avaliados os itens anteriores até a criança acertar cinco itens consecutivos. Caso a criança não conseguisse acertar esses cinco itens iniciais consecutivos e após o retrocesso até ao item 1, parava-se a prova. À exceção desse caso, o teste apenas finalizava quando a criança experimentava cinco insucessos consecutivos. Não há um tempo estipulado de aplicação da prova, podendo este variar substancialmente, de acordo com a situação e com a criança. A nota obtida por cada criança corresponde ao total de itens em que a criança obteve sucesso.

Finalmente, o questionário de dados sociodemográficos foi preenchido a partir dos processos individuais que as escolas possuem acerca de cada criança e, em alguns casos, através da informação dada pelas educadoras.

Resultados

Para analisar a acuidade das estimativas das crianças nos números 1 a 9, procedeu-se ao cálculo da média das estimativas dadas pela criança para cada número. A Figura 2 contém a

representação gráfica das estimativas médias das crianças para cada número. O eixo das ordenadas contém os números reais e o eixo das abcissas o valor estimado. Foi ainda incluído o valor médio estimado para cada número real.

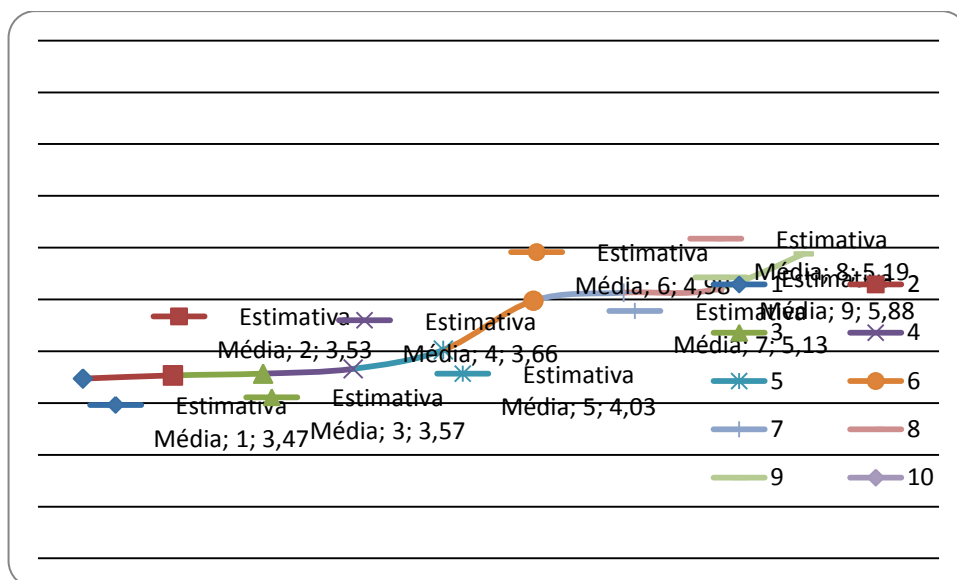


Figura 2. Representação linear das estimativas médias das crianças (N=71).

Como é nótório a partir da observação da Figura 2, verificou-se que as crianças tendem a sobreestimar os números abaixo de 4 (atribuindo, em média, valores próximos de 4 para qualquer número entre 1 e 4), apresentam estimativas próximas do real para a faixa entre 4 e 6, e subestimam os números acima de 6 (atribuindo em média valores próximos de 5). Esta tendência para ignorar os valores extremos é compatível com uma representação logarítmica dos números.

Procurou-se também verificar a hipótese de Siegler e colaboradores quanto à função que melhor explica a distribuição dos resultados. Com este objetivo, calcularam-se, à semelhança do procedimento efectuado pelos autores, os valores da mediana das distribuições relativas a cada número, as quais são menos influenciadas pelos valores extremos. A distribuição das medianas das estimativas assemelha-se à distribuição das estimativas médias, como pode verificar-se através da leitura da Figura 3. Verificamos contudo que a função logarítmica

explica melhor a distribuição dos resultados do que a função linear (cf. Figura 3), o que pode constatar-se pela comparação dos valores de R^2 . A equação da reta obtida no primeiro caso foi $y = 0,7128\ln(x) + 3,6328$ e o valor de $R^2 = 0,92$. Para a mesma distribuição, a função linear apresentava como valores $y = 0,1738x + 3,7775$ e um $R^2 = 0,80$. Estes resultados estão representados na Figura 3.

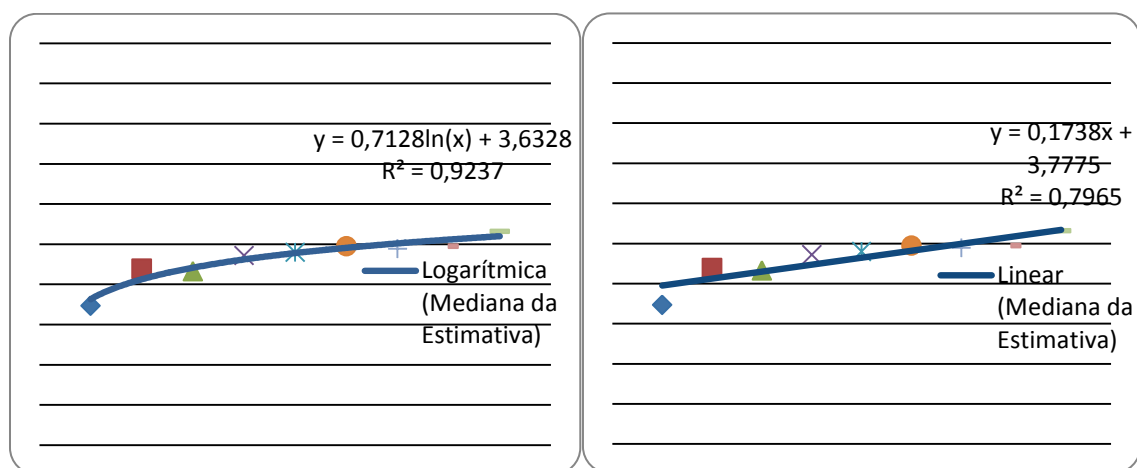


Figura 3. Representação gráfica das medianas das estimativas e das funções logarítmica e linear que melhor se ajustam aos resultados (N=71).

Os valores do desvio total médio de rapazes ($M = 2.48$, $DP = .90$) e raparigas ($M = 2.86$, $DP = .92$) foi comparado, através de um teste t para amostras independentes. Os rapazes demonstraram tendencialmente um melhor desempenho que as raparigas, embora as diferenças encontradas não tenham alcançado o nível de significância crítico, $t(69) = -1.78$, $p = .08$.

Procuraram-se também diferenças na acuidade de estimação das crianças provenientes de diferentes grupos definidos pelo nível de escolaridade materno. Foram constituídos três grupos: o grupo 1 inclui mães com escolaridade até ao 3º ciclo; o grupo 2 inclui mães que concluíram o nível secundário e o grupo 3 mães que concluíram o nível superior.

Os resultados estão apresentados no Quadro 1. A comparação dos resultados através de uma ANOVA não revelou diferenças significativas entre os valores médios obtidos pelas crianças em cada grupo de escolaridade materna, $F(2,65)=1.449$, $p=.242$. As estimativas das crianças não variam em função do nível de escolaridade materno. O valor médio mais baixo foi obtido pelo grupo de escolaridade intermédio, e o valor mais elevado pelo grupo de escolaridade superior. A precisão das estimativas das crianças cujas mães têm escolaridade superior não se diferenciou das restantes, apresentando mesmo um valor ligeiramente inferior à dos outros grupos.

Quadro 1 – Desvio total médio por grupo de escolaridade materno (N=68).

Escolaridade materna	N	Média	D-P
Grupo 1- até 3º ciclo	20	2,79	1,01
Grupo 2 – Secundário	22	2,41	.95
Grupo 3 – Superior	26	2,84	.85

Como se pode observar pelo Quadro 2, para estudar a associação entre os valores do desvio médios das crianças, a sua idade expressa em meses e os resultados obtidos num teste de conhecimentos matemáticos, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson.

Quadro 2 – Coeficientes de correlação entre idade, desvio médio total (DMT) e resultados no TEMA-3 (N=71).

Variáveis	Idade	DMT	TEMA-3
Idade	-	-.22	.41**
DMT	-	-	-.20

** $p < .01$

Apesar de os valores não serem suficientes para se poder considerar a existência de associação entre o valor do desvio, a idade e os resultados no TEMA-3, verificou-se que a direção da relação encontrada entre as variáveis é a esperada, ou seja, uma relação negativa entre o desvio e a idade e entre o desvio e o TEMA-3. A associação positiva moderada entre a

idade e os resultados no TEMA-3 é expectável, tendo em conta que foram usadas nas análises as notas brutas obtidas por cada criança.

Discussão dos resultados e conclusões

Estes resultados apesar de ainda parcelares, pois como se referiu, fazem parte de um projeto mais global, contêm informação interessante sobre uma área acerca da qual pouco se sabe no nosso país.

Verificamos que a precisão das estimativas dos números de 1 a 10 na linha numérica das crianças de 4 anos é fraca. Os valores mais baixos (1 a 4) são sobre-estimados, enquanto que os valores mais elevados (7 a 10) são subestimados. Este facto prende-se provavelmente com uma representação inadequada das magnitudes numéricas, tal como é sugerido por Siegler e colaboradores, sendo de admitir que as crianças têm pouca ou nenhuma noção da distribuição dos números na linha e tentam adivinhar. Isto acontece apesar de muitas destas crianças possuírem outros tipos de conhecimentos numéricos, como saber o nome dos números, contar de 1 até 10 e diferenciarem conjuntos maiores e menores em função do seu cardinal. O padrão das estimativas que se evidencia a partir da representação gráfica dos valores medianos das estimativas confirma um modelo logarítmico, sendo admissível que muitas destas crianças não tenham ainda desenvolvido uma linha numérica mental e uma organização linear dos números. O declive positivo da reta confirma que as crianças têm alguma noção da organização crescente dos números, e da orientação adequada na linha, que é, na nossa cultura, da esquerda para a direita.

Os rapazes evidenciaram valores de precisão ligeiramente superiores às raparigas. Embora estas diferenças não permitam distinguir o grupo dos rapazes como sendo mais competente ao nível da representação de magnitudes numéricas, elas confirmam algumas referências na literatura neste domínio.

Não foram encontradas diferenças entre as estimativas médias de crianças em função do nível de escolaridade materno. À primeira vista este resultado parece contrariar a literatura, que aponta para a associação entre o baixo nível económico e a menor competência das crianças, concretamente no domínio numérico e da matemática. A nossa interpretação deste resultado é que aos 4 anos de idade, a representação de magnitudes numéricas, tal como outras competências matemáticas e do domínio cognitivo, são relativamente universais, não sendo ainda evidentes no desempenho das crianças diferenças atribuíveis à qualidade de estimulação no seu meio familiar, ou à aprendizagem.

A fraca associação entre a precisão das estimativas das crianças e a idade não surpreende, tendo em conta que todas as crianças pertencem ao grupo etário dos quatro anos sendo por isso a variação muito pequena. A possibilidade de variabilidade fica ainda mais reduzida pelo facto de os resultados terem sido agregados nos valores da média e mediana totais. Este facto permite também compreender a ausência de correlação com os conhecimentos matemáticos da criança, avaliados pelo TEMA-3.

As conclusões a retirar deste estudo estão obviamente limitadas, particularmente pelos procedimentos de seleção dos participantes. Contudo, consideramos que este estudo é um passo importante para a compreensão do desenvolvimento do pensamento matemático infantil e que poderá permitir pistas valiosas para orientar uma intervenção visando esse mesmo desenvolvimento.

Referências

- Abreu-Lima, I. M. P., Leal, T. B., Cadima, J. & Gamelas, A. M. (2012). Predicting child outcomes from preschool quality in Portugal, 2012, *European Journal of Psychology of Education*. DOI 10.1007/s10212-012-0120-y.
- Associação de Professores de Matemática (APM)(1998). Relatório do Matemática 2001. Retrieved March 22, 2012, from http://www.apm.pt/apm/2001/2001_j.htm
- Case, R. & Okamoto, Y. (1996). The role of central conceptual structures in the development of children's thought. *Monographs for the Society for Research in Child Development*, 61 (1-2, Serial No. 246).
- Dehaene, S. (1997). *The number sense: How the mind creates mathematics*. New York: Oxford University Press.
- Duncan, G. J., Dowsett, C. J., Claessens, A., Magnuson, K., Huston, A.C., Klebanov, P., et al.(2007). School readiness and later achievement. *Developmental Psychology*, 43, 1428-1446.
- Geary, D. C. Hoard, M., Nugent, L., & Bailey, D. H. (2012). Mathematical cognition deficits in children with learning disabilities and persistent low achievement: a five-year prospective study. *Journal of Educational Psychology*, 104, 206-223.
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Byrd-Craven, J. (2008). Development of number line representations in children with mathematical learning disability. *Developmental Neuropsychology*, 33, 277-299.
- Ginsburg, H. P. & Baroody, A. J. (2003). *Test of Early Mathematics Ability (3rd Edition)*. Austin: Pro-ed. Adaptação portuguesa (Versão para investigação.Tradução de Isabel M.P Abreu-Lima).
- Moeller, K., Pixner, S., Kaufmann, L., & Nuerk, H.-C. (2009). Children's early mental number line: logarithmic or decomposed linear? *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 503-515.
- Opfer, J. (2003). Analyzing the number-line task: A tutorial. Retrieved March 22, 2012, from <http://www.psy.cmu.edu/~siegler/publications-all.html>
- Siegler, R. S. (2009). Improving the numerical understanding of children from low-income families. *Child Development Perspectives*, 3, 118-124.
- Siegler, R. S., & Booth, J. L. (2004). Development of numerical estimation in young children. *Child Development*, 75, 428-444.
- Siegler, R. S., & Opfer, J. E. (2003). The development of numerical estimation: evidence for multiple representations of numerical quantity. *Psychological Science*, 14, 237-243.
- Siegler, R. S., & Ramani, G. B., (2009). Playing linear number board games - but not circular ones - improves low-income preschoolers' numerical understanding. *Journal of Educational Psychology*, 101, 545-560.