

Habilidades Visoespaciais e Desempenho em Matemática:

Entre o Déficit e o Talento

Visuospatial skills and performance in Mathematics:

Between the deficit and the Talent

Izabel Hazin¹ Jorge Tarcísio da Rocha Falcão²

Resumo: Habilidades visoespaciais têm sido apontadas como relevantes para o sucesso acadêmico, notadamente em matemática. No entanto, apesar da constatação da centralidade destas habilidades, ainda são escassas as pesquisas neste domínio. O presente estudo investigou a relação entre desempenho escolar em matemática e habilidades visoespaciais, a partir da consideração de duas condições clínicas comumente caracterizadas a partir de diferenças em termos da visoespacialidade, a saber, a epilepsia idiopática generalizada do tipo ausência, associada a graves déficits visoespaciais e, as altas habilidades no domínio intelectual, associadas a alto desempenho nestas tarefas. Foi realizado estudo multicase do qual participaram oito crianças na faixa etária entre 9 e 11 anos, sendo quatro diagnosticadas com epilepsia e quatro com Altas Habilidades. Foram aplicados testes neuropsicológicos específicos para a avaliação da visoespacialidade, bem como instrumento de avaliação do desempenho em matemática desenvolvido para o estudo. Os resultados encontrados demonstram que o grupo de crianças com epilepsia foi caracterizado pelo baixo desempenho nos testes neuropsicológicos e no instrumento matemático, enquanto o grupo de crianças com altas habilidades apresentou desempenho superior à média em ambos os domínios. Habilidades visoespaciais têm sido apontadas como relevantes para o sucesso acadêmico, notadamente em matemática. No entanto, apesar da constatação da centralidade destas habilidades, ainda são escassas as pesquisas neste domínio. A análise clínica dos erros produzidos pelas crianças com epilepsia ilustra o lugar da dimensão visoespacial na execução de atividades matemáticas específicas. Vale ressaltar que o conhecimento acerca das diferentes formas de processamento da aritmética é central para a compreensão do ensino e aprendizagem da matemática em seus primórdios e para a educação especial.

Palavras-chave: Visoespacialidade; matemática escolar; dificuldades de aprendizagem escolar.

Abstract: This study aimed at investigating the relationship between school performance in mathematics and visuospatial abilities, taking into account two clinical conditions usually characterized on the basis of visuospatiality differences, namely generalized idiopathic epilepsy of absence type, associated to important visuospatial deficits, and high cognitive abilities associated to high level performances in visuospatial tasks. A multicase study was performed with eight children aged from nine to eleven years, four of them previously diagnosed as presenting epilepsy and the other four identified as intellectual high-abilities children. Specific neuropsychological tests were used in order to evaluate visuospatial abilities, together with evaluation instrument for school mathematics performance, specially designed for this study. Results show a consistent difference in school mathematics performance between epileptic and high-cognitive abilities children. These former children show performance levels both in visuospatial abilities and mathematical tasks

¹ Universidade Federal de Sergipe/UFS – Mestrando no PPGECIMA-UFS – kley.soares@hotmail.com

² Instituto Federal de Sergipe e docente do PPGECIMA-UFS – laerte.fonseca@uol.com

above average levels from the same population. Visuospatial abilities have usually been considered relevant as predictors of school performance, especially in mathematics, but research on this problematic are scarce. Clinical analysis of mistakes shown by epileptic children emphasizes the importance of visuospatial abilities in processing specific mathematical tasks. On the other hand, it must be equally emphasized the diversity of possible ways of arithmetic processing for mathematical tasks, in order to progress in the comprehension of difficulties in teaching and learning of school mathematics, specially in the domain of inclusive education.

Keywords: Visuospatiality; school mathematics; school learning difficulties.

1. Considerações Iniciais

“Eu penso em imagens e você me ensina em palavras”

Sword, 2008

“A imagem e seu correspondente gráfico, o desenho, são os antecedentes semióticos naturais no desenvolvimento dos sistemas de notação escrita.”

Nikolai Veresov, 2015

Os dados de pesquisa aqui apresentados têm como quadro de referência teórica central a consideração de que as condições de funcionamento neuropsicológico estabelecem as bases, em termos de *desenvolvimento primário*, para que o indivíduo entre em relação com ferramentas da cultura, que o introduzirão em processo de *desenvolvimento secundário*, de base iminentemente semiótico-cultural (Vygotski, 2014; Veresov, 2015). Dito mais claramente, toda criança recebe um acervo de experiências oriundas da história do grupo cultural em que se insere (etapa interpsicológica), acervo este que deverá ser internalizado de forma individual e insubstituível por esta criança (etapa intrapsicológica), e neste processo, a integridade das condições de estrutura e funcionamento do cérebro (Berthoz & Debru, 2015), filogeneticamente estabelecidas, são fundamentais, posto que alterações neste nível não se constituirão em exceção à lei geral acima mencionada, mas conduzirão a criança por processos ontogenéticos específicos que a pedagogia em geral, e a defectologia em particular, precisam levar em conta (Brossard, 2014; Vygotski, 2012)³. É portanto no contexto desse ponto fundamental de compreensão

³ Michel Brossard esclarece a importância desse ponto de forma bastante clara: “O *desenvolvimento humano* aludido aqui (que se diferencia de outros tipos de desenvolvimento, como o biológico, embriológico, etc.) é concebido não como a realização de uma essência pré-existente, nem como a sobreposição [*habillage*, no original] de camadas sucessivas de aprendizagens culturais sobre uma natureza inicial; trata-se antes da construção de formas novas de atividade tornadas possíveis pela *transformação* de um psiquismo natural inicial: transformação

do desenvolvimento das funções superiores na criança, em face da integridade de seu aparelho cerebral e dos processos culturais de instrumentação (especialmente escolares) aos quais esta criança se expõe, que o presente artigo busca contribuir.

As alterações neurológicas e/ou desenvolvimentais na infância podem afetar a estrutura e o funcionamento cerebrais, ocasionando conseqüentemente impactos de natureza diversa sobre o processo de aprendizagem escolar das crianças. Porém, tais impactos não são homogêneos, variam entre polos extremos de facilidade à dificuldade, associando-se a desempenhos abaixo ou acima do esperado, em diferentes domínios acadêmicos. Conclui-se portanto, que diferentes alterações cerebrais afetam de forma distinta sistemas neurocognitivos subjacentes ao processo de aprendizagem, promovendo dificuldades ou facilidades específicas para subgrupos clínicos.

Dentre as funções neurocognitivas relevantes para o processo de aprendizagem destaca-se a visoespacialidade. As habilidades visoespaciais constituem-se em ferramentas essenciais para habilidades acadêmicas específicas, tais como escrever e desenhar, bem como para disciplinas, notadamente a matemática (Hindal, 2014).

Porém, a visoespacialidade não é um constructo único. Comumente, são identificadas três categorias de habilidades espaciais, a saber, percepção espacial, visualização espacial e rotação mental. A primeira refere-se à capacidade de avaliar como se ordenam os objetos no espaço, e investigar as suas relações no ambiente. Uma boa percepção espacial nos permite compreender a disposição do nosso entorno e a nossa relação com ele. Por sua vez, a visualização espacial é definida como a capacidade para gerar uma imagem mental, avaliar as transformações e armazenar as modificações produzidas. Por fim, a rotação mental inclui a habilidade para recordar mentalmente e subsequentemente rotacionar um objeto no espaço em 2D ou 3D (Oostermeijer, Boonen & Jolles, 2014; Hegarty and Waller, 2005).

No que se refere à aprendizagem da matemática, estudos sugerem que habilidades visoespaciais apresentam significativa correlação com o sucesso obtido em conjunto de tarefas aritméticas, se estendendo para a aritmética não-simbólica (Barnes et al, 2011; Gunderson, Ramirez, Beilock & Levine, 2012; Zhang et al, 2014) e predizendo eventual

provocada pela apropriação pelo indivíduo de produções culturais da sociedade à qual ele pertence. A questão torna-se portanto como tais transformações ocorrem nestas crianças, como se efetua esta gênese.” (Brossard, 2014, p. 299 – Tradução nossa do original em francês. Itálicos no original.

sucesso nas áreas da ciência, tecnologia e engenharia (Tosto et al, 2014). As habilidades visoespaciais envolvem a representação, mudança, geração e recordação simbólica da informação não-linguística. Nesse sentido, a dimensão da visoespacialidade ocupa lugar central na emergência de competências matemáticas, tais como o *senso numérico* (van Nes & Lange, 2007), e na resolução de problemas matemáticos utilizando imagens mentais (Van Garderen & Montagne, 2007).

Por outro lado, pesquisas têm discutido o quanto déficits visoespaciais, notadamente na organização e integração perceptivo-visual, podem ocasionar dificuldades na resolução de atividades matemáticas que exigem: diferenciar e memorizar números pictoricamente similares (6 e 9); dar conta de tarefas topológico-espaciais como ler os ponteiros do relógio; memorizar ordenadamente sequências de dígitos (cuja dificuldade leva a escrever 12 no lugar de 21); estabelecer comparações entre estímulos visuais complexos baseadas em semelhanças e diferenças; alinhar números com respeito ao sistema de valor de lugar em base decimal para execução de operações aritméticas; ordenar números do maior para o menor e vice-versa; compreender o valor da posição de lugar de um número; compreender as relações espaciais (direita-esquerda, em cima/ embaixo); reproduzir figuras geométricas (Miranda & Gil-Llario, 2001).

Pesquisas recentes têm buscado identificar os mecanismos cerebrais envolvidos no processamento cognitivo da visoespacialidade. Lesões cerebrais que ocasionam quadro de negligência unilateral produzem igualmente déficits na capacidade de construção de imagens mentais, bem como sobre a habilidade de processar números espacialmente (Zorzi, Priftis & Umilt, 2002). Foram identificadas diferenças na ativação cerebral de crianças com altas habilidades durante a execução de tarefas de rotação mental (O'Boyle, 2005). Por sua vez, crianças com discalculia do desenvolvimento apresentam déficits estruturais em áreas cerebrais envolvidas no processamento visoespacial (Rykhlevskaia, Uddin, Kondos & Menon, 2009).

Vale ressaltar que o conhecimento acerca das diferentes formas de processamento da aritmética é central para a compreensão do ensino e aprendizagem da matemática em seus primórdios (Zhang & Lin, 2015). No entanto, apesar da constatação da centralidade da visoespacialidade para a atividade matemática, ainda são escassos estudos neste domínio.

Nesse sentido, a partir do exposto, o presente estudo buscou contribuir para a

melhor delimitação do papel da visoespacialidade para o processo de aprendizagem (e o desempenho acadêmico) em matemática, investigando duas condições comumente caracterizadas pela literatura a partir de especificidades em termos do desenvolvimento das habilidades visoespaciais. Tais condições foram, de um lado, a epilepsia idiopática generalizada do tipo ausência, associada a graves déficits visoespaciais (Barnes & Raghobar, 2014; Thomé et al, 2014) e, de outro, o caso de portadores de altas habilidades no domínio acadêmico, associadas a alto desempenho em tarefas envolvendo habilidades visoespaciais (Hindal, 2014; Tosto et al, 2014).

A epilepsia idiopática generalizada do tipo ausência (EIGTA) é caracterizada pela falta de correlação com lesões neurológicas (idiopática), pela presença de descargas epileptiformes que acometem todo o córtex cerebral (generalizada), provocando a suspensão temporária da consciência (ausência). Crianças com EIGTA apresentam déficits significativos em habilidades visoespaciais e memória visual, com preservação das habilidades verbais e da memória verbal. Tais déficits acompanham a criança ao longo do seu desenvolvimento e surgem independentemente do controle medicamentoso das crises, do número de drogas antiepilépticas ministradas, da duração da doença e da frequência das crises (Thomé et al, 2014; You, 2012).

No que se refere ao domínio das altas habilidades, o presente estudo parte do pressuposto defendido por J. Renzulli (2004), segundo o qual estas consistem dos comportamentos que refletem uma interação entre três agrupamentos básicos do funcionamento humano: habilidades gerais e/ou específicas acima da média, elevados níveis de comprometimento com a tarefa e, elevados níveis de criatividade (Hazin, et al, 2009). De forma geral, os estudos indicam que crianças com altas habilidades apresentam resultados significativos superiores em tarefas que envolvem visualização espacial quando comparadas a crianças com desenvolvimento típico. Por sua vez, o uso de imagens visuais tem sido positivamente correlacionado com alto desempenho na resolução de problemas matemáticos (Garderen, 2006).

2. Método

2.1. Participantes:

Foram constituídos dois grupos de crianças, sendo o primeiro constituído por quatro crianças, diagnosticadas com EIGTA, através de EEG, pela mesma equipe médica de um ambulatório especializado em neurologia infantil na Cidade do Recife. Tais crianças

estavam fazendo uso de mesma medicação para controle das crises e em igual dosagem. As crianças são apresentadas, com seus respectivos pseudônimos, a partir dos dados que compõem o quadro abaixo:

Dados ↓	Sujeitos Grupo 1			
	Criança 1 Amanda	Criança 2 Clara	Criança 3 Maria	Criança 4 Hugo
Sexo	Feminino	Feminino	Feminino	Masculino
Idade	10 anos	11 anos	9 anos	11 anos
Tipo Escola	Particular	Pública	Particular	Pública
Nível de Escolaridade	5º ano	6º ano	4º ano	6º ano

Quadro 1: perfil do grupo 1- crianças epiléticas participantes da pesquisa

O segundo grupo foi constituído por quatro crianças com altas habilidades/superdotação no domínio intelectual, avaliadas através do WISC III (QI total acima de 145), acompanhadas no NAAH/S (Núcleo de Atividades de Altas Habilidades/Superdotação) de Recife. As crianças são apresentadas, com seus respectivos pseudônimos, a partir dos dados que compõem o quadro abaixo:

Dados ↓	Sujeitos Grupo 2			
	Criança 1 Marcelo	Criança 2 Arthur	Criança 3 Eduardo	Criança 4 Antônio
Sexo	Masculino	Masculino	Masculino	Masculino
Idade	10 anos	10 anos	9 anos	9 anos
Tipo Escola	Particular	Particular	Pública	Particular
Nível de Escolaridade	5º ano	6º ano	4º ano	5º ano

Quadro 2: perfil do grupo 2- crianças com altas habilidades participantes da pesquisa

Vale aqui ressaltar que este foi um estudo de observação de pequenos grupos, de natureza clínico-qualitativa; nesse sentido, os grupos de observação não podem ser considerados como grupos amostrais. Não obstante, cabe comentar que a desigualdade em termos do sexo na constituição dos dois grupos reflete perfil de incidência deste tipo de epilepsia (predominantemente feminina) na população em geral. Por outro lado, o grupo de crianças que participava de trabalho junto ao NAAH/S em Recife, no momento da coleta dos dados, era exclusivamente masculino.

2.2. Instrumentos e Procedimento

a) Primeira Sessão - Avaliação Neuropsicológica:

A primeira etapa do estudo foi realizada nas dependências de uma clínica escolar de psicologia, em sessão individual única, com duração aproximada de uma hora. As crianças de ambos os grupos foram submetidas a uma bateria de testes psicológicos e neuropsicológicos que investigam diferentes dimensões das habilidades visoespaciais.

a.1. Subteste “Cubos” da Escala de Inteligência para Crianças WISC III (Wechsler, 2002) avalia as habilidades para perceber, analisar formas, percepção visoespacial, coordenação visomotora espacial, organização e velocidade perceptual, no interior de uma atividade de construção bi-dimensional (praxia construtiva). Para cada modelo é estipulado um tempo-limite. A criança recebe uma caixa contendo nove cubos iguais. Cada cubo tem duas faces vermelhas, duas brancas e duas metade vermelha e metade branca. A criança deverá usar os cubos para reproduzir os modelos impressos apresentados pelo avaliador. A dificuldade de execução da tarefa vai aumentando gradativamente, bem como o número de cubos que serão utilizados. A criança faz modelos com 2, 4 e 9 cubos.

a.2. Teste das Figuras Complexas de Rey (Rey, 2010)

o Teste das Figuras Complexas de Rey avalia a atividade perceptiva e da memória visual, em duas etapas: cópia e reprodução de memória de uma figura que não possui uma significação evidente; de fácil realização; e com uma estrutura de conjunto com um certo grau de complexidade, exigindo portanto uma atividade perceptiva analítica e organizadora. solicita-se à criança que copie da melhor maneira possível o modelo apresentado, considerando os elementos e as proporções do desenho. ao final o modelo é retirado e no máximo 3 minutos depois solicita-se que ela refaça o modelo a partir dos elementos que consegue recuperar.

a.3. Subteste Aritmética do Teste de Desempenho Escolar – TDE (Stein, 1994)

O TDE avalia as capacidades fundamentais para o desempenho escolar do 2º ao 7º ano do Ensino Fundamental, sendo composto por três Subtestes (Escrita, Aritmética e Leitura). No presente estudo foi utilizado o Subteste Aritmética, composto por 3 problemas orais (para o 1º e 2º ano) e 35 problemas envolvendo cálculo de operações aritméticas por escrito (para todas as séries), também em ordem crescente de dificuldade.

a) Segunda Sessão - Instrumento de avaliação da atividade matemática:

A segunda etapa do estudo foi realizada em sessão individual, realizada nas dependências de uma clínica escola de psicologia, com duração aproximada de uma hora. O objetivo desta etapa foi fazer um levantamento do perfil de desempenho apresentado pelas crianças dos Grupos 1 e 2 em suas atividades matemáticas na escola. Para tanto, elaborou-se um instrumento composto por 20 questões, fruto do recorte de diferentes outros instrumentos de avaliação de redes públicas de educação municipais, estaduais e nacionais, utilizando-se igualmente de questões de pesquisa propostas por estudiosos da educação matemática, assim como questões propostas pelos próprios pesquisadores. O instrumento foi construído buscando-se avaliar atividades representativas do rol de competências e habilidades preconizadas para os níveis de escolaridade observados (Parâmetros Curriculares Nacionais, MEC), abrangendo basicamente: a) Habilidades algorítmicas e compreensão do sistema numérico decimal; b) Estruturas aditivas; c) Estruturas multiplicativas; d) Imagem mental de propriedades de sólidos geométricos; e) Compreensão de medidas usuais no contexto cultural das crianças, como a mensuração do tempo em relógios analógicos e o manejo do sistema de referência sexagesimal (1 hora=60 minutos):

3. Resultados

Conforme aludido anteriormente, a pesquisa aqui relatada buscou comparar grupos de crianças com epilepsia idopática generalizada do tipo ausência (G1) e grupo de crianças com altas habilidades (G2), de forma a obter subsídios acerca do papel das habilidades visoespaciais para o desempenho escolar em matemática. Para isso, os sujeitos dos dois grupos foram submetidos às ferramentas de avaliação acima descritas, tendo-se obtido os seguintes resultados:

Subteste *Cubos*

Grupos	Sujeitos	Pontos ponderados
G1	Clara	7
	Hugo	7
	Maria	10
	Amanda	8
G2	Marcelo	17
	Antônio	19
	Arthur	19
	Eduardo	19

Quadro 3: Resultados obtidos pelos grupos 1 e 2 no Subteste Cubos (resultados ponderados).

Conforme se vê acima, os resultados obtidos pelas crianças do G1 situam-se em termos médios e modais abaixo da média de referência populacional ponderada; no caso das crianças do G2, tais resultados não só evidenciam escores médios e modais acima da média, mas três dentre os quatro escores atingem o valor máximo de mensuração.

Teste das Figuras Complexas de Rey

Grupos	Sujeitos	Pontos Percentis	
		Cópia	Reprodução de Memória
G1	Clara	25	25
	Hugo	25	25
	Maria	25	25
	Amanda	25	25
G2	Marcelo	50	75
	Antônio	100	100
	Arthur	100	100
	Eduardo	100	100

Quadro 4: Resultados obtidos pelos grupos 1 e 2 no Teste das Figuras Complexas de Rey (Faixas de Percentis: 25, 50, 75, 100).

Novamente aqui se constata nítida diferença entre os dois grupos neste teste, com as crianças do G2 atingindo a faixa máxima de percentis de resultados previstos.

Subteste Aritmética do TDE

Grupos	Sujeitos	Classificação
G1	Clara	↓
	Hugo	↓
	Maria	↑
	Amanda	↓
G2	Marcelo	↑
	Antônio	↑
	Arthur	↑
	Eduardo	↑

Quadro 5: resultados obtidos pelos grupos 1 e 2 no TDE, Subteste Aritmética (Legenda: ↑ = resultado superior à média de referência da população para o teste; ↓ = resultado inferior à média).

O padrão de diferenciação dos dois grupos, em termos gerais, se repete aqui de forma consistente com os demais resultados.

Instrumento de Avaliação de Desempenho em Matemática:

Grupos	Sujeitos	Número de acertos (Escore Máximo: 29)
G1	Clara	23
	Hugo	12
	Maria	17
	Amanda	19
G2	Marcelo	25
	Antônio	28
	Arthur	29
	Eduardo	25

Quadro 6: resultados obtidos pelos Grupos 1 e 2 no instrumento de avaliação de desempenho em matemática.

Convém aqui comentar não somente a distância quantitativa dos escores, em que se repete a tendência dos resultados anteriores no sentido de clara superioridade de escores do grupo de crianças com altas habilidades, mas principalmente o tipo de erro apresentado pelo grupo de crianças com epilepsia. Apresenta-se a seguir dois exemplos de erros típicos cometidos pelo G1 e que têm relação direta com habilidades visoespaciais, conforme ilustrado a seguir.

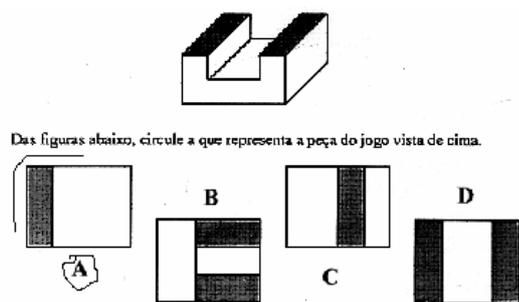
- Reprodução de protocolo do Sujeito Amanda – G1

2. Arme e efetue:

$$\begin{array}{r} 847 \\ + 5 \\ + 98 \\ \hline 932 \end{array}$$

Verifica-se no extrato de protocolo significativa dificuldade para alinhar adequadamente os algarismos dos números a serem operados no algoritmo da adição com reserva, preservando-se os lugares de unidades, dezenas e centenas.

- Reprodução de protocolo do Sujeito Hugo – G1



Esta tarefa exige que a criança represente mentalmente a figura resultante da rotação da figura-estímulo proposta, cabendo a esta optar por uma das figuras (representadas pelas letras A a D) fornecidas. Neste tipo de tarefa, tipicamente, as crianças do grupo 1 apresentaram dificuldades.

De forma geral os dados aqui apresentados permitem o estabelecimento de relações entre o nível de desempenho escolar em matemática e o nível de desempenho em instrumentos de avaliação das dimensões das habilidades visoespaciais. O baixo desempenho do grupo de crianças com epilepsia sugere a presença de comprometimento no desenvolvimento das habilidades visoespaciais, traduzidas em erros específicos identificados na produção das crianças no instrumento de avaliação do desempenho matemático. Tais erros envolveram basicamente as habilidades visoespaciais de rotação mental e memória visoespacial.

Por outro lado, o subgrupo de crianças com altas habilidades, apresentou perfil de desempenho superior à média na avaliação das habilidades visoespaciais. Tal desempenho vem acompanhado igualmente de rendimento superior à média esperada no instrumento matemático, o que aponta para uma relação positiva entre o desenvolvimento das habilidades visoespaciais e o desempenho escolar em matemática.

4. Discussão

As habilidades visoespaciais são um componente multifacetado da inteligência, apontado por estudos como preditor válido para o sucesso ocupacional em áreas distintas da ciência, tecnologia, engenharia e matemática. Porém, tal habilidade vem sendo sistematicamente negligenciada nos processos avaliativos e não ocupa a prioridade alcançada pela linguagem.

O presente artigo fornece dados para a discussão acerca da importância e gênese da

visoespacialidade para a atividade matemática, entendendo-se por visoespacialidade a competência representacional fundada na mobilização de imagens mentais em termos de topologia e orientação no espaço, identificação de formas e relações espaciais e representação (eventualmente antecipatória) de translações. Tal discussão fornece pistas relevantes para o enfrentamento de dificuldades na aprendizagem da matemática, bem como para uma reflexão crítica acerca do lugar da linguagem na emergência e organização funcional dos processos psicológicos superiores.

A concepção de uma forma de organização do pensamento caracterizada mais por imagens do que por palavras é igualmente ressaltada, enquanto característica pessoal, por crianças com dificuldades de aprendizagem, em especial a dislexia e os transtornos invasivos do desenvolvimento e crianças com altas habilidades (Woolner, 2004). Por outro lado, os domínios espacial e verbal, enquanto modelos diferentes de organização do pensamento, têm sido relacionados a duas visões de mundo. O sistema sequencial, profundamente influenciado pela audição, caracteriza uma aprendizagem envolvida na análise, ordenamento do conhecimento do simples ao complexo, categorizações e raciocínio linear e dedutivo. Por outro lado, o sistema espacial parte fortemente da visão e visualização, envolvendo síntese, intuição, processamento simultâneo de conceitos, raciocínio indutivo, ativação de imagens e a combinação de elementos que geram e produzem novas formas (Silverman, 2008).

No domínio das Neurociências, o sistema de pensamento sequencial tradicionalmente foi relacionado ao hemisfério cerebral esquerdo, enquanto o sistema espacial conectava-se ao hemisfério cerebral direito. Entretanto, estudos recentes nos domínios da educação matemática e da neuropsicologia têm demonstrado que os limites entre os dois sistemas não são tão nítidos quanto se poderia crer, notadamente no que se refere ao funcionamento cerebral de crianças com altas habilidades, como discutido nas seções a seguir (Silverman, 2008; Woolner, 2004).

Muito se tem discutido, na comunidade de pesquisa em psicologia da educação matemática, acerca do papel das representações simbólicas no processo de construção conceitual em matemática, bem como na explicação de dificuldades de aprendizagem e proposição de iniciativas didáticas para a suplantação de tais dificuldades.

Os dados aqui apresentados buscam chamar a atenção para o fato de que o domínio visoespacial, apesar de seu caráter claramente semiótico, precede a linguagem (Luria,

1981), e têm concomitante corpóreo (neuropsicológico) a considerar. Em relação a este último aspecto, funções relacionadas a visoespacialidade guardam relação com a construção de imagens acima referida, o que traz para o debate acerca da aprendizagem de conteúdos em matemática aspectos referentes à neuropsicologia da atividade matemática.

A verificação da importância da visoespacialidade, contudo, deve ser interpretada à luz dos últimos achados neurocientíficos, que mostram clara integração funcional, notadamente em crianças com altas habilidades, entre loci cerebrais relacionados à visoespacialidade e loci relacionados à linguagem: tais atividades têm sua especificidade, diretamente relacionadas aos seus hemisférios dominantes, porém se integram no âmbito de processo complexo potencializando o resultado final.

Não obstante, o pólo visoespacial é crucial para várias atividades matemáticas escolares, notadamente aquelas vinculadas à proceduralidade algorítmica (“armar” e efetuar adequadamente contas com reserva) e aquelas referentes à representação e manipulação mental do espaço geométrico. Entretanto, a plasticidade, característica primordial da espécie humana, em suas dimensões cerebral, cognitiva e social, abre possibilidades importantes para a incorporação de próteses culturais ao funcionamento cognitivo dos indivíduos.

Conforme discutido por Luria (1981) na proposição dos denominados Sistemas Funcionais, indivíduos com restrições/afecções neuropsicológicas, podem atingir patamares de aprendizagem e desempenho esperados para a sua faixa de idade e escolaridade através de caminhos peculiares, mas igualmente eficazes. O cérebro humano, em sua *simplexidade* (“simplicity” ou “simplicidade complexa”, cf a expressão cunhada por Alain Berthoz, in Berthoz, 2010), notabiliza-se por ter filogeneticamente desenvolvido soluções as mais simples possíveis para dar conta da tarefa de sobrevivência da espécie – como é o caso simples e ilustrativo da habilidade de rastreo visual do movimento contínuo, e sobretudo da construção de mundos a partir de uma capacidade imagética que lhe é peculiar (Berthoz, 2012) como mostram os dados sobre visoespacialidade no presente estudo).

Tais soluções, simples e eficazes em sua ação específica, se complexificam na medida em que se considera que podem ser executadas por uma diversidade considerável de caminhos e substratos de rede cortical (flexibilidade executiva), e podem dar conta de uma diversidade considerável de tarefas a partir de uma mesma circuitaria (flexibilidade

estrutural) – isso sem falar no nível específico de diversidade a que se chega pela patologia, como no caso da epilepsia.

Esses dados, à luz da perspectiva histórico cultural do desenvolvimento das funções psicológicas superiores, abrem caminho para uma contextualização produtiva das dificuldades escolares das crianças, dificuldades que refletem, em última análise, a luta heróica, honesta e não menos humana destas crianças para se apoderarem do acervo que ferramentas culturais (escolares) que se espera que elas tomem posse, e elas o farão, mas com os meios e pelos caminhos específicos de cada uma delas.

A unidade de análise da psicologia do desenvolvimento compromissada com a assistência ao esforço pedológico é a consideração, compreensão e elucidação desse *drama* em sua integridade. Drama que, em termos de epistemologia, Roland Barthes recuperou muito bem para as ciências sociais – e cabe aqui incluir a psicologia: “La science unique de l’être unique”.⁴

6. Referências Bibliográficas

Barnes, M. & Raghobar, K. (2014). Mathematics Development and Difficulties: The Role of Visual–Spatial Perception and Other Cognitive Skills. *Pediatric Blood Cancer*, 61, 1729–1733.

Barnes, M. A., Stubbs, A., Raghobar, K. P., Agostino, A., Taylor, H., Landry, S., et al. (2011). Mathematical skills in 3- and 5-year-olds with spina bifida and their typically developing peers: A longitudinal approach. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17, 431–444

Berthoz, A. (2010) *La simplexity*. Paris, Odile Jacob.

Berthoz, A. (2012) *La vicariance: le cerveau createur de mondes*. Paris, Odile Jacob.

Berthoz, A., Debru, C. (2015) *Anticipation et prédiction: du geste au voyage mental*. Paris, Odile Jacob.

Brossard, M. (2014) *Monde de l aculture et développement humain*. IN: Moro, C., Muller-Mirza, N. (Orgs.) *Sémiotique, culture et développement psychologique*. Villeneuve d’Ascq, Presses Universitaires du Septentrion.

Garderen D. (2006). Spatial Visualization, Visual Imagery, and Mathematical Problem Solving of Students With Varying Abilities. *Journal of Learning Disabilities*, 39 (6), 496-506.

Gunderson, E. A., Ramirez, G., Beilock, S. L., & Levine, S. C. (2012). The relation between spatial skill and early number knowledge: The role of the linear number line. *Developmental Psychology*, 48, 1229–1241.

⁴ *A ciência única do ser único – in Barthes, La Chambre Claire.*

- Hazin, I; Lautert, S.; Falcão, J; Garcia, D; Gomes, E & Vieira, M. (2009). Contribuições do WISC III para compreensão do perfil cognitivo de crianças com altas habilidades. *Avaliação Psicológica*, 8 (2), 255-265.
- Hegarty, M & Waller, D. (2005). Individual differences in spatial abilities. *The Cambridge handbook of visuospatial thinking*, 121–169.
- Hindal, H. (2014). Visual-spatial learning: a characteristic of gifted students. *European Scientific Journal*, 10 (13), 557-574.
- Luria, A.R (1981). *Fundamentos de neuropsicologia*. São Paulo: Edusp.
- Miranda, A. & Gil-llario, M. (2001). Las dificultades de aprendizaje em las matemáticas: concepto, manifestaciones y procedimientos de manejo. IN: *Revista de Neurologia Clinica*, 2(1), 55-71.
- Oostermeijer, M; Boonen, A. & and Jolles, J. (2014). The relation between children’s constructive play activities, spatial ability, and mathematical word problem-solving performance: a mediation analysis in sixth-grade students. *Frontiers in Psychology*, 5, 1-9.
- Rey, A. (2010). *Teste das Figuras Complexas de Rey*. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Stein, L. (1994). *Teste de Desempenho Escolar*. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Thomé, U. & Cols (2014). Developmental dyscalculia in children and adolescents with idiopathic epilepsies in a Brazilian sample. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, 72 (4), 283-288.
- Tosto, M e Cols (2014). Why do spatial abilities predict mathematical performance? *Developmental Science*, 17 (3), 462-470.
- Veresov, N. (2015). Loi génétique générale du développement culturel et “événement dramatique” IN: *Émotions, perezhivanie et développement culturel: le projet inachevé de Lev Vygotski*, L. S. (2012). IN: Moro, C., Muller-Mirza, N. (Orgs.) *Sémiotique, culture et développement psychologique*. Villeneuve d’Ascq, Presses Universitaires du Septentrion.
- Vygotski, L.S. (2012) *Analyse paidologique du processus pédagogique*. IN: Yvon, F., Zinchenko, Y. (Eds.) *Vygotski penseur de l’enseignement et de l’éducation, recueil de textes et de commentaires*. Moscou, Université d’État de Moscou Lomonossov.
- Vygotski, L.S. (2014). *Histoire du développement des fonctions psychiques supérieures*. Paris : La Dispute.
- You, S (2012). Cognitive function of idiopathic childhood epilepsy. *Korean Journal of Pediatrics*, 55 (5), 159-163.
- Wechsler, D. (2002). *Escala Wechsler de Inteligência para Crianças - Third Edition*. São Paulo: Casa do Psicólogo.
- Zhang, X. & Lin, D. (2015). Pathways to arithmetic: The role of visual-spatial and language skills in written arithmetic, arithmetic word problems, and nonsymbolic arithmetic. *Contemporary Educational Psychology*, 4, 188–197
- Zhang, X., Koponen, T., Räsänen, P., Aunola, K., Lerkkanen, M.-K., & Nurmi, J.-E. (2014). Linguistic and spatial skills predict early arithmetic development via counting sequence knowledge. *Child Development*, 128, 1091–1107