



**Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação
da Universidade do Porto**

Mestrado em Temas de Psicologia

**Representação Espacial Numérica e relação com capacidades
lógico-matemáticas: os processos de *Subitar* e Contar**

Tese de Mestrado em Temas de Psicologia

Edgar Martins Mesquita

Dissertação Apresentada na Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade do Porto, sob orientação do Professor Doutor Manuel Fernando dos Santos Barbosa, para obtenção do Grau de Mestre em Psicologia na área da Psicologia da Linguagem e Neuropsicologia.

Porto, 2009

Resumo

Quando se tenta enumerar quantidades de estímulos de magnitudes iguais ou inferiores a quatro é rara a ocorrência de erros, ao passo que a partir deste valor a percentagem destes começa a aumentar. Ocorre o mesmo em relação ao tempo de reacção. Para este processo de enumeração rápida de estímulos de amplitude de um a quatro toma-se o nome de *subitização*. Várias teorias têm tentado explicar este processo. A teoria FINST sugere que cada ser humano possui um número máximo de *locus* de indexação (± 4) o que permite à atenção focal movimentar-se sem ter de escrutinar todo o ambiente visual. Este estudo pretendeu comprovar a existência de uma relação entre a capacidade de contar pontos negros em fundo branco (tarefa utilizada em várias investigações para estudar o mecanismo de *subitização*) e as competências matemáticas. Foram também estudados os efeitos de padronização no funcionamento deste processo. Os participantes participaram em duas tarefas distintas: numa tinham de contar pontos, de diferentes magnitudes, que surgiam num ecrã de computador de forma aleatória (um até dez pontos) em configurações visuais aleatórias ou canónicas; noutra responderam à subescala aritmética da WAIS-III. Os resultados encontrados sugeriram a existência de uma relação forte entre as capacidades anteriormente referidas, bem como a existência de uma amplitude de *subitização* e ainda redução de tempos de reacção quando os estímulos são do tipo canónico. Trabalhos futuros poderão estudar o mesmo em crianças e desenvolver uma prova de detecção precoce de dificuldades de aprendizagem na matemática.

PALAVRAS CHAVE: *Subitização*, contar, *locus* de indexação, capacidades lógico-matemáticas

Abstract

When trying to enumerate quantities of stimulus which magnitude doesn't surpass four that is less error prone than when this magnitude goes beyond the referred number. The same occurs when reaction time is measured. This rapid enumeration process of stimulus which magnitude doesn't exceed four is called *subitizing*. Several theories have tried to explain this process. FINST theory suggests that each human being possesses a maximum number of indexation *locus* (± 4) which allows focal attention to move amongst the environment without having to scrutinize the whole visual scene. This study had the goal of proving the existence of a relation between the capacity of counting black dots in a white background (task used in several investigations to study the mechanism of *subitizing*) and mathematical accomplishments. Canonical effects were also studied in which regards to this process. Participants took part in two distinct tasks: one that involved counting dots in a computer screen (one to ten dots presented randomly) in random or canonical configurations; and another to respond to the WAIS-III arithmetic subscale. Results suggested the existence of a strong relation between the previously referred capacities, the existence of *subitizing* amplitude and also the reaction time reduction in the presence of canonical stimulus. Future investigation can extend the work to children and develop a way to detect early mathematical difficulties.

KEY WORDS: *subitare, subitizing, counting, indexation locus*

Resumé

Lorsque nous tentons d'énumérer le nombre de stimulations dont les quantités maximales ne dépassent pas le chiffre quatre, nous constatons que le taux d'erreur est quasi inexistant alors qu'à l'inverse, excédant ce chiffre clef, nous découvrons que les incertitudes croissent. Cette déduction s'applique aussi au principe même du temps de réaction. Ce processus rapide d'énumération dont les quantités ne dépassent pas la valeur de quatre est plus communément appelé " l'appréhension numérique immédiate" (ou *subitizing*). De très nombreuses théories ont tenté d'éclairer ce processus. La théorie de Finst par exemple suggère que chaque être humain possède un nombre maximum de locus d'indexation (± 4) qui permet aux individus de se concentrer sur une visée précise sans avoir à scruter tout le champ de vision aux alentours. Cette étude avait comme but de prouver une relation quelconque entre la capacité de l'homme à compter des points noirs sous fonds blancs (exercice exécuté lors de diverses recherches étudiant le mécanisme même de l'appréhension numérique immédiate) et les compétences mathématiques. Les formes canoniques intrasèques furent également examinées lors de cette recherche. Les participants à cette analyse ont procédé à deux exercices distincts. En effet, le premier exercice consistait à compter sur un écran d'ordinateur un avatar de points qui apparaissaient de manière aléatoire (de un à dix points), sous des configurations contingentes ou bien canoniques; le second exercice consistait à procéder aux tests arithmétiques de la WAIS III. Les résultats finaux ont montré l'existence d'une relation étroite entre les capacités précitées ci-dessus, l'existence de l'appréhension numérique immédiate (*subitizing*) mais également la réduction du temps de réaction par la présence de formes canoniques intrasèques. De futures recherches vont être effectuées sur des enfants qui tenderont à détecter de manière précoce certaines difficultés qui peuvent survenir très jeunes lors l'apprentissage des mathématiques.

MOT – CLÉ: *Subitizing*, compter, locus d'indexation, compétences mathématiques

À minha mãe, por tudo.

Ao meu orientador Doutor Fernando Barbosa pela orientação, paciência e por deixar inteiramente nas minhas mãos a escolha do tema, algo que verdadeiramente apreciei.

À Sofia por estar sempre disponível para me emprestar tudo e mais alguma coisa... e nunca ter reclamado.

A todas as minhas amigas da faculdade que vou levar no coração para sempre.

Índice

Introdução geral	
I. Enquadramento teórico-conceptual	2
1.1. Definições conceptuais	3
1.2. A teoria Finger of Instantiation (FINST).....	9
1.3. Especificidades da indexação individual em face da atenção focalizada	10
1.4. A relação entre a curva de desenvolvimento e a eficácia na tarefa de enumeração .	12
1.5. Dissociação dos processos de subitar e contar à luz dos dados neuropsicológicos..	13
1.6. Razões e objectivos do estudo	14
II. Metodologia	15
2.1 Participantes	15
2.2. Aparato e procedimento experimental.....	15
2.2.1 Materiais	15
2.2.2 Construção dos estímulos e procedimento experimental.....	16
III. Resultados	20
3.1. Testes à Hipótese 1: o desempenho em tarefas de enumeração está relacionado com o desempenho em tarefas de raciocínio lógico-matemático	23
3.2. Testes à Hipótese 2: confirma-se a amplitude do processo de <i>subitização</i> entre 1 e 4 itens aleatoriamente apresentados, tomando como medida o maior aumento dos tempos de reacção entre os estímulos de quatro e os estímulos de cinco itens	27
3.3. Testes à Hipótese 3: a organização dos itens em padrões canónicos diminui os tempos de reacção na tarefa de enumeração.....	28
IV. Discussão	29
V. Conclusões finais	34
Referências Bibliográficas	35
Anexo 1	38
Anexo 2	42

Introdução Geral

O presente trabalho visou preencher uma lacuna ao nível da literatura relacionada com a temática da enumeração de estímulos apresentados visualmente e a sua associação com capacidades de resolução de problemas aritméticos; algo já referenciado mas nunca comprovado. Visou também trazer alguma luz à controvérsia existente entre as duas teorias vigentes, quando se trata de literatura acerca da já referida temática. Para além disto tentou ainda dar o primeiro passo na possível construção de uma prova que permita identificar precocemente dificuldades na área da matemática em crianças. Pretendeu ainda estimular a investigação realizada no nosso país para áreas mais relacionadas com a neuropsicologia da matemática, no nosso entender muito importante para compreender alguns aspectos da cognição humana.

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos. No primeiro, enquadramento teórico-conceptual, são explanados os conceitos e teorias relevantes inerentes ao tema, bem como propostas algumas novas designações para termos utilizados exclusivamente na literatura internacional. O segundo capítulo prende-se com os fundamentos metodológicos utilizados neste estudo. Procurou-se adoptar uma metodologia de cunho experimental uma vez que é a mais adequada para estudos com este cariz. No capítulo terceiro são apresentados os resultados referentes às três hipóteses em estudo, que pretenderam dar respostas às questões levantadas aquando da extensa revisão bibliográfica efectuada. O quarto capítulo trata da discussão dos resultados. Neste encontra-se uma reflexão acerca dos produtos da investigação, comparando-os com outros estudos e também ilações retiradas acerca das novas descobertas que este estudo proporcionou. Salienta-se ainda a discussão acerca das limitações inerentes ao estudo. No quinto capítulo são tecidas algumas considerações acerca das principais conclusões da investigação e também lançadas algumas pedras para futuras pesquisas.

I. Enquadramento teórico-conceptual

“Estimating the number of distinct objects in the visual field appears to be a very basic ability of human perception and cognition. It has been speculated that this may be the basis for all mathematical accomplishments”

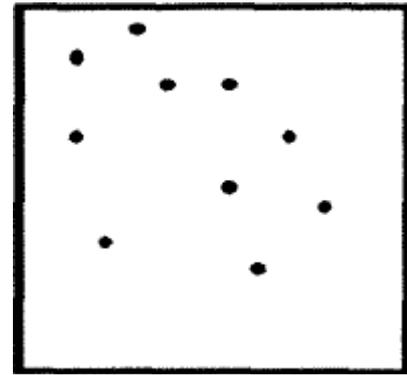
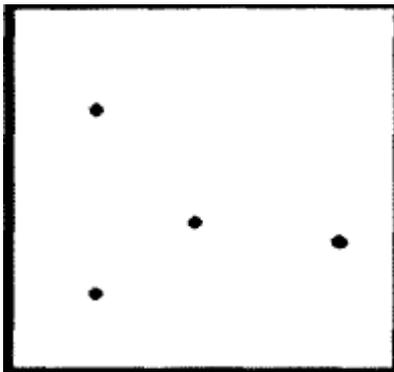
Wender & Rothkegel (2000, p. 81)

1.1. Definições conceptuais

A relação entre a capacidade de contagem de objectos distintos no campo visual e a proficiência na resolução de problemas que apelem para competências aritméticas é algo que, apesar de inferido, não foi até ao momento definitivamente comprovado.

Trick e Pylyshyn (1994) iniciam o seu artigo acerca da influência da curva de desenvolvimento na eficácia de uma simples tarefa de enumeração (referir quantos elementos estão em determinada cena visual) de objectos num ecrã de computador, com uma proposta: suponha-se uma tarefa que consiste em dizer, o mais rápido possível e com tempo limitado, quantos pontos existem num ecrã de fundo branco, tal como o esquematizado nas figuras 1 e 2. Com certeza que esta tarefa não representa dificuldades de maior no que toca à figura 1, ao passo que para a figura 2 é mais demorado e difícil arriscar um valor numérico e fica-se sem ter realmente a certeza de quantos pontos se encontravam na mesma.

Reside nesta diferença de desempenho uma das principais discussões do último século ao nível do processo de enumeração com base em estímulos visuais. Quando o objectivo é contar um número de pontos semelhante ao encontrado na figura 1 a tarefa é relativamente simples e isenta de erros, ao passo que fazer o mesmo em relação à figura 2 exige um processo de contagem mais elaborado e propenso a erros.



Figs. 1 (esq.) e 2 (dir): figuras apresentadas por Trick e Pylyshyn (1994, p. 81) para ilustrar os processos de *subitar* e contar

Uma das estratégias utilizadas frequentemente para facilitar a contagem é agrupar visualmente os pontos em subconjuntos, o que diminui com certeza, o tempo de reacção. O ser humano nasce equipado com uma capacidade quase inata de economia e gestão de esforço cognitivo como forma de potenciar o processamento cerebral e a estratégia de agrupamento consiste numa das mais poderosas ferramentas à sua disposição (Vecera & Behrmann 1997). Ao fixar-se o olhar num ponto imaginário correspondente à intersecção das duas rectas que bissectam o quadrado da figura 1 o número quatro surge quase instintivamente e sem muito esforço. Contudo, a realização do mesmo exercício em relação à figura 2 é seguramente mais difícil e, para a grande maioria das pessoas, impossível de realizar correctamente sem recorrer ao método de análise total do quadrado somando todos os pontos.

Uma das principais diferenças de desempenho a salientar nestas duas tarefas é a diferença de tempo necessário para a sua realização. Se na figura 1 a resposta surge subitamente, além de praticamente sem esforço, já na figura 2 são necessários certamente um ou dois segundos até se ter suficiente confiança para avançar com um número que se pensa poder ser o correcto.

Estas tarefas de enumeração são habitualmente realizadas através da apresentação de pontos negros em fundo branco de computador. A experiência inicia-se com a apresentação de um ecrã branco com um ponto de fixação no centro para ajudar à focalização do olhar, ao que se seguem imagens de diferentes números de pontos por ecrã e com “intervalos brancos” para prevenir qualquer efeito de reposicionamento no ecrã que facilite uma resposta (e.g. Trick & Pylyshyn, 1993, Trick & Pylyshyn 1994).

Jevons (1871, *cit. in* Trick, Enns & Brodeur, 1996) foi o primeiro a aperceber-se que existiam diferenças entre as tarefas de enumeração de pequenos e grandes conjuntos de objectos. Este autor referiu que a enumeração de pequenos conjuntos parecia acontecer toda de uma vez e acertadamente, ao passo que a outra era sequencial e mais propícia à ocorrência de erros. Nesta última situação, reparou que a maioria dos indivíduos (adultos no caso) percorriam o ecrã dividindo-o em áreas mais pequenas, contando o número de pontos por área e somando-o a um total que ia sendo actualizado ao longo da busca. Esta forma de contagem activa foi denominada de “agrupar e somar” (Klahr & Wallace, 1976).

Como já se viu, a tarefa de enumeração de pequenos conjuntos de itens tem características distintas da de enumeração de largos conjuntos de itens. Nos primeiros casos a eficácia é elevada e os tempos de reacção registam subidas ligeiras de 100ms por cada item adicionado ao conjunto, até aos quatro itens; a partir daí a eficácia tende a descer e os tempos de reacção a subir para 300ms por item (Watson, Maylor & Bruce, 2002). Estas diferenças causam uma curiosa dissociação entre os tempos de reacção destes dois conjuntos.

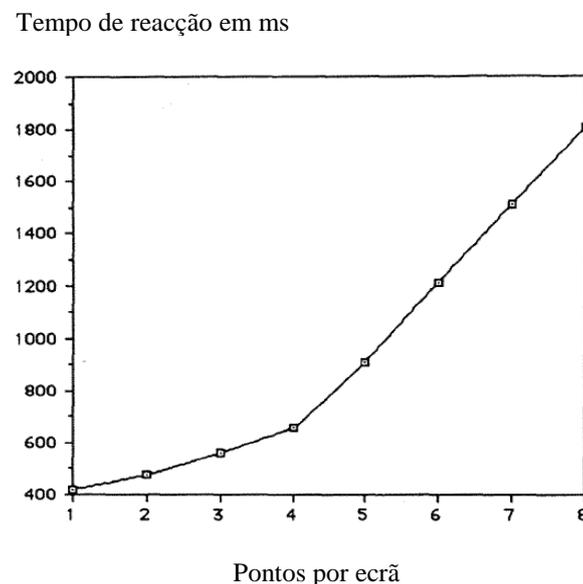


Fig. 3: Tempos de reacção de uma tarefa de contagem de pontos negros em fundo branco (Trick & Pylyshyn (1994, p. 81)

Na figura 3 observa-se um claro salto em termos de tempo de reacção a partir do item quatro. Como pode verificar-se existe um incremento de 200ms para que sejam identificados cinco pontos em relação aos quatro já referidos. Esta dissociação representa o ponto-chave com base no qual Kaufman, Lord, Reese e Volkmann (1949) cunharam o termo *subitizing* distinguindo-o do processo de *counting* (contagem com base em estimativas). Para estes autores *subitizing* seria a palavra certa a escolher porque deriva do termo *subitare* do latim clássico (ou seja não é propenso a alterações) que significa apreensão súbita ou imediata. Assim o acto de *subitare* consistiria na enumeração rápida e correcta de conjuntos de itens com amplitudes de um até quatro. A partir desse valor o sujeito seria forçado a um processo de estimativa, pelo que o tempo de reacção teria de aumentar, bem como a percentagem de erros. Como até à data ainda não foi proposta qualquer adaptação deste termo para o português europeu opta-se por denominar este processo de *subitização* e *subitar* a sua conjugação verbal, mantendo a raiz latina original.

Ao longo dos últimos anos várias teorias têm sido propostas para explicar este fenómeno. Klhar (1973) sugeriu que as diferenças dos tempos de reacção entre os julgamentos de *subitização* e *pós-subitização* se deviam à capacidade limitada da memória operatória.

Por sua vez, Oyama, kykuchi e Ichiara (1981) propuseram a existência de dois processos paralelos de quantificação: um rápido, para poucos estímulos que permite a apreensão de um ponto por cada 40ms; e um outro mais lento, para mais do que quatro pontos (um por 60ms).

Numa outra direcção, a teoria de reconhecimento de padrões proposta por Mandler e Shebo (1982) defendeu que os humanos são capazes de *subitar* pequenas quantidades porque estas apelam para reconhecimento de padrões de formas canónicas: ou seja dois itens formam um segmento de recta, três formam habitualmente um triângulo e quatro são facilmente configuráveis em quadriláteros, como quadrados, rectângulos ou losangos. Contudo, estudos têm demonstrado que mesmo quando quantidades de três e quatro itens não permitem padrões imediatamente reconhecíveis o “salto temporal” para o item cinco ocorre de igual forma. Esta hipótese foi corroborada por Wolters, Kempen e Wijhuizen (1987) e, mais recentemente, por Wender e Rothkegel (2000), que através de ensaios de treino, favorecendo a aprendizagem de

padrões que se mantinham constantes, conseguiram estender a amplitude da *subitização* para valores superiores a cinco.

Uma última tese – a Teoria das Densidades - proposta por Atkinson, Campbell e Francis (1976) postulou que a razão pela qual se torna possível *subitar* reside nas características dos objectos; mais especificamente, apenas os estímulos que envolvessem níveis de processamento baixo seriam qualificados para a *subitização*. Contudo, sabe-se hoje que os humanos são capazes de *subitar* até objectos tridimensionais e de elevado grau de complexidade (Basak & Verhaeghen, 2003).

Qual será então a melhor forma de explicar o mecanismo de *subitização* e a capacidade de *subitar*? Começando pelos aspectos sensoriais, como a enumeração é um processo que tem sido estudado quase exclusivamente através da modalidade sensorial da visão¹, convém explicitar de que forma os nossos olhos perscrutam determinada cena visual. A teoria do processamento visual que reúne mais consenso entre a literatura é a Teoria Geral da Visão de Marr (1982).

O processamento visual segundo Marr (*id.*) envolve duas fases. A primeira, pré-atencional, onde a análise ocorre de forma paralela e toda a cena é apreendida de forma simultânea. É aqui que ocorrem os fenómenos de agrupamento e codificação de características tais como cor, luminosidade e orientação espacial. As discontinuidades são assinaladas e cada uma é indexada no que Marr designa de *place token*, que aqui se optará por traduzir por *locus* de indexação. Este *locus* consiste num local abstracto do substrato cognitivo onde é sediado cada objecto a indexar. Por exemplo um ponto negro num fundo branco consiste numa discontinuidade de cor e luminosidade, logo é indexado como um objecto diferenciado, assim como o fundo branco que o envolve. Salienta-se, assim, não a importância do tamanho de cada item a indexar, mas sim a conjugação das suas características e propriedades *gestálticas* com outros itens. Relações de proximidade, semelhança ou os princípios da boa continuidade e do fim comum interagem entre si formando o objecto final da atenção. São disso exemplos as

¹ Num estudo muito interessante levado a cabo por Riggs, Ferrand, Lancelin, Fryziel e Dumur (2006) concluiu-se que o *subitare* ocorre não só na percepção visual como táctil. Este estudo contraria a hipótese de reconhecimento de padrões de Mandler e Shebo (1982), uma vez que segundo estes autores este processo ocorre devido ao simples reconhecimento de padrões canónicos. Riggs, et al (2006) concluíram assim que a sua descoberta apoia a teoria FINST que embora esteja voltada para a modalidade visual dá particular ênfase ao facto do ser humano apenas ter a capacidade de alojar no seu sistema cognitivo três ou quatro itens individuais simultaneamente.

figuras *Kanizsa* (figura 4). A conjugação destas propriedades com o carácter paralelo da pré-atenção permite que surjam as ilusões perceptivas.

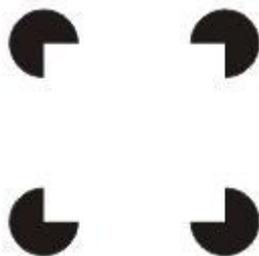


Figura 4: exemplo de figura *Kanizsa* (1976), podendo observar-se um quadrado branco, na realidade inexistente, mas que é salientado pela ausência de cor nos quatro quartos de círculo convergentes.

A capacidade de apreensão imediata de pequenos conjuntos de itens em paralelo pode distinguir-se da necessidade de atender a cada objecto individualmente. Imagine-se um conjunto de 16 aves no céu dispondo-se de apenas dois segundos para estimar o seu número. Se o grupo estiver unido será muito difícil fazê-lo, mas se estiverem em grupos de quatro conseguir-se-á contá-las com margem mínima de erro, uma vez que se pode recorrer à estratégia “agrupamento e contagem”. Como é possível *subitar* cada conjunto de quatro aves, o cálculo final consistirá numa simples operação de multiplicação “4x4” = 16. O caso da figura 4 é de certa forma semelhante. Esta apela para a propriedade *gestáltica* da “boa finalidade”: uma vez que da sobreposição dos quatro círculos é salientada uma quinta figura mais saliente, o observador tenderá a desvalorizar a existência das quatro imagens em detrimento da saliência perceptiva do quadrado.

A segunda fase do processamento visual segundo a Teoria Geral da Visão corresponde à atenção focal, ou seja, dirigida intencionalmente. Nesta, cada objecto é processado individualmente até à formação de um “todo coerente”. Após a conclusão desta fase ocorre uma comparação com a informação alojada na memória a longo termo, dá-se a identificação e, se for esse o caso, efectua-se a nomeação. Desta forma, de acordo com a teoria de Marr (1982), existem apenas duas formas possíveis de análise: uma que ocorre simultaneamente e outra individualmente.

Onde poderá então encaixar o processo de *subitização* que trata pequenas quantidades de forma diferenciada? Qual a causa da descontinuidade de 200ms entre as magnitudes de quatro e cinco itens?

Trick e Pylyshyn (1993) sugerem que essa diferença acontece devido à capacidade limitada do mecanismo pré-atencional, que só consegue apreender simultaneamente todos os elementos de determinada cena visual se esses não ultrapassarem esse mesmo limite. Sugerem, assim, que tal mecanismo se encontra trancado para mais do que quatro elementos, salvo ocasiões em que a cena é vista repetidas vezes, dando lugar ao reconhecimento de padrões visuais. *Subitar* será então algo que se realiza entre a fronteira do mecanismo pré-atencional e da atenção focalizada, uma vez que envolve apreensão simultânea e individuação (é necessário saber que existe cada um dos objectos para que se possa dizer que são quatro). Considerando o seu interesse para o trabalho que conduzimos, dedicaremos as linhas seguintes à exposição mais detalhada das teses destes autores.

1.2. A teoria *Finger of Instantiation* (FINST)

Trick e Pylyshyn (no prelo) propuseram que a *subitização* é o produto de uma propriedade existente no sistema visual que permite a apreensão simultânea de, no máximo, quatro localizações de objectos ou estímulos que se destaquem do meio circundante (*e.g.*, pontos pretos em fundo branco, correspondentes ao tipo de paradigmas utilizados nas investigações que temos vindo a descrever). Sugeriram que a enumeração rápida é consequência dessa capacidade de apreensão paralela, dependente da existência de um local (“*slot*”) no aparelho cognitivo para cada item, onde este encaixa. Denominaram esses locais de encaixe de *finger of instantiation* (FINST) comparando essa propriedade da mente com os dedos de uma mão. A sua teoria defende que algures no nosso sistema cognitivo existem locais específicos de indexação espacial - uma espécie de “dedos cognitivos”. Imagine-se que os dedos da mão poderiam prolongar-se e, que cada um deles, pôr-se em contacto com um objecto. Ao fazê-lo dar-nos-ia a possibilidade de conhecer a sua localização e movimentar a atenção para cada um deles.

O modelo FINST propõe a existência desses lugares de indexação de informação, que permitem conhecer a localização de objectos importantes na cena visual, para que se possa movimentar a atenção em relação a eles ainda antes de serem focados pela mesma. Quando este processo de apreensão paralela se esgota, cada item FINST tem de abandonar a sua presente localização deslocando-se para outro ponto ou fase de processamento, num processo de seriação que tem necessariamente de ocorrer em conjunto com um outro de contagem para que haja eficácia neste. Em termos metafóricos, a memória de acesso aleatório ou *Random Access Memory* (RAM) dos computadores actua precisamente desta forma: quando esta se esgota é necessário libertá-la de informação para que exista espaço físico para o processamento de outras tarefas. Este modo de actuação, até certo limite paralelo e depois serial, está, para esta teoria, na base do incremento dos tempos de reacção à medida que se tentam contar conjuntos de pontos cada vez maiores. Propõe-se também que o mecanismo FINST é elemento charneira entre um campo de atenção pré-atencional e outro campo de apreensão limitado. É bem sabido que se atendêssemos a todos os estímulos do mundo que nos rodeia, não seria com certeza possível ter capacidade mental para realizar qualquer outro tipo de tarefa. A existência de um nível pré-atencional torna-se imprescindível como forma de gestão e economia de esforço e energia cognitiva. Este nível parece diferir conforme a experiência e treino de cada indivíduo, mas também depende de informação inscrita no código genético do ser humano e que traduz capacidades comuns a todos os indivíduos. O campo de actuação dos FINST prender-se-ia com a análise dos resultados provenientes deste primeiro nível de apreensão. Os objectos que se destacassem do campo visual e num nível mais fino de cada movimento sacádico estariam “qualificados” para a indexação em cada FINST.

1.3. Especificidades da indexação individual em face da atenção focalizada

Vários *loci* de indexação estão disponíveis e podem ser utilizados em simultâneo, mas não significa que o sejam. Os *loci* de indexação podem ser activados de duas formas: uma dela é através do contraste de características como luminosidade ou cor e, a outra, é através da movimentação do foco da atenção de um local para outro.

Este foco atencional (diz respeito à atenção focalizada) é, pelo contrário, unitário e pode ser alterado pelo acto contínuo de observação de uma cena visual, ou pela mudança deliberada de direcção para um objecto previamente indexado. A continuidade de um objecto (no sentido de presença no sistema cognitivo) ao longo do tempo é mantida pelo seu *locus* de indexação e distingue-se dos demais objectos. Cada objecto possui, então, o seu *locus* perfeitamente definido e com determinações acerca das suas coordenadas espaciais, de tal modo que quando o sujeito muda o seu foco de atenção não tem de escrutinar de novo toda a cena visual em busca dos mesmos (Pylyshin, 1998). Os *loci* de indexação são, então, importantes para o controlo da movimentação e fixação no espaço do foco atencional.

Por outro lado, a ideia de que as localizações e características dos objectos são armazenadas separadamente tem apoio de estudos realizados em pacientes com distúrbios neurológicos específicos, como a Heminegligência. Existem duas vias de processamento pelas quais passa a informação necessária à codificação vívido-espacial das características de determinado objecto: uma dorsal e outra ventral. A via ventral, que se estende ao longo do córtice occipito-temporal é responsável pela codificação de características como forma, cor ou identidade. A via dorsal, que percorre o córtice occipital em direcção ao parietal, encarrega-se da localização espacial (e.g. Driver & Vuilleumier, 2001). Esta última via surge muitas vezes associada a processamentos inconscientes como é o caso dos resultados encontrados em pacientes com cegueira cortical (Covey & Storig, 1994, *cit. in* Driver & Vuilleumier, 2001) ou Heminegligência (Driver & Vuilleumier, 2001).

A Heminegligência é uma perturbação neurológica relativamente comum depois de lesões cerebrais unilaterais, sobretudo envolvendo o hemisfério direito. Ao contrário da cegueira cortical, na qual o cérebro deixa de ter a capacidade de processar os estímulos visuais, esta perturbação caracteriza-se pela perda da capacidade da consciência (*awareness*) para estímulos sensoriais localizados espacialmente do lado contralesional. Esta perda acarreta igualmente um défice no sentido de orientação e no comportamento exploratório a ele associado. Pacientes com este distúrbio agem frequentemente como se metade do mundo não existisse². Curiosamente, na apresentação de um estímulo luminoso isolado do lado esquerdo de um indivíduo com

² Isto ocorre não só na visão, como também em noutras modalidades sensoriais inclusive no cheiro. Os pacientes raramente têm consciência do seu défice e quando têm é-lhes difícil alterar o seu comportamento.

Heminegligência, este não tem geralmente dificuldade em captá-lo. No entanto, não o perceberia se este estímulo fosse apresentado em simultâneo com outros. Isto explica-se porque o défice espacial é exacerbado em situações de estimulação competitiva, com a estimulação ipsilesional a ter vantagem e a dominar claramente a estimulação contralesional, fenómeno que se denomina de extinção. Desta forma hipotizou-se que a diminuição dessa competição resultaria na diminuição da extinção e, com efeito, quando alguns estímulos são agrupados, através de propriedades *Gestálticas*, como é o caso dos estímulos *Kanizsa*, e é pedido aos pacientes que os enumerem, existem evidências do desaparecimento da extinção para valores de magnitudes iguais ou inferiores a quatro (Vuilleumier & Rafal, 1999). Este facto é consistente com as evidências recolhidas em indivíduos normais de que a enumeração de um número igual ou inferior a quatro elementos explora mecanismos de *subitização*.

Apesar de não se conhecerem quaisquer evidências empíricas nesse sentido, pode hipotizar-se que a *subitização* poderá estar associada à via de processamento dorsal e aos sistemas occipito-parietais, uma vez que é uma tarefa muito dependente de informação espacial e não é realizada conscientemente, não se empregando deliberadamente quaisquer meios cognitivos para a sua resolução.

1.4. A relação entre a curva de desenvolvimento e a eficácia na tarefa de enumeração

Um dos fenómenos bem estabelecidos no *mainstream* científico do estudo da cognição humana é o da relação entre o aumento dos tempos de reacção na realização de “tarefas cognitivas” e o desenvolvimento cronológico entre a idade adulta e a velhice. Uma das raras excepções parece situar-se ao nível da dissociação entre os tempos de reacção do *subitar* e contar. Se, por um lado, conjuntos de itens com magnitudes fora da amplitude de *subitização* elicitam aumentos dos tempos de reacção consonantes com o passar dos anos, quantidades dentro desta amplitude não sofrem alterações significativas (Chandramallika & Verhaeghen, 2003).

Em estudos prévios constatou-se que a enumeração correcta de conjuntos com mais do que quatro objectos requeria movimentos oculares (*e.g.* Simon & Vaishnavi, 1996) e, por outro lado, julgou-se possível que o passar dos anos reduzisse a

“velocidade de impressão” em cada FINST, pelo que a diferença de tempos de reacção entre *subitar* e contar acentuar-se-ia com o desenvolvimento na idade adulta. De facto, no estudo de Simon e Vaishnavi (*id.*) foi investigado até que ponto a idade era variável influente na eficácia da tarefa de enumeração, seleccionando-se cinco grupos de indivíduos com idade média de seis, oito, 10, 22 e 72 anos. Os autores não só confirmaram a existência de diferenças significativas na passagem do processo de *subitar* para o de contar a partir do item quatro, como o efeito da idade só se fez sentir no processo de contar e na passagem dos jovens adultos para os adultos mais velhos.

Na mesma linha, o consenso geral no domínio científico é de que quanto mais complexa for determinada tarefa, mais se acentua a diferença com o aumento da idade. Essa constatação também ajuda a explicar a dissociação entre os dois tipos de processos: se, por um lado, o processo de contar sofre a influência acima descrita, supõe-se que a capacidade de *subitar* não é afectada pelo decorrer dos anos uma vez que depende de um processo que se considera automático e estes encontram-se geralmente imunes à passagem do tempo.

Note-se, contudo, que alguma investigação (Svenson & Sjoberg, 1983) sugere que a capacidade de *subitar* não é tão resistente ao envelhecimento como os outros estudos acima referidos parecem pôr em evidência. Portanto, permanece por esclarecer se este é, de facto, um processo automático e, por isso, resistente ao tempo, ou algo diferente. De qualquer modo, é geralmente aceite pela maioria dos investigadores que o processo de *subitização* tem uma amplitude de máxima eficácia de um a quatro itens.

1.5. Dissociação dos processos de *subitar* e contar à luz dos dados neuropsicológicos

Uma das formas de avaliar a relação entre os processos de enumeração e os processos atencionais é o estudo da possível dissociação neuronal entre os processos de *subitar* e contar. Através de estudos PET (Tomografia por Emissão de Positrões) concluiu-se que as tarefas de *subitar* e contar elicitam activações distintas a nível neuronal, fornecendo provas suficientes para apoiar a hipótese de que se tratam de processos mentais distintos. Se o primeiro activa preferencialmente zonas do córtice

occipital, o segundo activa regiões dos córtices parietal superior e frontal direito, suportando assim a hipótese da dissociação entre estes processos (Sathian, et al. 1999).

Segundo Pasini e Tessari (2001), que levaram a cabo um estudo acerca da especialização hemisférica dos processos de *subitar* e contar, existe uma clara predominância do hemisfério direito (HD) no processamento de quantidades dentro da amplitude de *subitização* ao passo que o hemisfério esquerdo (HE) intervém de igual forma nos dois processos. Uma possível explicação para este facto é a de que o HD é interveniente no processamento holístico de informação, atendendo às suas características estruturais gerais, ao passo que o HE se caracteriza por processamentos analíticos e sequenciais.

1.6. Razões e objectivos do estudo

O presente estudo teve como principal objectivo investigar a relação entre as capacidades contagem de diferentes números de objectos apresentados no espaço e as capacidades lógico-matemáticas.

Adicionalmente, pretendeu-se investigar o efeito da organização dos objectos em padrões canónicos na capacidade de *subitar*/contar, com o propósito de contrastar a teoria de Reconhecimento de Padrões com a teoria FINST.

Estes objectivos foram operacionalizados em 3 hipóteses distintas:

Hipótese 1: o desempenho em tarefas de enumeração está relacionado com o desempenho em tarefas de raciocínio lógico-matemático;

Hipótese 2: confirma-se a amplitude do processo de *subitização* entre um e quatro estímulos aleatoriamente apresentados, tomando como medida o maior aumento dos tempos de reacção entre os conjuntos de quatro e os conjuntos de cinco estímulos;

Hipótese 3: a organização dos itens em padrões canónicos diminui os tempos de reacção na tarefa de enumeração.

II. Metodologia

2.1. Participantes

Foram investigados trinta e sete participantes, todos estudantes do ensino superior, 16 do sexo masculino e 21 do feminino, com idades compreendidas entre 18 e os 30 anos ($M = 24.05$; $DP = 2.76$ anos).

Foram critérios de exclusão a existência de qualquer tipo de défice sensorial ou motor que pudesse interferir no desempenho das tarefas, tendo-se ainda procedido à prévia exclusão dos indivíduos que já haviam realizado a prova de aritmética da WAIS-III, uma vez que a medida das competências lógico-matemáticas decorreu dessa prova.

De salientar, ainda, que da amostra inicial faziam parte 40 participantes, observando-se a recomendação de Kazmier (1982) para salvaguarda do pressuposto de normalidade ($n \geq 30$) e aplicação de métodos estatísticos paramétricos, mas três deles foram eliminados devido a erros técnicos no registo das respostas.

2.2. Aparato e procedimento experimental

2.2.1. Materiais

A tarefa de enumeração foi composta por 144 estímulos em formato digital (ver ponto seguinte), apresentados através do software de psicologia experimental E-Prime versão 1.1 (2002, Psychology Software Tools Inc., Pittsburgh, USA), instalado num computador portátil de processamento 1.33Ghz com Windows XP e ecrã de 14.1', sincronizado com o sistema Serial Response Box (2002, Psychology Software Tools Inc., Pittsburgh, USA) para captação dos tempos de reacção.

O subteste “Aritmética” da versão espanhola da *Wechsler Adult Intelligence Scale*, versão III (Wechsler, 1997; versão Espanhola por TEA Ediciones, 1999), foi utilizado para avaliação da capacidade lógico-matemática. Esta versão foi utilizada dada a ausência, à data, de uma versão portuguesa, mas pensamos que dada a natureza da

subescala utilizada e ao facto das instruções serem todas em português não decorreu daí qualquer viés.

2.2.2. Construção dos estímulos e procedimento experimental

A construção de todo o aparato experimental obedeceu a diversos passos, começando pela definição e construção dos estímulos a utilizar. Estes foram construídos no programa Corel Draw versão 12.0 (2004, Corel Corporation, Ottawa, Canada) e, cada um, correspondeu a um número variável de um a 10 pontos formados por círculos negros com 15 mm de diâmetro, dispostos em fundo branco (à semelhança do que é referido na literatura consultada).

Para cada quantidade foram criados 16 estímulos diferentes (*i.e.*, com os pontos dispostos de forma diferentes), de forma a eliminar o efeito de variáveis parasitas (*e.g.*, dependentes da localização dos pontos) ou mesmo de respostas deficientemente registadas que se sabia ser uma consequência possível da captação de tempo de reacção por meio do sistema *Serial Response-Box*. Dos dezasseis estímulos por cada quantidade de pontos, em oito deles os pontos apresentavam-se com uma disposição aleatória enquanto nos outros oito os pontos foram organizados em padrões canónicos. Existiam assim duas condições: uma *aleatória*, com configurações de pontos aleatórias, e uma *canónica*, com padrões organizados (*cf.* Anexo 1). Para os estímulos de um e dois pontos não foi manipulada a organização *aleatória vs. canónica* porque esse número de pontos não o permite. Estes estímulos entraram numa terceira condição – *global*, da qual faziam parte todos os estímulos. As padronizações foram baseadas nas organizações canónicas dos dados e em configurações poliédricas ou ortogonais. Esta divisão teve como objectivo poder contrastar os tempos de reacção entre estes dois tipos de estrutura. No total foram constituídos 144 estímulos (*cf.* Quadro 1).

Quadro 1

Número de estímulos por quantidade de pontos e condição experimental

Quantidade de pontos	Canónico	Aleatório
1		8
2		8
3	8	8
4	8	8
5	8	8
6	8	8
7	8	8
8	8	8
9	8	8
10	8	8
Total		144

Todos os estímulos foram depois compilados no programa E-prime de forma a surgirem sequencialmente de forma completamente aleatória, com intervalo interestímulo de 1000 ms (ecrã branco) para prevenir efeitos da disposição dos pontos dos estímulos prévios na facilitação da resposta dos estímulos posteriores³.

Uma vez obtido o consentimento informado, os participantes foram individualmente posicionados cerca de 75cm à frente do ecrã do computador experimental e convidados a prestar atenção aos estímulos nele projectados, dizendo tão rapidamente quanto possível e em voz alta o número de pontos contidos em cada um (ver instruções no Anexo 2). O tempo de exposição de cada estímulo finalizava imediatamente após a resposta vocal.

Antes de se dar início ao protocolo experimental foi realizado um procedimento de controlo fonético que consistiu em medir os tempos de reacção à apresentação simples dos algarismos de um a 10, expostos de forma aleatória, que os indivíduos deviam verbalizar tão rapidamente quanto possível, para garantir a inexistência de

³ Sem este intervalo com ecrã branco poderia ocorrer uma sobreposição de pontos que facilitasse a enumeração da quantidade correcta. Com efeito, quando duas cenas visuais, uma original e outra modificada, são separadas por um elemento de disrupção (e.g. ecrã branco) é frequente a não detecção de mudanças por parte dos observadores; pelo contrário, na ausência do elemento disruptor as alterações são prontamente detectadas devido à identificação dos locais onde a alteração ocorre (Mitroff & Simons, 2002). Assim esta “máscara” interestímulos impossibilita os sujeitos de recorrerem a pistas da imagem anterior como forma de facilitar a detecção dos objectos a surgir no ecrã.

diferenças estatísticas nos tempos de reacção em função do número a verbalizar (fonema inicial).

A prova de aritmética da WAIS III foi sempre realizada no final do protocolo experimental, também individualmente.

O tempo de reacção a cada estímulo foi automaticamente captado pelo sistema de *Serial Response-Box*, como forma de reduzir ao mínimo a componente motora da resposta, enquanto os números verbalizados foram manualmente anotados pelo experimentador.

No tratamento de dados apenas se tomou como medida o tempo de reacção (TR) nas respostas correctas e não o número de respostas correctas/erradas, adoptando-se modelos paramétricos – testes *T* – para analisar as diferenças de TR entre as condições de organização dos pontos (*Aleatória Vs Canónica*), quer de forma global, quer para cada quantidade. Esta decisão foi tomada com base no facto de muitas das respostas consideradas erradas terem-no sido devido à não captação do som por parte do instrumento de recolha de dados utilizado (quando o participante não produzia respostas vocais suficientemente intensas) e não pelo facto da contagem de pontos estar errada. Esta opção metodológica implicou, assim, a retirada de todas as respostas erradas por ineficácia na recolha de dados e por erro efectivo na estimativa das magnitudes. Saliente-se que houve o cuidado de analisar o número de respostas por quantidade de pontos, precavendo a possibilidade de existirem mais respostas erradas em estímulos com maior número de itens a contar (por se tratarem à partida de tarefas mais difíceis). Como não se comprovou a existência de diferenças significativas para o número de respostas erradas por quantidade de pontos ($p > 0.2$) pôde prosseguir-se com a análise dos tempos de reacção.

Para a análise do aumento dos tempos de reacção em função da quantidade de pontos de cada estímulo, além de estatísticas descritivas, baseadas em medidas de tendência central e dispersão, recorreu-se a testes *T* para estimar o grau de diferença dos TR médios entre quantidades adjacentes.

Por fim, para estudo da relação entre o desempenho nas tarefas de enumeração e a capacidade lógico-matemática, a prova de aritmética da WAIS foi posteriormente cotada e os resultados foram individualmente padronizados de acordo com a idade dos participantes, procedendo-se ao cálculo dos coeficientes de correlação Pearson e de

regressão entre tais resultados e os TR médios na globalidade das tarefas de enumeração, assim como nas de condição *aleatória* e *canónica*.

III. Resultados

Em primeiro lugar importa dar a conhecer os resultados descritivos nas provas realizadas. A prova de enumeração tem os seus resultados medidos em tempos de reacção (TR) e a subescala aritmética em pontos de escala (de acordo com as normas vigentes na WAIS-III).

Quadro 2

Médias (M) e Desvio Padrões (DP) dos tempos de reacção (msecs) das tarefas de enumeração, por condição estímulo, e Média e Desvio Padrão do conjunto da amostra na prova de aritmética

Condição	Tarefas de enumeração		Subescala aritmética	
	M	DP	M	DP
Aleatória	1837.922	361.692		
Canónica	1003.669	173.973	14.243	3.926
Global	1337.586	241.796		

Como pode verificar-se no Quadro 1 a condição onde surgem exclusivamente estímulos de disposição aleatória é aquela que se obteve um maior TR médio, seguida pelo conjunto de estímulos total que engloba configurações aleatórias e canónicas e, por fim, o conjunto exclusivo de estímulos canónicos. Quanto à subescala aritmética da WAIS-III verificaram-se resultados acima da média da amostra normativa da população portuguesa ($M = 10$, $DP = 2$).

Quando se analisa o TR médio em função da quantidade de pontos dos estímulos pôde verificar-se que na condição *aleatória* os TR sobem sequencialmente notando-se um incremento sustentado mesmo quando a quantidade de pontos é maior (*cf.* Figura 5).

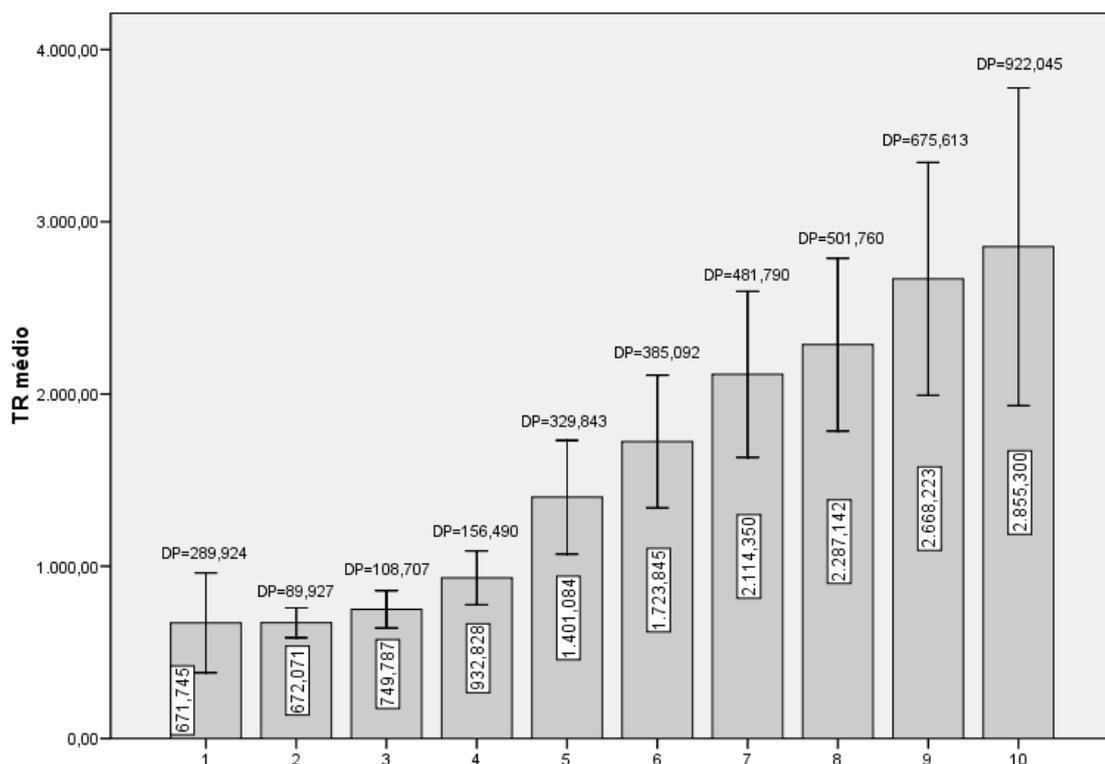


Figura 5: tempos de reacção médios e respectivos desvios padrão obtidos na tarefa de enumeração na condição *aleatória* (valores indicados no gráfico, em msecs) em função do número de itens de cada estímulo

Já na condição *canónica* existe uma subida dos TR em sentido geral, mas ocorrem algumas discontinuidades ao longo do contínuo criado em função do número de pontos dos estímulos, por exemplo, entre os estímulos de quatro pontos e os de cinco, entre os de sete e os adjacentes, ou entre os estímulos de nove pontos e os de 10 (cf. Figura 6).

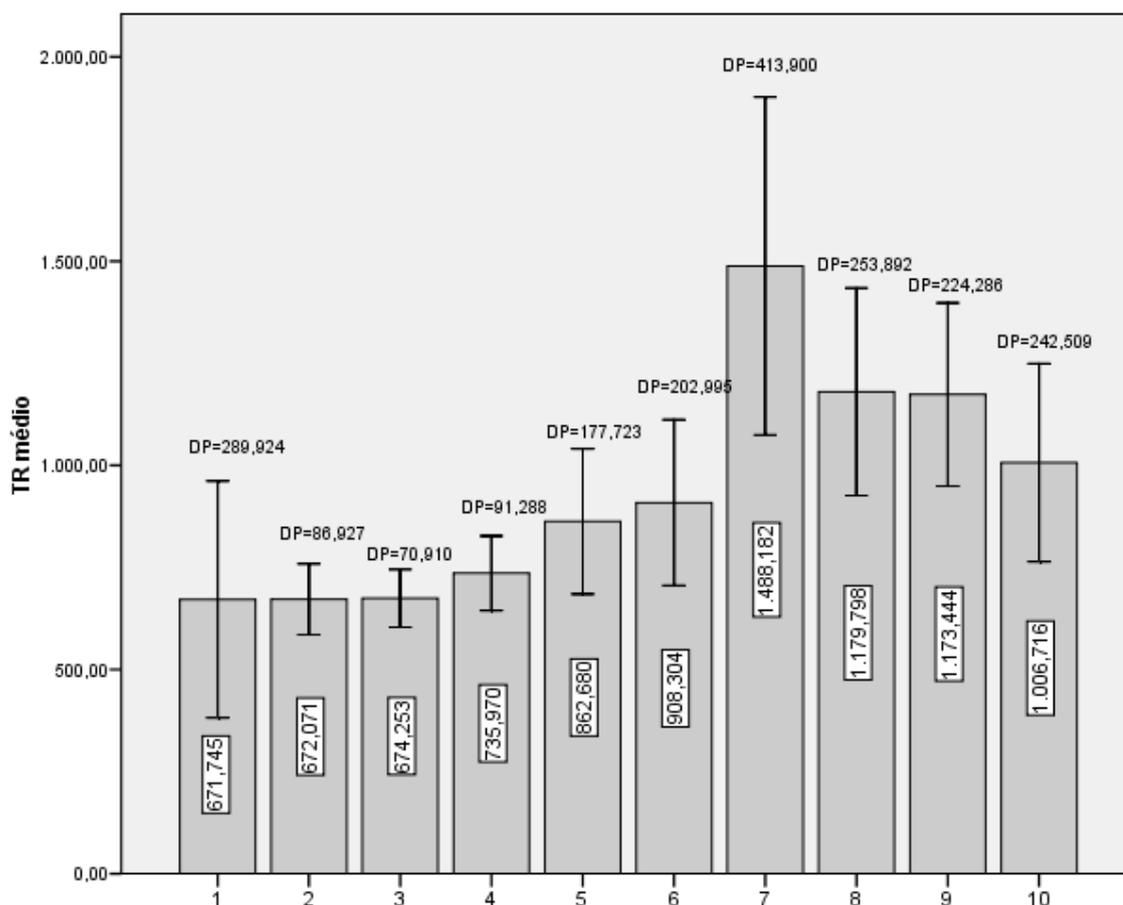


Figura 6: tempos de reacção médios e respectivos desvios padrão obtidos na tarefa de enumeração na condição *canónica* (valores indicados no gráfico, em msecs) em função do número de itens de cada estímulo

Comparando os gráficos das duas figuras observa-se que os TR da condição *canónica* foram sistematicamente inferiores (recorde-se que os estímulos de um e dois pontos eram os mesmos para ambas condições).

Por fim, antes de entrar nos testes de hipóteses importa referenciar a ausência de efeito de fluência fonémica que, como se explicou, foi controlado. Foi realizada uma ANOVA em que se contrastou o TR médio da leitura dos 10 números, sendo obtido o resultado de $F(247, 9) = 0.610$, $p = 0.788$, pelo que não houve necessidade de recorrer a estatísticas de *Post-Hoc*. Os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias foram ambos cumpridos para um nível de significância de $p \geq 0.05$.

Mais precisamente, não se encontraram diferenças significativas nos TR à leitura dos números um a 10, correspondentes às quantidades de pontos apresentadas nos estímulos experimentais, condição importante para que as diferenças de TR a esses

estímulos se devessem apenas à quantidade de pontos no ecrã e não às diferenças fonémicas associadas a cada número na resposta vocal (*cf.* Quadro 3).

Quadro 3

Média (*M*), Desvio Padrão (*DP*) dos TR (mseg) na leitura dos números de um a 10.

Número	<i>M</i>	<i>DP</i>
1	537.524	230.498
2	499.000	107.691
3	528.692	92.3245
4	496.692	93.0427
5	554.238	140.654
6	533.400	115.317
7	534.920	104.287
8	499.783	115.041
9	509.778	108.819
10	500.667	147.389

3.1. Testes à Hipótese 1: o desempenho em tarefas de enumeração está relacionado com o desempenho em tarefas de raciocínio lógico-matemático

Como se verifica na figura 7 obtêm-se sempre correlações negativas entre as duas variáveis em causa, quer considerando o TR global das tarefas experimentais, quer considerando o TR para cada uma das condições de enumeração.

Mais precisamente, para a enumeração na condição *canónica* obteve-se um $r = -0.779$, sendo que esse coeficiente atinge o valor máximo de $r = -0.914$ na condição *aleatória*, e um $r = -0.908$ se considerado o TR da condição *global*. Saliente-se que qualquer um dos valores encontrados traduz uma correlação negativa altamente significativa entre o desempenho nas tarefas de enumeração e o desempenho na prova de raciocínio lógico-matemático ($p < 0,001$).

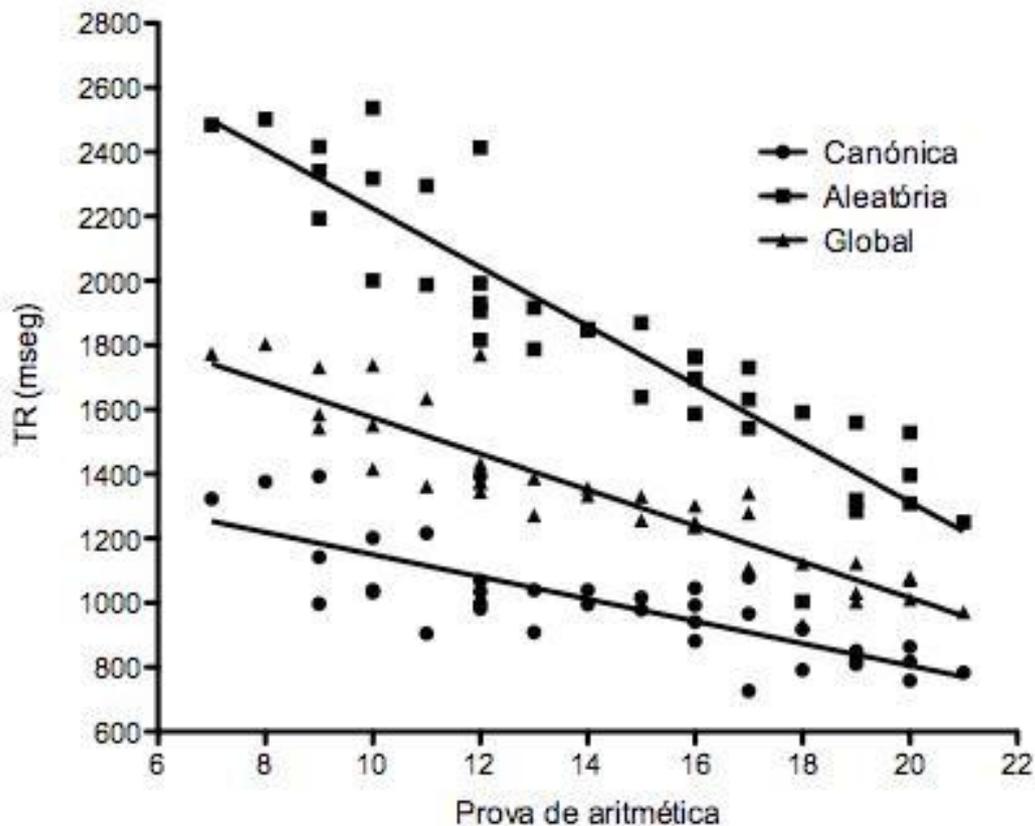


Fig. 7: Correlação entre as três condições de enumeração e a pontuação na prova de aritmética da WAIS III

Após a obtenção destes valores de correlação decidiu-se realizar uma regressão tomando como variável preditora o desempenho na tarefa de enumeração e como variável dependente o desempenho na prova de raciocínio lógico-matemático. Foram realizadas três regressões, uma para cada condição. Em todas as regressões foram cumpridos os pressupostos de homogeneidade das variâncias e de normalidade, este último de acordo com o teste de Shapiro-Wilk. Foram também calculadas distâncias de Mahalanohis não tendo sido encontrados quaisquer *outliers*.

Quadro 4

Coefficientes de regressão R^2 , Beta (B) e nível de significância do modelo para as três condições de estímulos

Condição	R^2	B_0	B_1	$F_{(36,1)}$
Aleatória	0.835	31.071***	-0.009***	176.518***
Canónica	0.606	31.879***	-0.018***	59.913***
Global	0.825	33.965***	-0.015***	164.627***

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

Como pode observar-se no quadro 4 o desempenho dos sujeitos na prova de aritmética é significativamente predizível a partir de qualquer das condições de enumeração. A maior percentagem de variância explicada obtém-se a partir da condição *aleatória* ($R^2 = 0.835$), onde também já tinha sido obtido o maior valor de correlação.

As equações das respectivas rectas de regressão são definidas pelos seguintes modelos:

$$\text{Desempenho aritmética} = 31.071 - 0.009 \text{ TR Aleatória}$$

$$\text{Desempenho aritmética} = 31.879 - 0.018 \text{ TR Canónica}$$

$$\text{Desempenho aritmética} = 33.965 - 0.015 \text{ TR Global}$$

As três rectas de regressão são significativamente diferentes ($F_{(2,105)} = 27.8313$, $p < 0.001$), indiciando uma determinação diferente das condições de enumeração no desempenho na prova de aritmética.

A título exploratório, verificou-se também se existiam diferenças estatísticas no que toca ao desempenho na subescala de aritmética entre o subgrupo dos participantes com TR mais rápido (*Subgrupo Rápido*) e aqueles que revelaram um desempenho pior (*Subgrupo Lento*) nas tarefas de enumeração, tomando como ponto de corte a média dos resultados da amostra acrescida ou diminuída de um desvio padrão para a constituição do primeiro e do último subgrupo, respectivamente (*cf.* Quadro 5).

Quadro 5

Pontos de corte dos TR para constituição dos subgrupos Rápido e Lento por condição de estímulos

Condição	Subgrupo Rápido	Subgrupo Lento
Aleatória	TR ≤ 1476.230	TR ≥ 2199.614
Canónica	TR ≤ 829.695	TR ≥ 1177.642
Global	TR ≤ 1337.586	TR ≥ 1579.382

Desta forma foi possível testar o efeito de grupo (*Rápido* vs. *Lento*) quanto ao resultado obtido na subescala de *aritmética* da WAIS. Verificaram-se diferenças significativas intergrupo nas condições *aleatória* e *global*, com melhor desempenho aritmético para o subgrupo *rápido*, mas não na condição *canónica*. Foram realizados testes *T* unicaudais para amostras independentes, tendo-se verificado o cumprimento dos pressupostos de normalidade e homogeneidade em todos os casos.

Quadro 6

Médias (*M*), desvios padrão (entre parêntesis), número de participantes (*N*) e valor *t* para a diferença da pontuação na subescala de aritmética entre os subgrupos *Rápido* e *Lento* por condição de estímulos

Condição	Subgrupo Rápido	<i>N</i>	Subgrupo Lento	<i>N</i>	Valor <i>t</i>
Aleatório	<i>M</i> = 16.308 (2.175)	13	<i>M</i> = 12.200 (1.874)	10	4.761***
Canónico	<i>M</i> = 14.857 (3.183)	14	<i>M</i> = 12.800 (2.700)	10	1.659
Global	<i>M</i> = 16.000 (1.651)	12	<i>M</i> = 12.000 (2.191)	11	4.972***

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

3.2. Testes à Hipótese 2: confirma-se a amplitude do processo de subitização entre 1 e 4 itens aleatoriamente apresentados, tomando como medida o maior aumento dos tempos de reacção entre os estímulos de quatro e os estímulos de cinco itens

Como forma de responder a esta hipótese foram realizados testes *T* para as diferenças dos TR médios entre os estímulos com dado número de pontos e os estímulos com um número de pontos imediatamente inferior (*e.g.*, TR dos estímulos de cinco pontos – TR dos estímulos de quatro pontos).

A anterior observação da figura 5 já tinha permitido observar um salto notório dos TR entre os estímulos de quatro e os de cinco pontos. Da análise do quadro 7 é possível agora confirmar que a maior diferença nos TR médios é a obtida entre esses mesmos itens ($t_{(36)} = -10.244$, $p < 0.001$), o que confirma a hipótese. Contudo é necessário ter em conta que em todos os outros pares de estímulos analisados também se obtiveram diferenças significativas (com excepção do par dois - um).

Quadro 7

Magnitude das diferenças e valores *t* dos TR médios (apresentados na fig. 5) entre cada par de estímulos de quantidades adjacentes e respectivo nível de significância

Estímulos (quantidade de itens)	Diferença dos TR médios (ms)	valor <i>t</i>
2 – 1	0.326	-0.007
3 – 2	77.717	-5.666***
4 – 3	183.041	-7.645***
5 – 4	468.256	-10.244***
6 – 5	322.761	-5.941***
7 – 6	390.505	-7.691***
8 – 7	172.792	-3.657**
9 – 8	381.081	-7.409***
10 – 9	187.077	-2.212*

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

3.3. Testes à Hipótese 3: a organização dos itens em padrões canônicos diminui os tempos de reacção na tarefa de enumeração

Para testar esta hipótese e uma vez confirmados os pressupostos de normalidade e homogeneidade, recorreu-se a um teste *T* unicaudal para amostras dependentes de modo a analisar as diferenças intragrupo nos TR médios entre condições de enumeração (*Aleatória vs. Canónica*). Dessa análise verificou-se que o TR médio da condição *aleatória* ($M = 1837.922$ ms, $DP = 391,692$) foi superior ao da condição *canónica* ($M = 1003.670$ ms, $DP = 173,973$), sendo essa diferença altamente significativa ($t_{(36)} = 22.207$, $p < 0.001$).

De seguida foi utilizado o mesmo procedimento estatístico para estimar o significado das diferenças dos TR médios entre os estímulos de quantidade semelhante de cada condição de enumeração. Dessa análise, cujos resultados se sumariam no Quadro 8, verificou-se a existência de diferenças com significado estatístico nos TR médios entre todas as quantidades consideradas, sempre com vantagem para a tarefa de enumeração na condição *canónica*.

Quadro 8

Valores de tendência central e dispersão ($M \pm DP$) dos TR (em msecs) aos estímulos de cada quantidade de pontos e para cada uma das condições experimentais e respectivos valores *t* ($gl = 36$, unicaudais)

Quantidade	Condição		Valor <i>t</i>
	Aleatória	Canónica	
3	749.787 ± 108.706	674.252 ± 70.910	-5.98***
4	932.828 ± 156.490	735.970 ± 91.288	-8.12***
5	1401.084 ± 329.843	862.680 ± 177.723	-14.38***
6	1723.845 ± 385.092	908.304 ± 202.995	-16.58***
7	2114.350 ± 481.790	1488.182 ± 413.901	-9.17***
8	2287.142 ± 501.760	1179.798 ± 253.893	-19.99***
9	2668.223 ± 675.613	1173.444 ± 242.509	-16.79***
10	2855.3 ± 922.044	1006.716 ± 70.910	-13.67***

* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$

IV. Discussão

Este estudo teve como um dos objectivos centrais demonstrar a existência de uma relação forte entre capacidades de resolução de problemas que apelam para competências aritméticas ou cálculo mental e a enumeração de objectos distintos no campo visual realizada de forma rápida e eficaz, tal como tinham preconizado Wender e Rothkegel em 2000.

Em primeiro lugar, como forma de confirmar a robustez do estudo, houve lugar ao cálculo de medidas descritivas e à consequente comparação dos resultados com os de estudos previamente efectuados. As diferenças de tempos de reacção encontradas entre as condições *canónica* e *aleatória* foram condizentes com estudos como os de Wolters, Van Kempen e Wijluizen (1987) ou Piazza, Mechelli, Butterworth e Price (2002). Este dado sustenta o facto de que as pessoas investigadas estavam dentro dos parâmetros ditos habituais em termos de desempenho neste tipo de tarefas, acrescentando assim robustez às conclusões a retirar dos testes às hipóteses consideradas. A condição *global*, que resultou da junção das condições *canónica* e *aleatória* acrescida dos estímulos de um e dois pontos, não tem paralelo com qualquer outro estudo já realizado pelo que não foi possível tecer qualquer comparação deste nível. Quanto aos resultados obtidos pela subescala aritmética da WAIS-III estes estão bastante acima dos valores médios normativos, mas isso é explicável pelo facto de todos os participantes frequentarem o ensino superior, o que à partida permite prever melhores resultados nesta prova.

Também quanto aos tempos de reacção médios por estímulo na condição *aleatória*, os resultados são condizentes com os referenciados nos estudos de Dehaene e Cohen (1994) ou Trick e Pylyshyn (1994). Salienta-se o incremento sequencial nos tempos de reacção à medida que vai aumentando o número de pontos, tal como encontrado nos estudos destes dois autores. As magnitudes dos incrementos encontradas foram também similares e serão abordadas mais à frente nesta discussão.

Finalmente, no que toca aos tempos de reacção médios da condição *canónica* os resultados encontrados vão de encontro aos estudos de Buckley e Gillman (1974) ou Mandler e Shebo (1982), mas importa analisar aqui as duas discontinuidades que se

salientam dos estímulos de seis para sete pontos e dos estímulos de nove para 10. Pode hipotizar-se que estas ocorreram dada a natureza da configuração dos estímulos. Com efeito, até aos seis pontos os padrões dos estímulos assemelharam-se aos encontrados em dados comuns. As magnitudes oito, nove e dez resultaram da combinação desses padrões (*cf.* Anexo 1). De todos os estímulos, os que tinham sete pontos foram os únicos que não se configuravam de forma semelhante ao padrão encontrado nos dados, tornando possível o incremento no tempo de reacção. Os estímulos de nove e dez pontos resultaram da junção do padrão cinco mais quatro e cinco mais cinco, respectivamente. Os resultados sugerem que foi mais fácil para os participantes identificar a configuração cinco mais cinco (*i.e.*, duas vezes o mesmo padrão) do que o cinco mais quatro (dois padrões diferentes), o que também é compreensível.

Uma vez feitas estas apreciações gerais sobre a qualidade dos dados obtidos por referência ao que seria esperado e à literatura especializada, os resultados encontrados vão no sentido da confirmação da hipótese segundo a qual os processos de contar e *subitar* estão relacionados com competências lógico-matemáticas. Essa confirmação sustenta-se na correlação significativamente forte e negativa encontrada entre os tempos de reacção nas tarefas de enumeração e a pontuação na subescala de aritmética da WAIS-III.

Os resultados sugerem também que a capacidade de enumeração de pontos aleatoriamente organizados é a que mais se relaciona com o raciocínio lógico-matemático. Esta tarefa de enumeração caracteriza-se por tempos de reacção mais altos, traduzindo-se num maior coeficiente de determinação da pontuação na subescala de aritmética e distinguindo melhor os sujeitos mais rápidos dos mais lentos quanto à pontuação dessa subescala. Ou seja, quem é mais rápido a enumerar itens aleatoriamente dispostos tende a ser mais proficiente em desempenhos aritméticos.

Pelo invés, a condição que melhor prediz os resultados aritméticos é a que respeita à enumeração de estímulos canónicos, salientando assim o papel deste padrão organizativo na facilitação do processo de contar (diminuição dos tempos de reacção) e traduzindo-se numa relação mais fraca com as competências matemáticas. Pode hipotizar-se que a organização dos estímulos em padrões canónicos, ao facilitar a tarefa de enumeração, aproxima o desempenho dos indivíduos nessa tarefa tornando-a menos discriminativa para a diferenciação dos mesmos em termos de competências aritméticas. Assim, como primeira conclusão importante, o desempenho de enumeração na condição

aleatória explica 83.5% da variação dos resultados no desempenho da prova de aritmética. Esta descoberta indicia, por exemplo, que a criação de provas de enumeração, enquanto capacidade básica, pode ajudar a detectar precocemente dificuldades envolvendo raciocínios aritméticos como os que se desenvolvem nas disciplinas de matemática nos primeiros anos de escolaridade. Este resultado, inovador na literatura, vem de encontro à tese de Wender e Rothkegel (2000), já citados neste trabalho, de acordo com a qual a estimação de um determinado número de objectos no campo visual parece ser uma competência básica da percepção e cognição humana estando na base de todas as capacidades matemáticas.

Quanto à segunda hipótese, os resultados encontrados vão no sentido de confirmar que o processo de *subitização* se caracteriza por uma amplitude relativamente balizada entre os um e os quatro itens aleatoriamente apresentados. Relembre-se que os tempos de reacção subiram substancialmente dos estímulos de quatro para cinco pontos, continuando a subir de forma sustentada à medida que aumenta o número de pontos a processar, mas nunca com a mesma grandeza com que subiu entre aquele par de estímulos. Portanto, estes resultados vão de encontro à literatura que afirma uma diferença explícita de tempo de reacção na passagem de quatro para cinco estímulos (*e.g.*, Balarkrishnan & Ashby, 1991; Basak & Verhaeghen, 2003; Dehaene & Cohen 1994; Driver & Vuilleumier, 2001; Hannula, Räsänen & Lehtinen, 2007; Trick & Pylyshyn, 1994;), patenteando que este estudo reforça os realizados anteriormente e apoiando a teoria FINST (Trick & Pylyshyn, no prelo). Não obstante há que ter em conta a significância de todas as diferenças encontradas (com excepção do par 2-1), ou seja, embora na passagem de estímulos de quatro para cinco pontos ocorram variações maiores, nas restantes passagens também há aumentos significativos do tempo de reacção. Sendo assim, resta ainda por encontrar um critério que permita diferenciar as quantidades contadas das *subitadas*, *i.e.*, automaticamente enumeradas, de forma mais precisa e convincente.

O que parece certo é que a organização dos itens em padrões canónicos diminui os tempos de reacção na tarefa de enumeração, tal como se avançou na terceira e última hipótese experimental.

Como se pôde verificar mediante os resultados encontrados, o conjunto de estímulos canónicos exigiu sistematicamente menor tempo de reacção face à condição *aleatória*. Isto ocorreu não só quanto se compararam as duas condições na sua

globalidade, como também quando as comparações foram realizadas entre estímulos de quantidade de itens semelhantes. Este resultado está de acordo com estudos prévios que apontam tempos de reacção mais baixos sempre que os estímulos considerados envolvem padrões e explica-se devido à facilidade de reconhecimento visual (associação imagem – conceito numérico) inerente as formas que emergem desses padrões (Buckley & Gillman, 1974; Mandler, & Shebo, 1982; Wolters, Kempen, & Wijnhuizen, 2000). Contudo, seria previsível não encontrar diferenças significativas nos tempos de reacção entre as duas condições no caso dos estímulos de três e quatro itens, uma vez que, estando essas quantidades dentro da amplitude de *subitização*, a actuação desse processo tornaria a padronização dos itens irrelevante, facto que não se verificou. Por conseguinte, o processo de *subitização* não parece suficiente para compensar a vantagem dos itens a contar se apresentarem padronizados, embora se note que durante a actuação desse processo (teoricamente até aos quatro itens) a desvantagem de processamento dos estímulos aleatórios face aos canónicos é menor. Este resultado apoia a teoria de Reconhecimento de Padrões (Mandler & Shebo, *id.*), o que vem de certa forma de encontro à literatura onde também se encontra alguma dualidade quando esta é contrastada com a teoria FINST (Trick & Pylyshyn, no prelo). Investigações especificamente direccionadas para este âmbito poderão trazer alguma luz a esta discussão.

Embora a nosso ver relevantes, os achados que aqui se reportam e o estudo em que se sustentam não estão isentos de limitações. Além das limitações de amostragem que frequentemente caracterizam este tipo de estudos, não tanto relacionadas com a dimensão da amostra mas mais com a excessiva homogeneidade da mesma (estudantes de ensino superior), dificultando a generalização de resultados, uma limitação específica prende-se com a técnica de recolha de dados experimentais nas tarefas de enumeração (identificação automática da resposta vocal) que impossibilitou a análise da qualidade de resposta (erros/acertos). Esta análise poderia produzir uma medida que indicasse, designadamente, diferenças de acerto entre estímulos de número superior e inferior a quatro itens como método complementar de validação do processo de *subitização*, ou verificar se há aumento de erros com o aumento do número de itens a enumerar, mesmo que o tempo de reacção diminua, como aconteceu inesperadamente entre os estímulos de sete e oito itens na condição *canónica*.

Por outro lado, apesar dos bons resultados alcançados, importa introduzir mais medidas das capacidades lógico matemáticas, até porque a escala considerada mede capacidades muito dependentes de aprendizagens escolares e não raciocínios matemáticos que podem desenvolver-se de forma mais espontânea e mais à margem desse processo.

V. Conclusões finais

O grande objectivo deste estudo prendia-se com o comprovar da existência de uma associação entre a proficiência numa tarefa neurocognitiva básica, como é o caso da contagem de pontos no espaço, e a competência de resolução de problemas lógico-matemáticos, propósito esse que, face aos resultados, foi alcançado. Para além disso, quando comparados alguns dos dados agora obtidos com outros resultados previamente alcançados em investigação especializada, reforça-se a existência de um “salto” na eficácia de processamento entre a enumeração de quatro e cinco objectos, em favor da tese de que o processo de *subitização* terá uma actuação limitada a esse número de itens. Reforça-se também a tese segundo a qual a enumeração é facilitada pela padronização, dado que os resultados por nós encontrados também confirmaram observações anteriores. Ainda de acrescentar que do contraste entre as Teorias FINST e Reconhecimento de Padrões não emergiram resultados que permitissem dar vantagem a qualquer uma.

Não menos importante, procurou-se que este trabalho representasse um contributo terminológico para a investigação psicológica, introduzindo os termos *subitização* e *subitar* na linguagem da científica portuguesa.

Futuramente este estudo poderá prosseguir numa vertente aplicada, tendo como população-alvo crianças em idade pré-escolar e escolar e com o objectivo de criar uma prova que detecte precocemente dificuldades de aprendizagem em matemática. Uma vez detectadas, será possível intervir precocemente com as crianças sinalizadas, adoptando estratégias de promoção de competências lógico-matemáticas, tais como as do “jogo orientado”. Em curso está já um estudo que visa perceber os benefícios desse tipo de estratégias no desenvolvimento de competências de raciocínio lógico-matemático, mas permanece por resolver a questão de falta de métodos de detecção precoce de dificuldades nesse domínio. Para além deste podem também realizar-se estudos de comparação entre grupos de idade para tentar perceber de que forma o processo de *subitização* se comporta ao longo do ciclo vital. Estes poderão contribuir para trazer luz à discussão em torno da possível cristalização deste processo.

VI. Referências Bibliográficas

- Atkinson, J., Campbell, F. & Francis, M. (1976). The magic number 4+-0: A new look at visual numerosity judgements. *Perception*, 5, 327-334
- Balarkrishnan, J. D. & Ashby, F. G. (1991), 50 (6). Is Subtizing a unique numerical ability? *Perception & Psychophysics*, 50 (6), 555-564
- Basak, C. & Verhaeghen, P. (2003). Subtizing speed, subtizing range, counting speed, the stroop effect, and aging: capacity differences and speed equivalence. *Psychology and aging*, 18 (2), 240 – 249
- Buckley, P. & Gillman, C. (1974). Comparisons of digits and dot patterns. *Journal of Experimental Psychology*, 103 (6), 1131-1136
- Chandramallika, B. & Verhaeghen, P. (2003) Subitizing speed, subitizing range, counting speed, the Stroop effect, and aging: capacity differences and speed equivalence, *Psychology and Aging*, 18(2), 240-9.
- Corel Draw (Version 12.0)[computer software] Ottawa, Canada: Corel Corporation, 2004
- Dehaene, S. & Cohen, L. (1994). Dissociable mechanisms of subtizing and counting: neuropsychological evidence for simultanagasic patients. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performace*, 20 (5), 958-975
- Driver, J. & Vuilleumier, P. (2001). Perceptual awareness and its loss in unilateral neglect and extinction. *Cognition*, 79, 39-88
- E-Prime (Version 1.1.)[Computer software] Pittsburgh, PA: Psychology Software Tools Inc., 2002
- Hannula, M., Räsänen, P. & Lehtinen, E. (2007) Development of Counting Skills: Role of Spontaneous Focusing on Numerosity and Subitizing-Based Enumeration. *Mathematical Thinking and Learning*, 9(1), 51-57
- Kanizsa, G. (1976). Subjective contours. *Scientific American*, 234, 48-52.

- Kaufman, E., Lord, M., Reese, T. & Volkman, J. (1949). The Discrimination of Visual Number. *American Journal of Psychology*, 62 (4), 498-525
- Kazmier, L. (1984). *Basic statistics for business and economics*. New York: McGraw-Hill.
- Klhar (1973). The Role of Quantification Operators in the Development of Conservation o Quantity. *Cognitive Psychology*, 4, 301-327
- Klahr, D., & Wallace, G. (1976). *Cognitive development: An information processing view*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mandler, G. & Shebo, B. (1982). Subitizing: An Analysis of Its Component Processes. *Journal of experimental psychology*, 111 (1), 1 – 22
- Marr, D. (1982) *Vision*. San Francisco: W.H. Freeman.
- Mitroff, R. & Simons, D. (2002). Changes are not localized before they are explicitly detected. *Visual Cognition*, 9 (8), 937-968
- Oyama, kykuchi & Ichiara (1981). Span of attention, backward masking, and reaction time. *Perception and Psychophysics*, 29, 106 – 112
- Pasini. M. & Tessari, A. (2001). Hemispheric specialization in quantification processes. *Psychological Reasearch*, 65, 57 -63
- Plazza, M., Mechelli, A., Butterworth, B. & Price, C. (2002). Are subitizing and counted implemented as sparated or functionally overlapping processes? *NeuroImage*, 15, 435-446
- Pylyshyn, Z. (1998). The Role of Visual Indexes in Spatial Vision and Imagery. *Visual Attention*, 215-231
- Riggs, K., Ferrand, L., Lancelin, D., Fryziel, L., Dumur, G. & Simpson, A. (2006). Subitizing in Tactile Perception. *Psychological Science*, 17 (4), 271-272
- Sathian, K., Simon, T. J., Peterson, S., Pattel, G. A., Hoffman, J. M. & Grafton, T. (1999). Neural Evidence Linking Visual Object Enumeration and Attention. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11 (1), 36-51
- Simon, T. & Vaishnavi, S. (1996). Subitizing & counting depend on different attentional mechanisms: Evidence from visual enumeration in afterimages. *Perception & Psychophysics*, 423 – 446

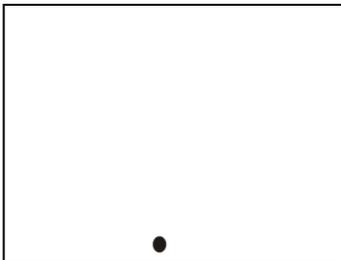
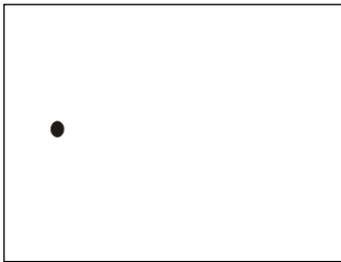
- Svenson, O. & Sjoberg, K. (1983). Speeds of subitizing and counting processes in different age groups. *The Journal of Genetic Psychology*, 142, 203-211
- Trick & Pylyshyn, Z. (no prelo). Tracking Multiple Independent Targets: Evidence for a Parallel Tracking Mechanism
- Trick, L. & Pylyshyn, Z. (1993). What enumeration studies can show us about spatial attention: evidence for limited capacity preattentive processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 19 (2), 331 -351
- Trick, L. & Pylyshyn, Z. (1994). Why are small and large numbers enumerated differently? A limited-capacity preattentive stage in vision. *Psychological review*, 101 (1), 80 – 102
- Trick, L., Enns, J. & Brodeur, D. (1996). Life Span Changes in Visual Enumeration. The Number Discrimination Task. *Developmental Psychology*, 32, (5) 925-932
- Vecera, S. & Behrmann, M. (1997). Spatial attention does not require preattentive grouping. *Neuropsychology*, 11, 30-43.
- Vuilleumier, P., & Rafal, R. (1999). "Both" means more than "two": localizing and counting in patients with visuospatial neglect. *Nature Neuroscience*, 2(9), 783-784.
- Watson, D., Maylor, A. & Bruce, J. (2002). Aging and Enumerating: A Selective Deficit for the Subitization of Targets Among Distractors, *Psychology and aging* 17 (3), 196-504
- Wender, K. F. & Rothkegel, R. (2000). Subitizing and its subprocesses. *Psychological Research*, 64, 81-92
- Wechsler, D. (1997). *Wechsler Adult Intelligence Scale - Third Edition (WAIS-III): Administration and scoring manual*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1999): *Escala de inteligencia de Wechsler para adultos -3ª Ed. (WAIS – III): Manual de aplicación y corrección*. Madrid: TEA Ediciones
- Wolters, G. Kempen, H. & Wijnhuizen, G. (1987). Quantification of small numbers of dots: subitizing or pattern recognition? *American Journal of Psychology*, 100 (2), 225-237

Anexo 1

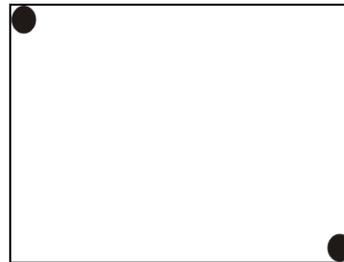
Exemplos de estímulos

São apresentados de seguida dois exemplos de cada estímulo. Foram constituídos oito configurações para cada quantidade. A partir da magnitude três os estímulos estão divididos entre aleatórios e canónicos. As imagens não traduzem a real dimensão dos pontos (15 mm diâmetro cada), ou o afastamento destes entre si uma vez que foram reformatadas para se enquadrarem neste documento. As discrepâncias de tamanho entre as imagens devem-se a alterações do formato digital.

Um ponto

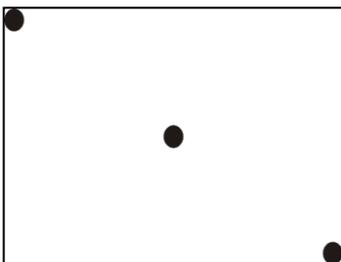


Dois pontos

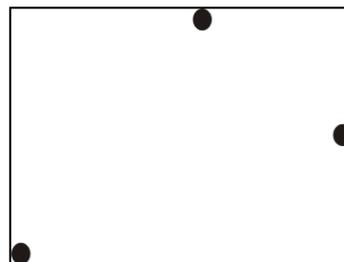


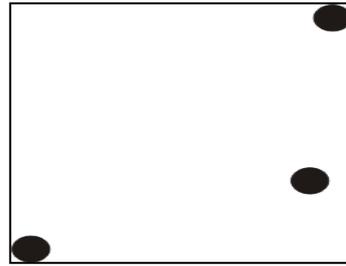
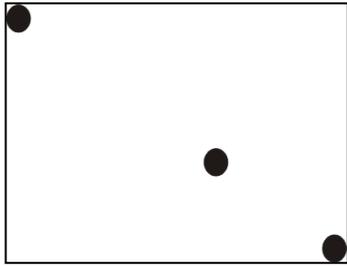
Três pontos

Canónico



Aleatório

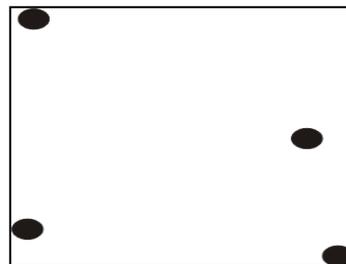
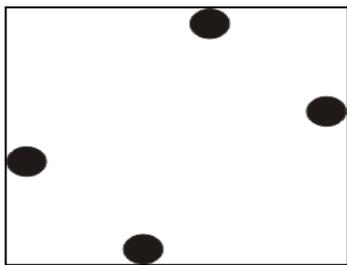
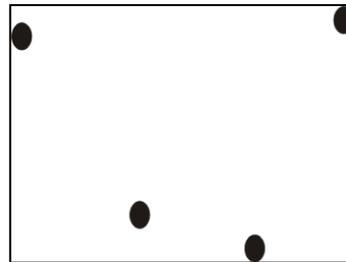
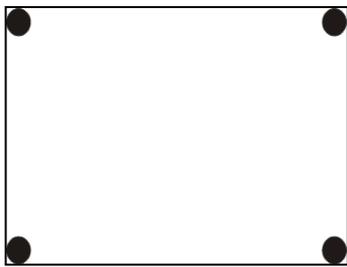




Quatro pontos

Canónico

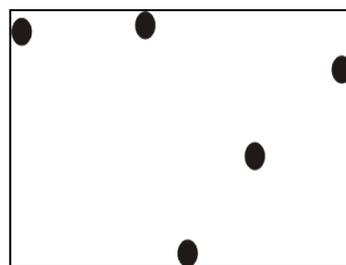
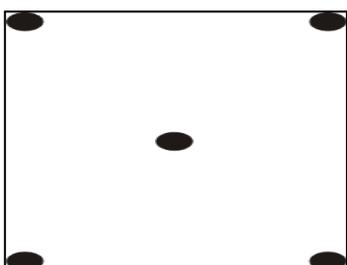
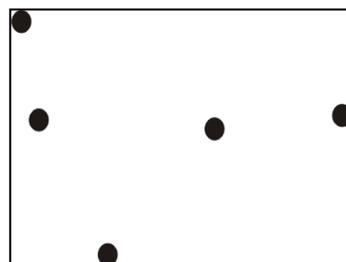
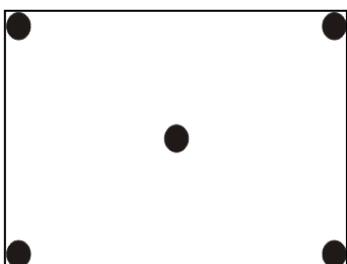
Aleatório



Cinco Pontos

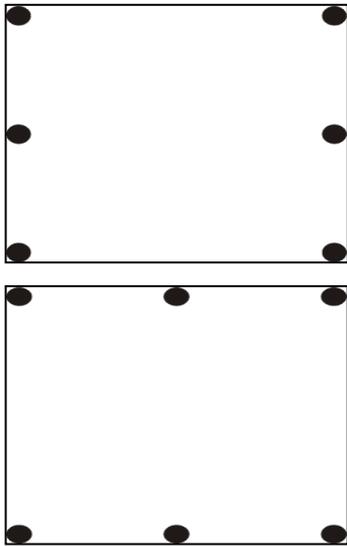
Canónico

Aleatório

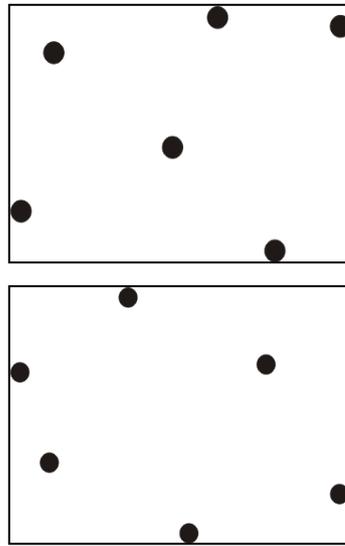


Seis Pontos

Canónico

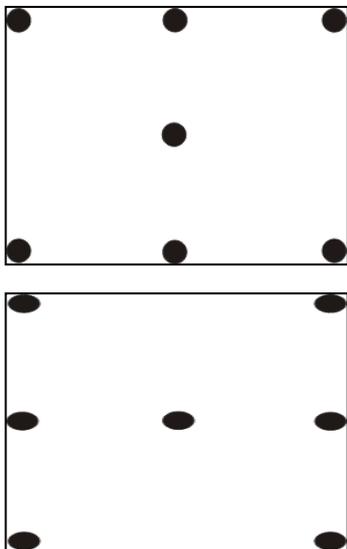


Aleatório

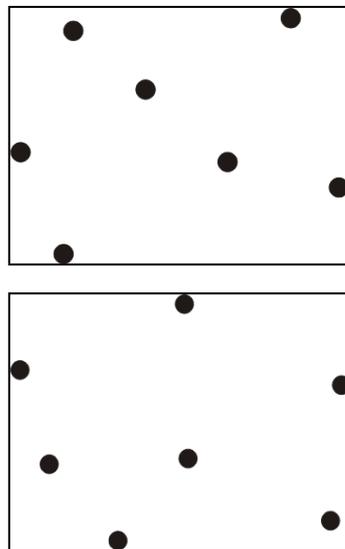


Sete pontos

Canónico

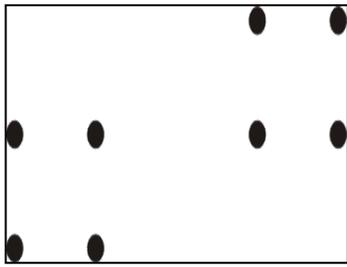
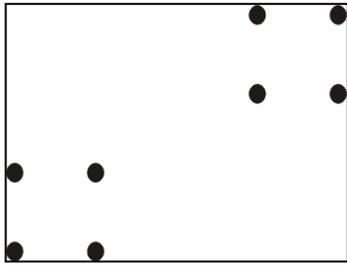


Aleatório

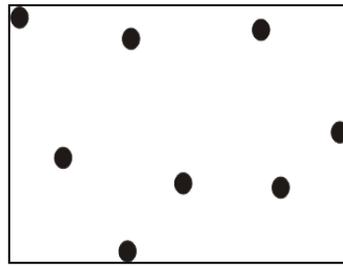
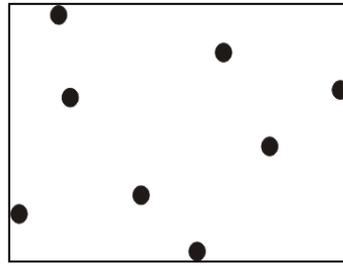


Oito Pontos

Canónico

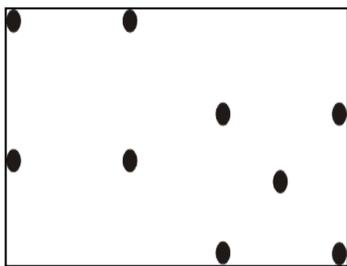
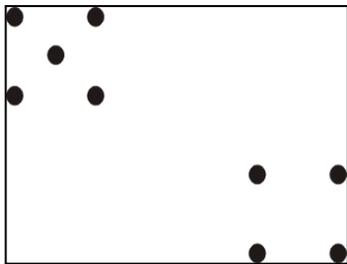


Aleatório

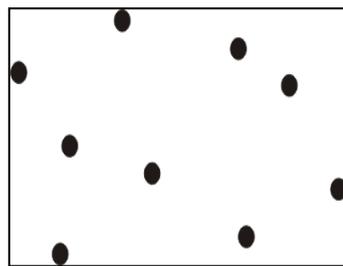
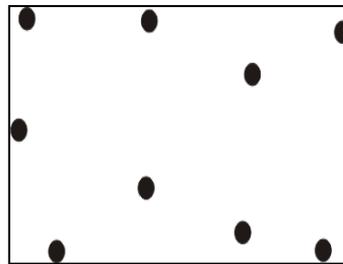


Nove Pontos

Canónico

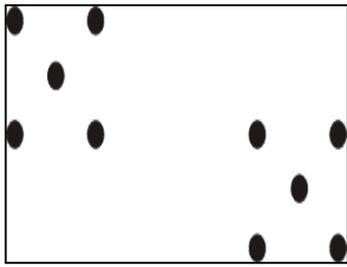
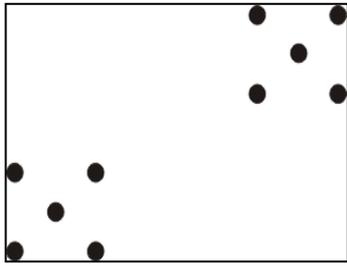


Aleatório

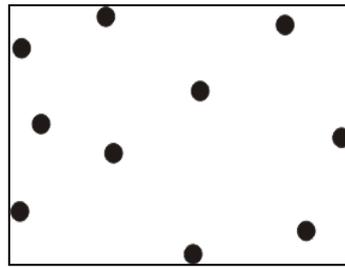
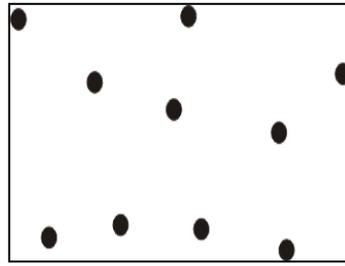


Dez pontos

Canónico



Aleatório



Anexo 2

Instruções da prova de enumeração

“Bem-vindo à experiência E-prime - subitane. A sua tarefa é dizer em voz alta o mais rápido que conseguir e com o máximo de certeza o número de pontos que se encontram no ecrã. Utilize o máximo de certeza possível.”

“Prima Espaço”

“Dentro de momentos vai surgir no ecrã uma cruz preta, sinal de que a tarefa vai começar. Cada imagem está separada da outra por curtos intervalos de tempo.”

“Para começar prima Espaço”

Instruções da prova de controlo fonético

“Bem-vindo à experiência E-prime - subitane. A sua tarefa é dizer em voz alta, os números que vão surgir no ecrã.”

“Para prosseguir prima Espaço”

“Dentro de momentos vai surgir no ecrã uma cruz preta, sinal de que a tarefa vai começar. Cada palavra está separada da outra por curtos intervalos de tempo.”

“Para começar prima Espaço”