

## **Pesquisas sobre subitização em bebês: O que analistas do comportamento podem ensinar e aprender?**

*(Research on number sense: What behavior analysts can teach and learn?)*

**Marcelo Henrique Oliveira Henklain<sup>1\*</sup>, João dos Santos Carmo<sup>\*\*</sup>,  
Paulo Estêvão Andrade<sup>\*\*\*</sup> & Paulo Roberto dos Santos Ferreira<sup>\*\*\*\*</sup>**

<sup>\*</sup>Universidade Federal de Roraima, <sup>\*\*</sup>Universidade Federal de São Carlos,  
<sup>\*\*\*</sup>Godsmiths University of London <sup>\*\*\*\*</sup>Universidade Federal da Grande Dourados  
(Brasil)

### **RESUMO**

Propõe-se incentivar o desenvolvimento de pesquisas analítico-comportamentais na área de cognição numérica, que envolve pesquisas sobre comportamentos pré-matemáticos (inatos) e comportamentos matemáticos, ambos com importantes implicações ao ensino de Matemática. Neste trabalho a discussão restringe-se às pesquisas sobre subitização em bebês. Foi desenvolvida uma introdução a pesquisas cognitivistas sobre subitização em bebês humanos com base nos critérios de ineditismo e de filiação às duas linhas de pesquisa descritas por Cohen & Marks (2002). Em seguida, foi apresentada uma proposta preliminar de interpretação comportamental de processos psicológicos subjacentes à subitização, sempre apontando possibilidades de novos estudos e discutindo os resultados das pesquisas revisadas. Sugere-se que a interpretação skinneriana do comportamento de perceber, as pesquisas sobre comportamento de observação e o paradigma de equivalência de estímulos podem ser empregados numa análise inicial dos dados obtidos em pesquisas sobre subitização. Futuros artigos deverão fomentar pesquisas empíricas sobre subitização em bebês orientadas pela Análise Experimental do Comportamento.

*Palavras-chave:* Bebês humanos; análise do comportamento; psicologia cognitiva; senso numérico; subitização.

### **ABSTRACT**

We want to encourage the development of behavior analytic research in numerical cognition area, involving research on pre-mathematical (innate) and mathematical behavior, both with important implications for mathematics education. Our general focus relies on number sense which research and knowledge have the following benefits: the possibility of early identi-

fication of people who may have difficulties in learning mathematics; the identification of efficient teaching procedures to develop basic mathematical skills. Considering number sense studies our main interest is with research about baby's subitization. We developed a critical introduction to cognitive research on subitization with human babies based on the criteria of originality and membership in one of the two research lines described by Cohen & Marks (2002). The studies select revealed that human babies are sensitive to numerical variations in their environment and that this ability is exclusively innate. Based on these studies, we presented some concepts in behavior analysis that could be used for a preliminary behavioral interpretation of the psychological processes underlying subitization, always pointing out possibilities of new studies and discussing the results of the revised research. We believe that Behavior Analysis has important interpretive contributions to offer based on its theoretical and methodological-experimental features not only help to plan experimental environments that prioritize control of the variables under study, but also help to ask relevant questions that can contribute to replicate the study with babies and interpreting its data. It is suggested that behavior analytical interpretation of perception, research about observation behavior and the stimulus equivalence paradigm can be used as initial possibilities to analyze data obtained in research on subitization. Future articles should promote empirical research on subitization oriented by Experimental Analysis of Behavior.

*Keywords:* Human babies; behavior analysis; cognitive psychology; number sense; subitization

As realizações humanas resultam de variáveis ambientais culturais, responsáveis pelo estabelecimento e manutenção de comportamentos que se caracterizam como verbais (Skinner, 1957) ou simbólicos (Sidman, 1994) e que no início do desenvolvimento humano operam principalmente sobre repertórios filogeneticamente determinados (Skinner, 1998). Dentre esses comportamentos modelados pela cultura com bases filogenéticas, destacam-se aqueles que envolvem uma relação entre respostas do organismo e aspectos numéricos do ambiente porque constituem a base para grande parte do desenvolvimento científico da humanidade (Steen, 1987). Relações estabelecidas e mantidas por determinantes ontogenéticos manipulados pelos membros das comunidades verbais são denominadas de comportamentos matemáticos e relações funcionais com aspectos numéricos do ambiente, que parecem anteceder qualquer experiência verbal ou simbólica, tendo uma natureza filogenética, são denominadas de comportamentos pré-matemáticos. Muitos estudos enfatizam a importância de comportamentos matemáticos e dedicam-se ao ensino de repertórios como soma e subtração. Contudo, os comportamentos pré-matemáticos são pré-requisitos para o aprendizado formal da matemática, razão pela qual merecem atenção dos pesquisadores.

A lógica para essa relação entre comportamentos pré-matemáticos e matemáticos é que todo comportamento operante, inclusive o comportamento verbal de manipulação de símbolos numéricos, origina-se de aspectos comportamentais filogeneticamente determinados. Tal suposição fundamenta-se em proposições sobre as variáveis que determinam o comportamento operante (Skinner, 1998) e tem sido demonstrada extensivamente em estudos com animais e pessoas (Donahoe & Palmer, 1994). A importância no estudo de comportamentos pré-matemáticos, concretiza-se, por exemplo, no desenvolvimento de repertórios matemáticos desde a pré-escola (Corso & Dorneles, 2010). Existe ainda a possibilidade de se desenvolver medidas para identificar as causas subjacentes às dificuldades matemáticas e do risco para a discalculia

do desenvolvimento, caracterizada por uma inabilidade para execução de cálculos numéricos (Silva & Santos, 2011).

Para investigar empiricamente as habilidades numéricas inatas, é preciso trabalhar com bebês não verbais ou pré-verbais porque não aprenderam a linguagem simbólica da matemática e, assim, apresentam o fenômeno comportamental determinado exclusivamente por variáveis de natureza filogenética. Pesquisas têm demonstrado que bebês humanos são capazes de discriminar conjuntos de estímulos (coleções) independentemente da modalidade em que são apresentados (e.g., visual, auditiva) e sem recorrer à linguagem ou contagem. Essas capacidades são reunidas pelos psicólogos cognitivistas sob o rótulo de senso numérico (McCrink & Wynn, 2004; Xu, Spelke & Goddard, 2005).

O senso numérico, conforme descrito pela ciência cognitiva, é uma capacidade numérica não verbal, universal (presente em muitas espécies não humanas) e inata de realizar dois tipos de discriminação: (a) identificar diferenças entre coleções grandes independentemente da modalidade, tendo como limite a proporção de elementos numa coleção em relação a outra (e.g., crianças de seis meses discriminam diferenças entre conjuntos de 8 *versus* 16 pontos, mas não entre oito e 12). Por isso, esse fenômeno comportamental é denominado de estimativa aproximada; (b) identificar imediatamente quantidades precisas de coleções com até três elementos, o que se denomina de subitização (Feigenson, Dehaene & Spelke, 2004).

Embora o senso numérico seja sistematicamente pesquisado por psicólogos cognitivistas, raros estudos desse tipo têm sido conduzidos por analistas do comportamento e pouca interação tem acontecido entre a produção científica de cognitivistas da área de cognição numérica e analistas do comportamento que pesquisam sobre ensino-aprendizagem da matemática. Analistas do comportamento investigam, principalmente, os comportamentos matemáticos e de ensinar matemática (Henklain, Carmo & Haydu, no prelo), sendo relevante incluir o estudo de comportamentos pré-matemáticos. A razão é que, ao adquirir esse conhecimento, o analista do comportamento pode identificar precocemente déficits no repertório pré-matemático e implementar procedimentos de ensino que possam auxiliar na aquisição de repertório matemático, evitando ou reduzindo problemas de aprendizagem.

Contudo, saber que organismos humanos podem apresentar as discriminações denominadas como senso numérico é importante, mas insuficiente para a Análise do Comportamento. É preciso compreender também quais são as variáveis ambientais que podem controlar essas respostas discriminativas, quão sensíveis essas respostas são ao reforçamento, como esse conhecimento pode ser interpretado com base nos princípios comportamentais existentes e que outros tipos de respostas pré-matemáticas os seres humanos são capazes de apresentar. Essas questões representam um programa extenso de pesquisa que os analistas do comportamento não precisam iniciar do zero se aceitarem dialogar com os psicólogos cognitivistas que são referências no estudo de comportamentos pré-matemáticos. Um possível ganho adicional é que, a partir de pesquisas analítico-comportamentais originadas de estudos cognitivistas, talvez possa surgir uma proveitosa parceria em pesquisa entre psicólogos das duas abordagens. Essa parceria não precisa ter como objetivo uma conciliação epistemológica, mas sim alcançar uma relação de colaboração na construção de uma Psicologia que avalia as suas teorias, hipóteses, procedimentos, etc., com base em dados.

É preciso reconhecer que, embora cognitivismo e behaviorismo possuam como escopo de investigação e explicação científicas objetos distintos, a objetividade de seus estudos pode garantir a produtividade de um processo interdisciplinar de investigação científica dos fenômenos psicológicos. Nesse processo, analistas do comportamento e cognitivistas, conhecendo

um pouco mais sobre conceitos e pesquisas uns dos outros, estarão em melhor posição para estabelecer intercâmbios na produção de conhecimento. Este trabalho também servirá para atualizar outros profissionais na área específica de aprendizagem matemática, o que é de importância evidente.

Os objetivos deste artigo consistem em realizar uma revisão da produção científica sobre subitização e apresentar conceitos e dados de pesquisas que ajudem a interpretar em bases analítico-comportamentais os resultados dos estudos em cognição numérica e identificar novas possibilidades de investigação da subitização. A escolha desse repertório em detrimento da estimativa aproximada, que também compõe o senso numérico, está relacionada aos estudos conduzidos pelos autores deste artigo e não representa uma escolha em função da maior importância ou demanda por estudos sobre subitização no lugar da estimativa aproximada. A intenção das interpretações que serão apresentadas não é desmontar a explicação cognitivista, mas estimular pesquisas analítico-comportamentais sobre o tema. Considera-se que a perspectiva operacional da Análise Experimental do Comportamento, ao se restringir na descrição de eventos observáveis em correlações funcionais verificáveis, pode contribuir heurísticamente na organização e interpretação dos resultados mais importantes e generalizáveis obtidos a respeito do fenômeno da subitização em bebês.

Uma revisão dessa espécie tem como desafio a escolha dos critérios a dirigirem a seleção dos estudos e a organização dos mesmos em categorias que permitam uma perspectiva sistematicamente mais compreensível daquilo que tem sido produzido. De modo geral, os trabalhos selecionados se justificam com base na divisão realizada por Cohen e Marks (2002) acerca das duas linhas de pesquisa na investigação da subitização: a capacidade de bebês para estabelecer relação termo-a-termo intermodal; a capacidade de realizar operações aritméticas simples. A partir dessa informação, foram selecionadas pesquisas representativas dessas duas linhas, especialmente, com base em sua importância histórica (isto é, foram estudos inéditos). Na seção em que essas pesquisas são descritas, os conceitos e conclusões foram todos baseados no aporte teórico da Psicologia Cognitiva. A apresentação de conceitos e interpretações comportamentais ficou separada numa seção própria.

## **PESQUISAS SOBRE SUBITIZAÇÃO**

Na década de 1960, Fantz (1964) descreveu o “reflexo de orientação”, isto é, a preferência dos bebês em fixar visualmente estímulos novos em comparação aos estímulos familiares. Desde então, esse reflexo serviu de base para o mais importante paradigma experimental usado com bebês: o método do olhar preferencial baseado em um procedimento de habituação-desabituação (Starkey & Cooper, 1980). Inicialmente, mostra-se determinado estímulo (uma foto, boneco, etc.) repetidas vezes ao bebê, até que literalmente ocorra o que se denomina de “habituação”, o que será indicado por uma sensível diminuição na duração da resposta de olhar até que, após certo número de repetições, se estabiliza essa duração. Então, um novo estímulo diferindo do anterior em certos aspectos específicos selecionados pelo pesquisador, tais como cor, forma, quantidade, etc., é apresentado. Se o bebê olhar mais tempo para o estímulo novo, significa que houve “desabituação”, ou seja, ele discriminou aquela diferença introduzida (Andrade & Prado, 2003). Assim, o método do olhar preferencial com base nos processos de habituação e desabituação permite investigar se o bebê é ou não capaz de discriminar a manipulação de atributos ou dimensões específicas em um dado estímulo. Graças ao método de olhar preferencial e a outras novas técnicas de investigação, foram encontradas evidências

notáveis de capacidades muito precoces em bebês e até mesmo em neonatos de serem afetados por propriedades ambientais relativamente sofisticadas, estritamente correlacionadas com o grau de novidade dos estímulos.

Uma das primeiras capacidades identificadas em bebês foi a subitização, neologismo derivado da palavra súbito, que diz respeito à capacidade de identificar e discriminar de súbito conjuntos numéricos de até três ou quatro elementos com precisão e sem o recurso da contagem, comumente observada em adultos e há mais de 140 anos reportada na literatura (Jevon, 1871; Kaufman, Lord, Reese & Volkman, 1949). Uma das primeiras pesquisas a mostrar evidências de subitização em bebês foi conduzida por Starkey e Cooper (1980). Participaram do estudo 72 bebês entre 16 e 30 semanas de idade, submetidos a um procedimento de habituação a um estímulo visual (pontos pretos). Em seguida eram expostos a um novo estímulo visual contendo um número diferente de pontos pretos, controlando-se as variáveis contínuas ou não numéricas dos dois estímulos, isto é, tornando-os iguais em área, densidade (comprimento e/ou distâncias comuns entre os pontos), etc. Se a duração do olhar do bebê diminuísse diante dos estímulos de habituação e aumentasse diante de um novo estímulo com um número diferente de pontos (desabituação), poder-se-ia argumentar que os bebês estavam sob controle da quantidade de pontos. Os bebês foram expostos a quatro condições, cada qual apresentando estímulos específicos de habituação e de pós-habituação: (a) habituação com dois estímulos e pós-habituação com três, (b) habituação com três e pós-habituação com dois, (c) habituação com quatro e pós-habituação com seis e (d) habituação com seis e pós-habituação com quatro. Em cada condição, havia dois tipos de estímulos de habituação: um com o mesmo comprimento que o estímulo de pós-habituação e outro com a mesma distância entre pontos que o estímulo de pós-habituação. As condições a e b foram planejadas com base na hipótese de que os bebês são capazes de subitizar quantidades envolvendo dois a três elementos. As condições c e d foram usadas como controle, uma vez que bebês, supostamente, não seriam capazes de subitizá-las. Os resultados mostraram que os bebês olhavam mais para a mudança quantitativa de elementos do que para a alteração espacial ou de densidade. Isso significa que a propriedade isolada do ambiente, quantidade de pontos, foi determinante do comportamento dos bebês, ao invés de outras propriedades, como tamanho ou posição. Essa evidência do controle pela quantidade demonstra a robustez da capacidade dos bebês de subitizarem em contextos como os do experimento.

Outro estudo clássico foi o realizado por Starkey, Spelke e Gelman (1983). Esta pesquisa foi composta por três experimentos nos quais foram apresentadas a bebês de seis a oito meses duas fotografias expostas lado a lado por meio de slides, uma contendo dois objetos e a outra três. Simultaneamente à exposição das duas fotografias, os bebês também ouviram duas ou três batidas de tambor emitidas de uma localização central por trás dos slides e, então, o tempo do olhar para as fotografias foi registrado. No Experimento 1 em que participaram 16 bebês, os slides consistiram de diversos itens domésticos. Para cada bebê foram utilizadas de 16 a 32 tentativas. Em cada tentativa, a duração do olhar para cada uma das duas fotografias foi registrada apenas no período de dez segundos que se seguia à emissão do último estímulo sonoro. Os registros foram feitos por dois observadores que não podiam ver as fotografias que estavam no slide em exibição. Os resultados foram que os bebês olharam por mais tempo para a fotografia cuja quantidade de itens correspondia à quantidade de batidas ouvidas e os mesmos resultados foram obtidos com oito bebês num segundo experimento, cujo objetivo era replicar o primeiro. O terceiro experimento, com 16 bebês, também consistiu em uma replicação do primeiro, com a única diferença de que a duração do estímulo sonoro de duas

batidas foi equiparada à duração de três batidas. Os resultados revelaram que os bebês olharam por mais tempo para a fotografia cuja quantidade de itens correspondia numericamente à quantidade de sons de batidas de bateria emitidos.

Em resumo, as pesquisas apresentadas (Starkey & Cooper, 1980; Starkey et al., 1983) sugerem que bebês são capazes de reagir a variações de quantidade e podem, inclusive, realizar correspondência numérica entre estímulos de diferentes modalidades. Surgiu, então, a pergunta sobre se esses bebês poderiam também realizar operações aritméticas simples com quantidades subitizáveis de um a três objetos. Para responder a esta pergunta, Karen Wynn utilizou o método do olhar com algumas modificações. Em seu estudo, utilizou um procedimento de violação das expectativas no qual bebês de cinco meses de idade viam eventos em que um, dois ou três bonecos Mickey Mouse © entravam em um pequeno palco de fantoches (Wynn, 1992). Após a entrada dos bonecos, um anteparo se levantava cobrindo parcialmente a cena. Em algumas tentativas, e de um modo bem visível à criança, um boneco podia ser introduzido ou removido por trás do anteparo, mas o resultado da adição ou subtração sempre permanecendo atrás do anteparo, oculto à criança. Finalmente, o anteparo era baixado revelando resultados corretos (por exemplo:  $2 + 1 = 3$ ;  $2 - 1 = 1$ ) ou incorretos ( $1 + 1 = 1$ ;  $2 - 1 = 2$ ). Para a produção dos resultados incorretos, um experimentador escondido atrás do palco retirava um boneco através de um fundo falso. Os resultados foram consistentes com a previsão de Wynn de que se os bebês realmente possuísem uma intuição aritmética básica (adições e subtrações simples de quantidades subitizáveis de até três objetos) eles iriam olhar por mais tempo para os resultados aritmeticamente incorretos (impossíveis) do que para os corretos (possíveis). Note que no procedimento clássico de habituação e desabituação o objetivo era documentar a capacidade de bebês para discriminar alterações quantitativas no ambiente. No procedimento de violação da expectativa, além da discriminação de quantidades, espera-se documentar que bebês sejam capazes de discriminar mudanças de quantidades corretas e incorretas, ou seja, que respeitam ou não a regras matemáticas.

Cohen e Marks (2002) identificaram três explicações alternativas àquelas propostas por Starkey e Cooper (1980), Starkey, Spelke e Gelman (1983) e Wynn (1992): (a) os bebês de Wynn poderiam não somente estar identificando a adição e subtração de bonecos, mas também mostrando uma preferência pela maior quantidade de itens no palco; (b) em vez de estarem discriminando numerosidades subitizáveis e identificando a adição e subtração de bonecos, os bebês poderiam estar, simplesmente, esboçando uma preferência pela familiaridade sensorio-perceptiva geral dos arranjos (c) ou, então, uma preferência pela familiaridade combinada à preferência para quantidades maiores de objetos.

Diante dessas hipóteses, Cohen e Marks (2002) decidiram realizar estudo empírico para averiguar a plausibilidade de cada uma das três explicações alternativas. Num primeiro experimento participaram 80 bebês com, aproximadamente, cinco meses. Esse grupo foi dividido em dois subgrupos, sendo que um deles passaria apenas por procedimento de adição e outro apenas de subtração (40 bebês em cada subgrupo). Os tipos de testes para cada grupo foram: (a) Grupo de adição:  $1+1=0$ ,  $1+1=1$ ,  $1+1=2$  e  $1+1=3$ ; (b) Grupo da subtração:  $2-1=0$ ,  $2-1=1$ ,  $2-1=2$  e  $2-1=3$ . Os estímulos utilizados para viabilizar as operações foram macacos de brinquedo. Cada resultado foi apresentado duas vezes. Houve, portanto, dois blocos de tentativas para cada grupo, adição e subtração, com apresentação randômica dos estímulos. No primeiro experimento, diferentemente do estudo de Wynn (1992) em que os bebês viam uma alternância de apenas dois tipos de resultados para cada operação (correto ou incorreto), os bebês de Cohen e Marks viam quatro resultados diferentes para cada operação (zero, um, dois

ou três objetos) em duas repetições de cada resultado (diferentemente do estudo de Wynn em que cada resultado tinha três repetições) perfazendo, assim, um total de oito pares de eventos numéricos e, portanto, seis incorretos e apenas dois corretos.

Apesar das importantes diferenças metodológicas, no primeiro bloco de testes Cohen e Marks (2002) presenciaram o mesmo padrão de resultados obtidos por Wynn (1992), pois os bebês olharam por mais tempo para o resultado incorreto “um” no grupo da adição “ $1 + 1$ ” e para o resultado incorreto “dois” no grupo da subtração “ $2 - 1$ ”. Mas esta preferência não se repetiu para o resultado incorreto “três” em todos os blocos. Em suma, ao longo de todo o primeiro experimento, os bebês de Cohen e Marks olharam por mais tempo, não para todos os resultados incorretos, mas preferiram os resultados de exibição idêntica à exibição inicial (i.e. a um objeto na série “ $1 + 1$ ”, a dois objetos na série “ $2 - 1$ ”) em lugar dos resultados diferentes da apresentação inicial. Cohen e Marks argumentaram, então, que o maior tempo do olhar para os resultados aritméticos incorretos no experimento de Wynn (1992) poderia ser explicado pela preferência pela familiaridade da apresentação inicial. No segundo experimento, 16 bebês de cinco meses de idade não presenciaram nenhuma operação de adição e subtração e foram expostos somente aos estímulos correspondentes aos quatro resultados de cada operação aritmética do Experimento 1. Assim, o experimento consistiu simplesmente na medição da duração do olhar do bebê diante de nenhum, um, dois e três bonecos com o objetivo de investigar a explicação alternativa de que os bebês simplesmente preferem olhar para os estímulos com mais itens. Cada numerosidade foi apresentada duas vezes (primeiro e segundo bloco) e houve cuidado de que os estímulos fossem apresentados de forma randômica. O tempo do olhar aumentou na medida em que aumentou o número de itens, mas este padrão foi estatisticamente significativo somente no segundo bloco de apresentações. Isso sugeriu que, antes de os bebês apresentarem alguma preferência no olhar, talvez fosse preciso familiarizá-los com cada resultado (zero, um, dois e três) a ser avaliado.

Cohen e Marks (2002) propuseram que os bebês realizam um processamento dual de numerosidades. Num primeiro momento respondem por familiaridade e, em seguida, em função de conjuntos com maiores quantidades. Assim, um terceiro experimento foi realizado para avaliar a influência da familiaridade sobre a duração do olhar bem como para testar a plausibilidade da explicação do processamento dual. No Experimento 3 avaliou-se o que aconteceria se os bebês fossem familiarizados com as quantidades de 1 ou 2 objetos antes de receber os mesmos testes do Experimento 2. Participaram 16 bebês de cinco meses. Metade foi familiarizada com um boneco (macaco) e a outra metade com dois. Após esta fase, cada sessão de teste começava com um ou dois estímulos no palco. Os bebês presenciaram eventos de “mudança de número”, mas, diferentemente do Experimento 1, não presenciaram nenhuma operação explícita de adição ou subtração. No Experimento 3, os bebês viam tanto um quanto dois objetos serem ocluídos por uma tela, cuja remoção alguns segundos depois podia revelar zero, ou um, dois ou três itens. Os bebês olharam por mais tempo para o resultado possível, no qual o número revelado era o mesmo que o do “display” inicial, do que eles olharam para o número alterado (impossível), indicando que a familiaridade e não as propriedades numéricas dos estímulos influenciaram o tempo do olhar dos bebês. Cohen e Marks (2002) concluíram que seus resultados suportam a noção de que o processamento dual influenciou a duração do olhar dos bebês e, por isso, colocaram em dúvida a hipótese de Wynn (1992) de que os bebês possuem uma intuição básica de adição e subtração de quantidades subitizáveis.

Wynn (2002) argumentou que o método utilizado por Cohen e Marks (2002) não representa o paradigma de “violação de expectativa”, no qual se equilibram os resultados corretos

e incorretos, mas sim um paradigma no qual, além do excesso de resultados diferentes, há desequilíbrio entre eventos impossíveis e possíveis, com 75% das tentativas representando resultados impossíveis, em contraste com o experimento de Wynn (1992), com 50% de eventos possíveis e impossíveis. Outro viés é que o excesso de alternativas apresentadas aos sujeitos sobrecarrega a demanda atencional e a memória de trabalho dos bebês induzindo sua atenção para características perceptivas superficiais no lugar das diferenças conceituais, cuja detecção requer processos inferenciais (Wynn, 2002). De fato, estudos anteriores ao de Cohen e Marks já haviam replicado os resultados de Wynn (1992), com procedimentos que controlaram variáveis não numéricas, incluindo a familiaridade (Koechlin, Dehaene, & Mehler, 1997; Simon, Hespos, & Rochat, 1995; Wynn, 1996).

Com base nas evidências de que os bebês são sensíveis à numerosidade contida nas informações auditivas e são capazes de integrar informações numéricas nas modalidades visual e auditiva (Starkey et al., 1983), Kobayashi *et al.* (2004) replicaram as operações de Wynn (1992) envolvendo objetos auditivos e visuais. Bebês de 5 meses foram familiarizados com dois ou três bonecos apresentados sequencialmente se chocando com uma superfície e emitindo um tom. Nas sessões experimentais os bonecos ficavam ocluídos e os bebês ouviam dois ou três tons. Após a retirada do oclisor poderiam aparecer dois ou três bonecos. Os resultados mostraram que os bebês olharam por mais tempo quando a quantidade de bonecos não correspondia à quantidade de tons, revelando a capacidade de reconhecer operações aritméticas básicas entre modalidades sensoriais diferentes.

Jordan e Brannon (2006), porém, afirmaram que no estudo de Kobayashi *et al.* (2004), a discriminação de numerosidade podia ter sido determinada por meio de pistas sensoriais não numéricas porque as variáveis contínuas (e.g., área dos objetos e duração dos tons) não foram controladas, fazendo com que os estímulos com maior numerosidade sempre estivessem associados a uma maior intensidade sensorial. Argumentaram então ser possível que os bebês estivessem simplesmente associando os estímulos visuais com maior área aos estímulos auditivos com maior duração. Para sanar estas questões, Jordan e Brannon investigaram se bebês de sete meses são capazes de espontaneamente associar a estimulação visual de duas ou três mulheres por meio da estimulação auditiva de duas ou três vozes femininas pronunciando simultaneamente a palavra “olhe”. Como os estímulos foram temporal e espacialmente sincrônicos, os aspectos contínuos não numéricos foram controlados. Os bebês mostraram uma preferência pelos estímulos visuais cujo número de elementos (mulheres falando) equivalia ao número de vozes. Esses resultados mostram que bebês discriminam atributos numéricos do meio e realizam conexão intermodal entre eles.

Outros procedimentos baseados na locomoção e busca manual de objetos em crianças de 8 a 12 meses também têm produzido evidências da subitização. Diferentemente do paradigma do “olhar preferencial”, a “busca manual” é uma medida direta da preferência por uma dada quantidade e que exige a manutenção da representação dos objetos por até 20s (Van de Walle, Carey, & Prevor, 2000). Nos estudos que utilizam o paradigma da busca manual para investigar a subitização no nível das operações aritméticas básicas, os procedimentos são similares aos usados por Wynn (1992) exceto que os bebês possuem o dobro da idade e veem os objetos serem escondidos dentro de baldes. Assim, bebês de 10 a 12 meses veem um experimentador esconder uma bolacha em um balde à esquerda e, depois, esconder sucessivamente  $1 + 1 = 2$  bolachas no balde à direita (Feigenson, Carey & Houser, 2002). Verificou-se que os bebês sempre procuram o balde com a maior quantidade de bolachas, incluindo as numerosidades de um versus três e dois versus três, mas não se em um dos baldes fossem colocadas quatro

bolachas (Simon et al., 1995; Starkey & Cooper, 1980; Wynn, 1992). Feigenson et al. (2002) também observaram que se em um balde for colocado um biscoito grande e no outro forem colocados dois biscoitos pequenos, cujos tamanhos somados correspondem à metade do biscoito grande, os bebês buscam o balde com o biscoito grande. Mas, quando a área total dos biscoitos é igualada entre as diferentes coleções numéricas, os bebês baseiam sua busca nos atributos unicamente quantitativos (Feigenson & Carey, 2003).

Os achados descritos sugerem que bebês são capazes de subitizar coleções de três objetos, e que esta capacidade evoluiu não somente para o rastreamento numérico preciso de um pequeno número de elementos, mas também para a representação de informações sobre suas propriedades quantitativas contínuas (e.g., área, volume, comprimento, etc.). A origem evolucionária dessas capacidades pode ser justificada pelo fato de que um predador, por exemplo, necessita saber não só o número de indivíduos no grupo que ele pretende atacar, mas também se a presa alvo é a menor e, portanto, a mais fácil de ser abatida.

#### *Interpretações comportamentais dos resultados obtidos nas pesquisas sobre subitização*

As considerações a seguir visam despertar a atenção do leitor para possibilidades de análise comportamental dos dados apresentados de modo a incitar novas pesquisas e, talvez, possíveis aproximações de pesquisadores cognitivistas e behavioristas. A preocupação em aproximar se justifica porque existem preconceitos de outras abordagens da Psicologia em relação à Análise do Comportamento (Guimarães, 2003), como também o inverso. Essa segunda alegação está baseada em muitos textos críticos de Skinner à Psicologia Cognitiva que podem ter gerado posições preconceituosas. A posição antimentalista de Skinner merece ser conhecida e discutida, mas foge ao escopo deste artigo. Cabe apenas destacar que uma das preocupações de Skinner (1999) era o psicólogo se esquecer de (ou se desinteressar por) coletar dados para confirmar as suas interpretações ou partir para construções teóricas sem suporte dos dados. Uma vez que esta recomendação não seja violada, seria temerário classificar ou criticar esses estudos como mentalistas e descartá-los apenas pelo uso de termos que possam parecer mentalistas. A Psicologia Cognitiva é, como a Análise do Comportamento, parte importante da psicologia científica e fundamenta suas conclusões em dados objetivamente definidos e replicáveis (Medin et al, 2004). Dessas considerações, não se segue, por outro lado, que a Análise do Comportamento deva abandonar seus conceitos.

A Análise do Comportamento estuda o comportamento enquanto relação entre classes de estímulos (públicos e privados, presentes na história de reforço e imediatos, sociais e não sociais) e classes de respostas de um organismo biologicamente constituído, ambas definidas por suas funções (Skinner, 1957). Historicamente, os analistas do comportamento têm concentrado esforços no estudo do comportamento operante e foram identificados diversos tipos de arranjos ambientais que determinaram de forma reproduzível regularidades nesse fenômeno. A descrição dessas regularidades deu origem a um conjunto de princípios básicos de aprendizagem útil no estudo e compreensão dos comportamentos humanos complexos (e.g., Staats & Staats, 1963). As pesquisas comportamentais são frequentemente de natureza experimental ou quase-experimental, com sujeitos humanos e não-humanos e, geralmente, adotam variáveis dependentes definidas na forma de frequência de respostas em contexto de operante livre (Skinner, 1998) ou de escolhas em tentativas discretas (Cumming & Berryman, 1965) como medidas dos efeitos da manipulação de variáveis independentes. A descrição das relações organismo-ambiente constitui o objetivo fundamental da análise comportamental,

possibilitando a compreensão das ações dos organismos animais em sua interação funcional com o ambiente (Donahoe & Palmer, 1994).

Uma breve análise dos resultados apresentados por Starkey *et al.* (1983) e Jordan e Brannon (2006) ilustra o tipo de contribuição metodológica que a Análise do Comportamento pode oferecer. No experimento de Starkey *et al.* os bebês demonstraram desabituação quando a quantidade de bonecos não era equivalente à quantidade de tons, enquanto no experimento de Jordan e Brannon a desabituação foi verificada quando os bebês se depararam com uma equivalência numérica entre quantidade de vozes e de elementos. Essa inconsistência, de preferência pela não equivalência em um estudo e pela equivalência em outro, poderia ser o resultado de relações de controle operante estabelecidas por consequências apresentadas inadvertidamente às respostas de olhar dos bebês em cada procedimento, o que caberia a futuras replicações desses estudos investigar. Desse ponto de vista, nota-se que as pesquisas sobre subitização descritas manipularam estímulos antecedentes (quantidade de elementos) e registraram a resposta de duração do olhar, mas não especificaram as consequências que se seguem a essa resposta e seus eventuais efeitos sobre o aumento ou a diminuição de frequência do responder. Atentar para o possível papel desempenhado pelo reforço pode resultar na identificação de processos relevantes envolvidos na aquisição de habilidades numéricas na espécie humana com base em processos inatos de subitização. Já nos estudos sobre “busca manual” o efeito da consequência é mais evidente e eles podem constituir um primeiro passo para pesquisas comportamentais sobre subitização e o conseqüente estabelecimento, por meio de reforçamento, de operantes controlados por quantidades.

Uma ilustração relativa ao campo conceitual diz respeito à variedade de abordagens interpretativas do comportamento cognitivo na Análise do Comportamento, dentre as quais se podem apresentar como exemplo as de Skinner (1957), Staats & Staats (1963), Sidman (1994), Hayes, Barnes-Holmes e Roche (2001), e Donahoe e Palmer (1994). Embora não seja possível, neste artigo, tratar de todas essas formulações, uma apresentação a respeito de três fenômenos investigados pela Análise do Comportamento será suficiente para elucidar a respeito da forma como a perspectiva poderia contribuir na linha de pesquisa do fenômeno da subitização: resposta de observação, comportamento de perceber, comportamento simbólico.

Respostas de observação: esse fenômeno, demonstrado por Wyckoff (1952), define-se como respostas cuja função comportamental consiste na produção de estímulos discriminativos que apresentam importante papel na determinação do comportamento do organismo que as emite. As variáveis que determinam as respostas de observação têm sido amplamente investigadas por pesquisadores da Análise do Comportamento (Carvalho, & Machado, 1992; Case, & Fantino, 1981; Case, Fantino, & Wixted, 1985; Dinsmoor, 1983; Tomanari, 2001; Tomanari, 2004; Tomanari, Machado, & Dube, 1998). Os resultados desses estudos têm demonstrado que a frequência das respostas de observação depende do reforço do comportamento controlado pelo estímulo discriminativo que cada resposta de observação emitida produz. Nesse sentido, é possível refinar a crítica de Cohen e Marks (2002) a respeito dos dados de Wynn (1992). Ou seja, a exposição prévia a determinados estímulos pode ter levado ao estabelecimento de respostas de observação que foram, por sua vez, responsáveis pela maior frequência de respostas de olhar dos bebês para os estímulos conhecidos, ao invés de resultados aritmeticamente incorretos. Alternativamente, ao invés de se tentar um balanceamento de tipos de resultados, visando um balanceamento entre resultados corretos e incorretos, como fizeram Cohen & Marks (2002) e que levaram a críticas pertinentes por Wynn (2002), a teoria da resposta de observação sugere que sejam apresentados igualmente todos os estímulos

do experimento na fase de desabitução. Desse modo, a história de reforço das respostas de observação estabelecidas possibilitaria uma análise mais aprofundada e precisa das variáveis que determinam isoladamente o aspecto numérico dos estímulos.

Comportamento de perceber: em relação ao fenômeno da percepção, as pesquisas em cognição numérica, a exemplo daquelas conduzidas por Karen Wynn, discutem se (e quais) cognições os bebês apresentam quando são colocados diante do procedimento de violação da expectativa, no qual parte dos eventos é ocultada. Uma possibilidade interessante de interpretação da cognição dos bebês está na análise dos tipos de contingências que determinam o comportamento encoberto denominado de comportamento de perceber. Skinner (1998, 1999) aborda esse tópico a partir da possibilidade da percepção de algo ausente. Ele apresenta duas explicações para o “perceber na ausência do objeto percebido”, uma baseada no condicionamento respondente e outra no operante (Lopes & Abib, 2002). No condicionamento respondente, estímulos sistematicamente pareados com um estímulo incondicionado (US), tornam-se estímulos condicionados (CS). Na visão condicionada, por exemplo, ao esperar o jantar, a presença do prato pode ser suficiente para que o sujeito veja comida antes mesmo que ela seja servida. No condicionamento operante, algo pode ser percebido mesmo que ausente quando, por exemplo, a visão de determinado objeto for suficientemente reforçadora para que a resposta visual passe a ser emitida ao invés de eliciada. Os efeitos do condicionamento operante são análogos, porém mais amplos que os do condicionamento reflexo. O reforçamento de uma resposta torna-a mais provável no futuro. Portanto, diante de uma operação motivacional que estabeleça, num determinado momento, o valor de um evento como reforçador, a resposta que o produz irá se tornar mais provável e poderá ser emitida. A diferença entre presença e ausência reside apenas no controle de estímulos em vigor e nas dimensões da consequência que podem ser acessadas. Mesmo sem a presença do estímulo discriminativo, pode-se fazer agora o mesmo que foi feito no passado e que produziu o reforço naquela ocasião. Por essa análise pode-se supor que bebês possuem uma história consistente na qual não ocorrem violações das leis matemáticas. Por exemplo: numa brincadeira comum com bebês, pai e mãe se escondem e tornam a aparecer, repetindo essa sequência de sumiços e reaparições diversas vezes. A resposta de observação é reforçada pelo reaparecimento do pai e da mãe. Quando, na brincadeira, apenas a mãe reaparece, ela pergunta sem sorrir “cadê o papai?” e modela respostas do bebê de inspeção visual do ambiente. Não acontece de um ou os dois simplesmente sumirem e não aparecerem mais. Após essa história é possível que o bebê veja os pais reaparecendo antes mesmo de ter ocorrido. Essa é apenas uma suposição de contingência plausível na vida de um bebê que pode colaborar com o desenvolvimento de um repertório de responder diferencial a variações numéricas no ambiente e explicar a “intuição” aritmética que bebês apresentaram no estudo de Wynn (1992). Essas hipóteses explicativas, que precisam de evidência científica, constituem mais um exemplo de novos estudos a serem conduzidos no sentido de descrever/ analisar a história de contingências a que o bebê foi exposto.

Assim, a interpretação apresentada do comportamento de perceber apresenta-se automaticamente como uma possibilidade de formulação investigativa das variáveis que determinam o estabelecimento de comportamento matemático sob controle operante de quantidades, a partir do comportamento de subitização, ou seja, inato. Trata-se de considerar que o fenômeno de subitização e estudos futuros que identifiquem os respondentes de subitização poderão lidar com a manipulação subsequente de reforçadores após as respostas eliciadas para verificar em que medida a sua frequência é alterada, o que significa, como se sabe, que se tornaram também operantes. O paradigma do “olhar preferencial”, ao considerar como variável depen-

dente a frequência de respostas de procura dos bebês pelos itens mais reforçadores, apresenta claramente a possibilidade de investigação de variáveis que determinem os operantes relacionados à subitização. Subsequentemente a análise experimental da coordenação desse tipo de repertório com o comportamento do indivíduo falante (Skinner, 1957) aponta uma linha de investigação que relaciona de um lado a subitização e, de outro, o comportamento simbólico, conforme se verá a seguir.

Comportamento simbólico: a Análise do Comportamento oferece contribuições também na análise do comportamento simbólico. Esse tipo de comportamento pode ser definido como um responder sob controle de relações entre estímulos arbitrariamente relacionados (símbolos e seus referentes) e substituíveis entre si, cuja característica fundamental é a de que tanto os símbolos como os seus referentes podem exercer a mesma função no controle de repertórios específicos do organismo (McIlvane et al., 2005). Palavras e coisas, por exemplo, mantêm entre si um tipo de relação simbólica.

O comportamento simbólico pode ser interpretado como resultado de um processo de formação de classes de estímulos intercambiáveis entre si, sendo que tais classes podem, segundo De Rose (1993), incluir estímulos similares ou dissimilares: classes de estímulos similares são formadas a partir das semelhanças físicas ou atributos comuns entre os estímulos, o que se estabelece por meio de reforçamento diferencial de respostas, produzindo generalização no interior de uma classe e discriminação entre classes; classes de estímulos dissimilares são formadas por diferentes processos: relações arbitrárias entre os estímulos estabelecidas por discriminações condicionais, reforçadores comuns que selecionam uma relação entre classes de estímulos antecedentes, classes de respostas e classes de estímulos consequentes ou estímulos dissimilares que estão correlacionados com uma mesma resposta.

Denominou-se de formação de classes de equivalência a esse fenômeno em que estímulos arbitrariamente relacionados tornam-se substituíveis entre si (Sidman & Tailby, 1982; Sidman, 1994). Segundo Sidman e Tailby, verificam-se nas relações entre os membros da classe de estímulos equivalentes as propriedades de reflexividade, simetria e transitividade. Na propriedade de reflexividade verifica-se que um estímulo é relacionado a ele mesmo. Na propriedade de simetria observa-se a correspondência entre uma relação arbitrária aprendida (AB) e a relação inversa (BA). Na propriedade de transitividade, quando se ensina que A está relacionado a B e que B está relacionado a C, nota-se a emergência da relação AC. Sidman e Tailby propõem que o teste crucial que documenta a formação de classes de estímulos equivalentes é CA (uma combinação das propriedades transitiva e simétrica). Relações de equivalência são aquelas que demonstram as três propriedades, e os estímulos que fazem parte da classe são considerados membros de uma classe de equivalência. Uma consequência importante é que funções adquiridas por um membro podem ser transferidas para os demais.

Sidman (1994) sugere que a formação de classes de equivalência é um modelo experimental útil para o estudo do comportamento simbólico ou de seus rudimentos. Em resumo, classes de equivalência são conjuntos de estímulos arbitrariamente relacionados aos quais, sob determinadas circunstâncias, o indivíduo responde de forma similar, como se cada estímulo da classe fosse substituível pelo outro. Com esse paradigma, explicam-se fenômenos tais como o comportamento simbólico (Medin et al., 2004; Murphy, 2002) e, assim, compreende-se a um só tempo o processo de formação de classes, de inclusão de novos membros e de emergência de comportamentos em consonância com certas relações entre estímulos que não foram diretamente ensinadas.

O desempenho dos bebês no experimento de Jordan e Brannon (2006), por exemplo, pode ser analisado a partir do paradigma de classes de equivalência. Os resultados das autoras sugeriram que bebês são capazes de responder diferencialmente a propriedades numéricas de um estímulo visual com base num estímulo sonoro. Isso pode ser interpretado do seguinte modo: no ambiente natural, o estímulo visual “movimento da boca” não possui quaisquer propriedades físicas similares ao estímulo sonoro “olhe”. Eles são, portanto, eventos distintos que, no dia-a-dia, tornam-se arbitrariamente relacionados à medida que as pessoas falam com o bebê. Nessa condição, movimento da boca e som aparecem correlacionados. Concomitantemente, pode-se supor que ocorre a formação de classes que permitem ao bebê responder ao som da voz materna e à visão da mãe como estímulos substituíveis entre si. Este raciocínio não explica o comportamento estritamente numérico quando se controlam variáveis contínuas e com objetos e/ou eventos não familiares para os quais há pouca probabilidade de ter havido uma prévia formação de classes. Nesse ponto faz-se necessário avançar no exame dos dados na área de cognição numérica para melhor interpretar esses fenômenos com base no arcabouço teórico comportamental. Além disso, não se pode afirmar que esse desempenho dos bebês demonstre a formação de uma classe de estímulos equivalentes porque não foram realizados os testes propostos por Sidman & Tailby (1982).

Assim, uma interpretação comportamental do desempenho de bebês de discriminar diferenças numéricas pode recorrer a: dotação genética enquanto explicação para a sensibilidade a certas dimensões dos estímulos; formação de classes, que explica como o bebê pode aprender as primeiras relações de correspondência entre certa quantidade de movimentos da boca e certa quantidade de sons emitidos; e reforço de relações termo-a-termo ou do reconhecimento de diferenças (numéricas ou não) entre os elementos de um conjunto. Pesquisas sobre ensino de discriminações condicionais em bebês ainda não conseguiram demonstrar a formação de classes de equivalência, embora tenham evidenciado o aprendizado de discriminações condicionais (Gil, Oliveira & McIlvane, 2011), o que sugere a importância de pesquisas sobre o tema na Análise do Comportamento adotarem procedimentos produtivos na Psicologia Cognitiva (e.g., Starkey & Cooper, 1980; Wynn, 1992).

Para finalizar, importa destacar que definições operacionais são muito importantes para a Análise do Comportamento, de modo que não seria adequado finalizar esta seção sem uma proposta preliminar de definição de senso numérico e da subitização em termos comportamentais: senso numérico: relação funcional que demonstra comportamento não aprendido (característico da espécie) entre uma propriedade de um evento comportamental do organismo (resposta) e uma propriedade numérica de um evento ambiental (estímulo); subitização: relação funcional que demonstra comportamento não aprendido (característico da espécie) entre uma propriedade de um evento do organismo (resposta) e uma propriedade quantitativa discreta (número de elementos) de um evento ambiental (estímulo).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve dois objetivos: oferecer uma introdução crítica e produtiva a respeito das pesquisas sobre subitização em bebês humanos e apresentar uma proposta inicial de interpretação comportamental de processos psicológicos subjacentes ao fenômeno da subitização, como suporte aos analistas do comportamento na leitura e análise dos estudos sobre subitização e como incentivo para que desenvolvam pesquisas na área. Adicionalmente, é possível que artigos como este estimulem a parceria em pesquisa entre cognitivistas e analistas do

comportamento. As pesquisas apresentadas revelaram que bebês humanos são sensíveis a variações numéricas no seu ambiente independente de aprendizado prévio. A partir desses dados, buscou-se demonstrar que a Análise do Comportamento possui recursos teóricos para interpretar esse fenômeno e condições de contribuir com essa área de pesquisa.

A presente discussão favorece que uma abordagem ensine e aprenda com a outra. Por exemplo, analistas do comportamento enfatizam que as aquisições aritméticas são determinadas pelo comportamento verbal. Entretanto, verificou-se que, além do comportamento verbal, a discriminação sensorio-perceptiva de coleções desempenha papel fundamental para o aprendizado da Matemática. Ao mesmo tempo, a Análise do Comportamento tem importantes contribuições a partir de definições operacionais e análises funcionais. Seus recursos teóricos e metodológicos não só ajudam a planejar ambientes experimentais que primem por um controle das variáveis em estudo, mas também ajudam a fazer perguntas relevantes no planejamento de pesquisas. Desta forma, tem muito a contribuir no estudo da subitização, em particular, e do senso numérico ou outros repertórios pré-matemáticos, de forma mais ampla.

Conforme Barbosa (2007) e Sousa (2008), os benefícios do conhecimento sobre o senso numérico são: (a) possibilidade de identificar precocemente pessoas que poderão apresentar dificuldades no aprendizado da matemática; (b) procedimentos de ensino eficientes para desenvolver tais habilidades poderão ser criados; e, da mesma forma que cientistas e psicólogos, (c) professores da “pré-escola” e do ensino básico terão a fundamentação científica necessária para reconhecer dificuldades ou déficits de aprendizagem, para programar condições de ensino que promovam habilidades numéricas e para reconhecer, em relação a cada aluno, comportamentos pré-requisito de aprendizagens mais complexas.

O desenvolvimento dessas pesquisas poderá afetar positivamente o aprendizado da Matemática, preditor do futuro da força científica, tecnológica e econômica de uma nação (Steen, 1987). Nesse sentido, espera-se que os dados e as proposições expostas sejam consideradas como contribuições para novas pesquisas e interpretações, fomentando a discussão entre achados da Psicologia Cognitiva e da Análise do Comportamento sob a rubrica do comportamento matemático e pré-matemático.

## REFERÊNCIAS

- Andrade, P. E., & Prado, P. S. T. (2003). Psicologia e neurociência cognitivas: Alguns avanços recentes e implicações para a educação. *Interação em Psicologia*, 7(2), 73-80. doi:10.5380/psi.v7i2.3225
- Barbosa, H. H. de J. (2007). Sentido de número na infância: Uma interconexão dinâmica entre conceitos e procedimentos. *Paidéia*, 17(37), 181-194. doi:10.1590/S0103-863X2007000200003
- Cohen, L. B., & Marks, K. S. (2002). How infants process addition and subtraction events. *Developmental Science*, 5(2), 186-212. doi:10.1111/1467-7687.00220
- Corso, L. V., & Dorneles, B. V. (2010). Senso numérico e dificuldades de aprendizagem na matemática. *Revista Psicopedagogia*, 27(83), 298-309.
- Cumming, W. W., & Berryman, R. (1965). The complex discriminated operant: Studies of matching-to-sample. In D. I. Mostofsky (Ed.), *Stimulus generalization* (pp. 284-330). Stanford, CA.: Stanford University Press.
- De Rose, J. C. (1993). Classes de estímulos: Implicações para uma análise comportamental da cognição. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 9(2), 283-303.

- Dinsmoor, J. A. (1983). Observing and conditioned reinforcement. *Behavioral and Brain Sciences*, 6, 693-728.
- Donahoe, J. W., & Palmer, D. C. (1994). *Learning and complex behavior*. Boston: Allyn & Bacon.
- Fantz, R. L. (1964). Visual experiences in infants: Decreased attention to familiar patterns relative to novel ones. *Science*, 146, 668-670. doi:10.1126/science.146.3644.668
- Feigenson, L., & Carey, S. (2003). Tracking individuals via object files: Evidence from infants' manual search. *Developmental Science*, 6(5), 568-584. doi:10.1111/1467-7687.00313
- Feigenson, L., Carey, S., & Hauser, M. (2002). The representations underlying infants' choice of more: Object files vs. analog magnitudes. *Psychological Science*, 13, 150-156.
- Feigenson, L., Dehaene, S., & Spelke, E.S. (2004). Core systems of number. *Trends in Cognitive Sciences*, 7, 307-314. doi:10.1016/j.tics.2004.05.002
- Gil, M. S. C. A., Oliveira, T. P., & McIlvane, W. J. (2011). Conditional discriminations by preverbal children in an identity matching-to-sample task. *The Psychological Record*, 61, 327-340.
- Guimarães, R. P. (2003). Deixando o preconceito de lado e entendendo o behaviorismo radical. *Psicologia Ciência e Profissão*, 23(3), 60-67. doi: 10.1590/S1414-98932003000300009
- Hauser, M. D., & Spelke, E. S. (2004). Evolutionary and developmental foundations of human knowledge: A case study of mathematics. In M. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hayes S. C., Barnes-Holmes D., & Roche, B. (2001). *Relational frame theory: A post-Skinnerian account of human language and cognition*. New York: Kluwer Academic/Plenum.
- Henklain, M. H. O., Carmo, J. S., & Haydu, V. B. (2017). Produção analítico-comportamental brasileira sobre comportamento matemático e de ensinar matemática: Dados de 1970 a 2015. *Temas em Psicologia*, 25(3), 1453-1466. doi: 10.9788/TP2017.3-24
- Jordan, K. E., & Brannon, E. M. (2006). The multisensory representation of number in infancy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(9), 3486-3489. doi:10.1073/pnas.0508107103
- Kaufman, E. L., Lord, M. W., Reese, T. W., & Volkman, J. (1949). The discrimination of visual number. *The American Journal of Psychology*, 62, 498-525.
- Kobayashi, T., Hiraki, K., Mugitani, R., & Hasegawa, T. (2004). Baby arithmetic: One object plus one tone. *Cognition*, 91(2), 23-34. doi:10.1016/j.cognition.2003.09.004
- Koechlin, E., Dehaene, S., & Mehler, J. (1997). Numerical transformations in five month old human infants. *Mathematical Cognition*, 2, 89-104. doi:10.1080/135467997387425
- Lopes, C. E., & Abib, J. A. D. (2002). Teoria da percepção no behaviorismo radical. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 18(2), 129-137. doi:10.1590/S0102-37722002000200003
- McCrink, K., & Wynn, K. (2004). Large-number addition and subtraction by 9-month-old infants. *Psychological Science*, 15(11), 776-781. doi:10.1111/j.0956-7976.2004.00755.x
- McIlvane, W. J., Galvão, O. de F., Goulart, P. R. K., Brino, A. L. de F., & Barros, R. da S. (2005). Variáveis de procedimento na pesquisa sobre classes de equivalência: Contribuições para o estudo do comportamento simbólico. *Revista Brasileira de Análise do Comportamento*, 1(1), 15-27.
- Medin, D., Ross, B., & Markman, A. (2004). *Cognitive psychology*. New York: John Wiley & Sons.
- Sidman, M. (1994). *Equivalence relations and behavior: A research story*. Boston: Authors Cooperative.

- Sidman, M., & Tailby, W. (1982). Conditional discrimination vs. matching to sample: An expansion of the testing paradigm. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 37(1), 5-22. doi:10.1901/jeab.1982.37-5
- Silva, P. A., & Santos, F. H. (2011). Discalculia do desenvolvimento: Avaliação da representação numérica pela ZAREKI-R. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 27(2), 169-177.
- Simon, T., Hespos, S., & Rochat, P. (1995). Do infants understand simple arithmetic? A replication of Wynn (1992). *Cognitive Development*, 10, 253-269. doi:10.1016/0885-2014(95)90011-X
- Skinner, B. F. (1998). *Ciência e comportamento humano*. São Paulo: Martins Fontes.
- Skinner, B. F. (1957). *Verbal behavior*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Skinner, B. F. (1999). *Sobre o Behaviorismo*. São Paulo: Cultrix.
- Sousa, D. A. (2008). Developing number sense. In D. A. Sousa (Ed.), *How the brain learns mathematics* (pp. 9-33). Corwin Press: California.
- Staats, A. W., & Staats, C. K. (1963). *Complex human behavior: A systematic extension of learning principles*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Starkey, P., & Cooper-Jr, R. G. (1980). Perception of numbers by human infants. *Science*, 210(28), 1033-1034. doi:10.1126/science.7434014
- Starkey, P., Spelke, E. S., & Gelman, R. (1983). Detection of intermodal numerical correspondences by human infants. *Science*, 222(4620), 179-81. doi:10.1126/science.6623069
- Steen, L. A. (1987). Mathematics education: A predictor of scientific competitiveness. *Science*, 237, 251-302. doi:10.1126/science.237.4812.251
- Tomanari, G. Y. (2001). Respostas de observação controladas por estímulos sinalizadores de reforçamento e extinção. *Acta Comportamental*, 2, 119-143.
- Tomanari, G. Y. (2004). Human observing behavior maintained by S+ and S-: Preliminary data. *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*, 4, 155-204.
- Tomanari, G. Y., Machado, L. M. C. M., & Dube, W. V. (1998). Pigeons' observing behavior and response-independent food presentations. *Learning and Motivation*, 29, 249-260.
- Van de Walle, G., Carey, S., & Prevor, M. (2000). Bases for object individuation in infancy: Evidence from manual search. *Journal of Cognition and Development*, 1, 249-280. doi:10.1207/S15327647JCD0103\_1
- Wyckoff, L. B. Jr. (1952). The role of observing responses in discrimination learning - Part I. *Psychological Review*, 59, 431-442.
- Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358, 749-750. doi:10.1038/358749a0
- Wynn, K. (1996). Infants' individuation and enumeration of actions. *Psychological Science*, 7, 164- 169. doi:10.1111/j.1467-9280.1996.tb00350.x
- Wynn, K. (2002). Do infants have numerical expectations or just perceptual preferences? *Developmental Science*, 2, 207-209. doi:10.1111/1467-7687.00221\_3
- Xu, F., & Spelke, E. S. (2000). Large number discrimination in 6-month old infants. *Cognition*, 74(1), 1-11.

Received: August 14, 2017

Accepted: May 31, 2018