

## **ESTUDO EXPLORATÓRIO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE AMBIENTES VIRTUAIS, NA AVALIAÇÃO DE FUNÇÕES COGNITIVAS / EXECUTIVAS, EM CRIANÇAS COM E SEM PERTURBAÇÃO NEUROMOTORA LIGEIRA**

Catarina de Faria e Maya  
Iolanda Campos Gil  
Pedro Encarnação  
Júlia Serpa Pimentel  
Margarida Alves Martins

Instituto Universitário das Ciências Psicológicas, Sociais e da Vida  
Centro de Reabilitação de Paralisia Cerebral Calouste Gulbenkian  
Universidade Católica Portuguesa

catarina.faria.maya@gmail.com

**RESUMO:** A utilização de robôs controlados por crianças com perturbações neuromotoras cria oportunidades para que estas crianças participem em actividades que permitam demonstrar e desenvolver as suas competências cognitivas. Contudo, os custos, a baixa fiabilidade dos equipamentos e a necessidade de conhecimentos técnicos para os operar poderão limitar a utilização generalizada de robôs físicos como instrumentos de reabilitação, justificando o desenvolvimento de actividades equivalentes em ambiente virtual. É, no entanto, necessário determinar se a realização de actividades em ambiente virtual é equivalente à utilização de robôs físicos nas mesmas actividades. Neste trabalho, 21 crianças tipicamente desenvolvidas e 13 crianças com deficiência neuromotora ligeira, foram observadas e avaliadas num conjunto de tarefas apresentadas em ambiente físico e numa simulação computadorizada. Foram identificadas as principais funções cognitivas e executivas subjacentes à realização das tarefas, sendo estas funções comparadas em ambientes físico e virtual. Os resultados revelaram que, para ambos os grupos, o desempenho na maioria dos constructos analisados é semelhante em ambos os ambientes. Contudo, em alguns casos, na percepção visuo-espacial, atenção mantida e controlo inibitório observaram-se resultados significativamente melhores em ambiente virtual. São discutidos os potenciais benefícios da realização de actividades em ambiente virtual na reabilitação de crianças com deficiência neuromotora ligeira.

### **Introdução**

As actividades lúdicas constituem-se como oportunidades para as crianças manipularem objectos e, assim, desenvolverem competências cognitivas, sociais, motoras, e linguísticas (Cook, Howery, Gu & Meng, 2000). Contudo, crianças com perturbações motoras têm, frequentemente, dificuldade em manipular os objectos que as rodeiam, comprometendo-se assim a qualidade das actividades lúdicas e, conseqüentemente, o desenvolvimento destas crianças (Musselwhite, 1986). Por outro lado, enquanto na criança tipicamente

desenvolvida podem ser utilizadas escalas de avaliação do desenvolvimento que apelem à manipulação de objectos e/ou requeiram respostas verbais, nas crianças com deficiência motora as suas competências cognitivas dificilmente poderão ser evidenciadas por estes modos. Daqui resulta, em muitos casos, uma subestimação das competências destas crianças que poderão ter um funcionamento cognitivo superior àquele que permite ser expresso ao nível do seu funcionamento motor.

Estudos têm mostrado que a utilização de robôs controlados por crianças com dificuldades motoras pode criar oportunidades para que estas crianças participem em actividades que permitam demonstrar e desenvolver as suas competências cognitivas (Cook, Adams, Volden, Habottle & Harbottle, 2010). Contudo, os custos, a baixa fiabilidade dos equipamentos e a necessidade de conhecimentos técnicos para os operar poderão limitar a utilização generalizada de robôs físicos como instrumentos de reabilitação (Encarnação, Piedade, Adams, & Cook, 2012), justificando o desenvolvimento de actividades equivalentes em ambiente virtual.

No entanto, antes de estes benefícios poderem ser usufruídos, há que determinar se o ambiente virtual é equivalente ao físico, assegurando que o modo de administração computadorizado não altera os constructos para cuja avaliação a actividade foi concebida. Foi neste contexto que se desenvolveu o Projecto COMPSAR, no qual este estudo se integra, e o qual teve como principal objectivo a exploração da equivalência entre o ambiente físico (robô lego tangível) e o virtual (robô simulado no ecrã de um computador), quando utilizados numa actividade lúdica estruturada com vista à avaliação de um conjunto de funções cognitivas/executivas.

Neste estudo foram identificadas as principais funções cognitivas e executivas subjacentes à realização das tarefas, sendo estas funções adiante definidas e exploradas no contexto da deficiência e da avaliação/intervenção mediada por ambientes virtuais.

*A Utilização de Ferramentas (Associação de Ideias e Relações de Causa-Efeito) –* Piaget (1953) sugere que a noção de causa-efeito emerge no final do primeiro ano de vida, quando, por exemplo, o bebé puxa o fio pelo qual um brinquedo está preso para alcançar o brinquedo. Na deficiência neuromotora, a utilização de interruptores, manípulos ou botões

ligados a estímulos de resposta (visuais, auditivos, moção, etc) fornece um meio alternativo para que crianças com deficiência neuromotora possam reconhecer as contingências entre uma acção e um resultado (Sullivan & Lewis, 2000).

*Controlo Visuo-Motor* – Tomchek e Smeck (2006) utilizam o termo controlo visuo-motor para se referirem à capacidade de coordenar a informação visual com uma resposta motora no decurso da realização de movimentos orientados pela visão.

*Lateralidade e Direccionalidade* – A lateralidade refere-se à consciência que a criança tem dos dois lados do corpo. Uma vez consolidada a noção de lateralidade, a criança começa a construir aquilo a que se chama direccionalidade, e que Faria (2001) define como a projecção da lateralidade no espaço. A direccionalidade abrange três referências espaciais: esquerda e direita, em cima e em baixo, frente e atrás (Frost, Wortham & Reifel, 2001). Segundo os autores, entre os 6 e os 8 anos, estas três referências direccionais são apreendidas em relação ao próprio corpo (*localização egocêntrica*) e só entre os 8 e os 11 anos se desenvolve a capacidade de transpor este conhecimento para o espaço e para outros objectos/pessoas (*localização objectiva*).

*Percepção Visuo-Espacial* – A percepção visuo-espacial poderá ser descrita como a capacidade para perceber a colocação, a localização e o movimento relativos de estímulos visuais (Shaw, 2009).

*Funções Executivas* (FE) – Cicerone *et al.*, (2000, p. 1605) descrevem as FE como um conjunto de “processos cognitivos integrados que determinam o comportamento intencional e dirigido a objectivos”. Embora maioritariamente mediados pelo córtex pré-frontal (Stuss, Alexander & Benson, 1997), o tipo de processos e integração cognitiva, que caracteriza o funcionamento executivo, depende também do sistema de interligações neuronais que o córtex pré-frontal apresenta com várias regiões do cérebro. É por isso que uma lesão em qualquer área deste sistema poderá resultar em défices ao nível das FE.

Em seguida, são aprofundadas as FE da atenção, do controlo inibitório, do planeamento e da sequenciação, que foram identificadas como estando subjacentes às tarefas apresentadas no presente estudo.

*Atenção* – Ashton-Miller, Wojtys, Huston, e Fry-Welch, (2001) definem a atenção como um processo neuropsicológico através do qual o sistema nervoso central foca e actua sobre a informação proprioceptiva percebida como relevante numa actividade.

*Controlo Inibitório* – Barkley (1997) distingue três processos interrelacionados na inibição: (i) a inibição de uma resposta que seria dominante face a um evento; (ii) a detenção de uma resposta que tem estado em curso, proporcionando assim tempo para a reflexão e tomada de decisão no que respeita a uma resposta alternativa e; (iii) o controlo de interferências para evitar disrupções a este tempo de reflexão e à realização da nova resposta.

*Planeamento e Sequenciação na Resolução de Problemas* – Um dos processos centrais na concretização de um objectivo consiste na sequenciação, que se refere à determinação e ao planeamento dos passos a realizar para atingir a meta, bem como, ao estabelecimento da ordem ou sequência que os passos devem tomar.

Funções Executivas na presença de prematuridade, baixo peso à nascença e lesões cerebrais – Quando comparadas com crianças nascidas a termo, com peso dentro do esperado e/ou sem indício de lesões cerebrais, a maioria dos estudos aponta para níveis de funcionamento mais baixos em crianças nascidas prematuramente, com baixo peso à nascença e/ou com lesões cerebrais. Tais estudos sugerem: atrasos no desenvolvimento visuo-motor de bebés muito prematuros (Grönqvist, 2010) e níveis de funcionamento visuo-motor inferiores em crianças nascidas pré-termo (Böhm, Lundequist & Smedler, 2010); maiores dificuldades nas apreciações de localização egocêntrica por parte de crianças com paralisia cerebral (PC) (Barca, Pezzulo & Castelli, 2010), sugerindo a existência de uma utilização ineficaz de representações centradas no próprio corpo no caso destas crianças; défices no que respeita a competências relacionadas com a percepção visual e com o funcionamento visuo-espacial de crianças nascidas pré-termo e com baixo peso à nascença (Olsén *et al.*, 1998), e de crianças com PC (Pirila *et al.*, 2004; Sabbadini, Bonanni, Carlesimo & Caltagirone, 2007); maiores dificuldades nos processos atencionais de crianças nascidas pré-termo (Katz *et al.*, 1996; Mulder, Pitchford, Hagger & Marlow, 2009; Anderson *et al.*, 2011), com baixo peso à nascença (Anderson *et al.*, 2011; Bayless & Stevenson, 2007; Korkman, *et al.*, 2008), e/ou apresentando lesões neurológicas (Lemay,

Lê & Lamarre, 2012; Kolk & Talvik, 2000); um controlo inibitório mais fraco em crianças e/ou adolescentes com PC (Kolk & Talvik, 2000; Christ, White, Brunstrom, & Abrams, 2003; Lemay *et al.*, 2012) ou nascidas prematuramente sem lesões (Katz *et al.*, 1996); défices mais elevados da atenção e do controlo inibitório em crianças com Perturbação de Hiperatividade e Défice de Atenção (PHDA) nascidas pré-termo do que em crianças com PHDA nascidas a termo (Ben Amor, Chantal & Bairam, 2012), e; maiores dificuldades ao nível do planeamento, inibição e sequenciação motora (Harvey, O’Callaghan & Mohay, 1999).

Contudo, em alguns estudos estas diferenças nem sempre são verificadas. No estudo de Barca, Pezzulo e Castelli (2010), quando comparadas com um grupo de controlo, crianças com PC não apresentam diferenças nas suas apreciações de localizações objectivas. Também no que respeita ao estudo da atenção, alguns estudos não verificam dificuldades significativas na atenção de crianças nascidas pré-termo (Begega, *et al.*, 2007; Grunau, Whitfield & Fay, 2004) e/ou com baixo peso (Grunau, Whitfield & Fay, 2004).

A avaliação/treino de funções cognitivas/executivas em ambiente virtual – No que respeita ao estudo da equivalência entre versões originais e computadorizadas de avaliação cognitiva/executiva, Penner *et al.* (2012) não verificaram correlações entre os desempenhos na tarefa *Stroop* (avaliação do controlo inibitório) e em duas versões computadorizadas. Feldstein, Keller, Portman, Durham, Klebe, e Davis (1999) verificaram diferenças significativas entre a versão manual e as 4 versões computadorizadas do *Wisconsin Card Sorting Test* (WCST), sugerindo que, na avaliação do planeamento, as normas existentes para o método tradicional de apresentação manual da WCST não deverão ser utilizadas nas versões computadorizadas.

Na comparação de ambientes virtuais e físicos na avaliação/treino destas funções cognitivas/executivas, alguns estudos continuam a defender os benefícios da utilização de objectivos físicos. Num estudo comparando a utilização de tarefas visuo-espaciais com *puzzles* virtuais (apresentados num monitor de computador) e tarefas com *puzzles* físicos, Verhaegh, Resing, Jacobs e Fontijn (2009) apontam para o benefício de objectos físicos pelo facto de oferecerem experiências tácteis às crianças. Também Kozak, Hancock, Arthur e Chrysler (1993), numa tarefa sequencial de “apanhar e colocar”, verificaram

desempenhos significativamente melhores no grupo treinado em ambiente real, comparativamente com o grupo de controlo e o grupo de treino em ambiente virtual.

No entanto, também são vários os estudos que têm vindo a apontar os benefícios da utilização do ambiente virtual. Li, Atkins, e Stanton (2006) verificaram que, no Teste Víscuo-Motor de Bender, crianças com acesso semanal e/ou diário a um computador apresentaram desempenhos significativamente melhores do que crianças que não usufruíram do acesso frequente a um computador. Akhutina *et al.* (2003) sugerem que, quando comparada com a realização de jogos de mesa víscuo-espaciais, a combinação de jogos de mesa víscuo-espaciais e apresentadas em ambiente virtual encontra-se associada a melhorias mais significativas no desenvolvimento de competência víscuo-espaciais em crianças com PC. Parsons, Bowerly, Buckwalter e Rizzo, (2007) verificaram que, em rapazes com diagnóstico de PHDA, as medidas de avaliação da atenção e do controlo inibitório, utilizadas numa sala de aula virtual, correlacionaram-se com ferramentas tradicionais de avaliação da PHDA. Mataix-Cols e Bartrés-Faz (2002) não verificaram diferenças entre a administração computadorizada da Torre de Hanói e a versão original desta tarefa com peças de madeira (em qualquer uma das variáveis dependentes) sugerindo, portanto, que a sua utilização para avaliação do planeamento e sequenciação é equivalente.

### *Objectivos de Investigação*

*Objectivo 1* – Identificar e operacionalizar as principais funções cognitivas e executivas subjacentes à realização das tarefas propostas;

*Objectivo 2* – Estudar a equivalência (através da análise correlacional) entre a versão virtual e a versão física das actividades lúdicas estruturadas apresentadas, em termos dos constructos cognitivos/executivos que as actividades evocam;

*Objectivo 3* – Em crianças com Perturbação Neuromotora Ligeira, comparar o ambiente virtual e físico relativamente a:

**a)** Funções cognitivas/executivas identificadas (*Atenção Mantida, Controlo Inibitório, Associação de Ideias, Causa-Efeito, Controlo Víscuo-Motor, Percepção Víscuo-Espacial e Temporal, Lateralidade e Sequenciação*);

**b)** Indicadores de Interação/Comunicação (*procura de apoio, comentários relativos à tarefa, expressões verbais de agrado e desagrado, bem como expressões não-verbais de agrado ou desagrado*), bem como indicadores de comportamento (*alterações de comportamento, rejeição da actividade, fadiga, estereotipias, ecolalia*);

*Objectivo 4* - Em crianças de Desenvolvimento Típico, comparar o ambiente virtual com o ambiente físico relativamente às funções cognitivas/executivas identificadas;

*Objectivo 5* - Em ambiente físico e virtual, comparar crianças com Perturbação Neuromotora Ligeira e crianças de Desenvolvimento Típico no que respeita a algumas das funções cognitivas e executivas identificadas.

## **Método**

### *Participantes*

Foram seleccionadas 13 crianças com perturbação neuromotora ligeira entre os 3 e os 6,5 anos (M=53,46 meses; DP=10,572 meses) de idade cronológica com idade mentais entre os 3 e 5 anos (M=43,77 meses; DP=8,27 meses) e 21 crianças de desenvolvimento típico entre os 3 e os 5 anos (M=49,90 meses; DP=8,32 meses) de idade cronológica com idades mentais compreendidas entre os 3 e os 5 anos (M=49,14 meses ; DP=8,53 meses). A idade mental foi avaliada com o Teste Pictórico de Inteligência-2 (French, 2001). As crianças de desenvolvimento típico foram seleccionadas em quatro jardins-de-infância na zona metropolitana de Lisboa. As crianças com perturbação neuromotora ligeira são utentes do Centro de Reabilitação de Paralisia Cerebral Calouste Gulbenkian e na Fundação Liga que, em virtude da sua prematuridade e/ou baixo peso à nascença, apresentam um risco biológico que, a par da sintomatologia presente, é compatível com um diagnóstico de PC.

Foram ainda obtidos os consentimentos informados dos pais de cada criança.

### *Sessões e Tarefas*

Os participantes foram observados em duas sessões, com aproximadamente uma semana de intervalo. As sessões decorreram em salas dos jardins-de-infância ou centros de reabilitação de onde os participantes foram seleccionados, e foram filmadas para posterior análise das funções cognitivas/executivas subjacentes às tarefas. Em cada sessão foram

utilizados: um carro de Lego® Mindstorms® (robô físico) e uma simulação computadorizada do mesmo (robô virtual), com 15 minutos de intervalo entre robôs. Ambos os robôs (físico e virtual) foram controlados através do mesmo conjunto de 3 botões. O botão central fazia o robô avançar enquanto o botão estivesse premido. Os botões laterais rodavam o robô 90° para a esquerda ou para direita, por cada acionamento do botão.

As tarefas do presente estudo foram concebidas por Poletz, Encarnação, Adams e Cook (2010) para realização com robôs físicos, baseando-se na conceptualização de Forman (1986) acerca das competências necessárias à utilização de robôs (o estabelecimento de relações de causa-efeito; a negação; a lógica binária, tida adiante como correspondendo ao conceito de lateralidade, e; a sequenciação). Neste estudo, as mesmas tarefas foram realizadas quer com o robô físico, quer numa simulação computadorizada (robô virtual).

#### *Procedimentos de Análise de Dados*

De forma a proceder à análise dos dados houve que estabelecer, como primeiro objectivo, a identificação e operacionalização das funções cognitivas/executivas envolvidas nas tarefas propostas. As tarefas foram analisadas de forma a identificar e operacionalizar (em comportamentos observáveis passíveis de contabilização) as principais funções cognitivas/executivas envolvidas em cada tarefa da actividade lúdica.

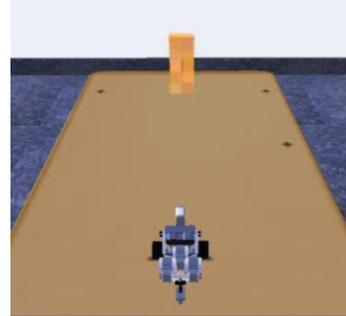
Na primeira tarefa (*Tarefa de Associação de Ideias e Causa-Efeito*), solicitou-se à criança que fizesse com que o carro andasse e deitasse abaixo uma torre de cubos ao fundo da mesa (Figura 1). Esta tarefa exige que a criança reconheça o botão como o objecto intermediário, entre si e o carro (*associação de ideias*), que irá mediar o efeito que a sua acção de premir terá sobre o movimento do carro. Além disso, se a criança deixar que o carro siga pela mesa até deitar abaixo a torre de cubos, considera-se que a criança antecipou o efeito, de derrubar, que o carro terá ao seguir pela mesa e encontrar-se com a torre de cubos, demonstrando ter uma *noção de causa-efeito* utilizando um objecto intermediário.

Figura 1.

Tarefa 1 no Robô Físico



Tarefa 1 no Robô Virtual



Na segunda tarefa (*Tarefa de Controlo Visuo-Motor*), solicita-se que a criança faça o carro andar e parar para carregar os cubos que se encontram a meio da mesa e que, em seguida, os leve até ao fundo da mesa para construir uma nova torre (Figura 2). A capacidade de parar o carro, libertando o botão, a meio e ao fundo da mesa requer o *controlo visuo-motor* que, segundo Tomchek e Smeck (2006) envolve um processo através do qual a criança deve, continuamente, ir ajustando o seu movimento baseando-se no *feedback* visual que ocorre no decurso do movimento. Por outro lado, também entra em jogo a *percepção visuo-espacial e temporal*, que permite que a criança perceba a localização e o movimento relativos de estímulos visuais (Shaw, 2009). Por último, esta tarefa requer, ainda, um determinado grau de *controlo inibitório*, enquanto a criança espera que o experimentador coloque os cubos no carro para então poder continuar a agir.

Figura 2

Tarefa 2 no Robô Físico



Tarefa 2 no Robô Virtual



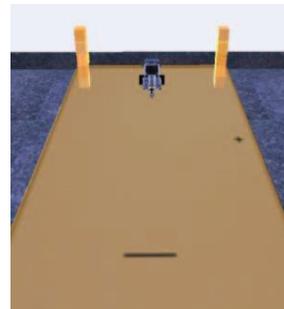
As tarefas 3A (*Tarefa de Lateralidade*) e 3B (*Tarefa de Sequenciação Espacial*), ambas decorrem de uma única instrução, que consiste em pedir à criança que deite abaixo uma de duas torres de cubos à sua escolha, torres estas colocadas uma de cada lado do robô (Figura 3). Estas últimas tarefas reúnem competências de orientação espacial, ao nível da localização objectiva (Frost et al., 2001) uma vez que a criança deve utilizar o robô como referencial para as deslocações (e.g.: o botão da esquerda faz o carro virar para o lado esquerdo do mesmo que, dependendo da posição do carro, nem sempre coincide com o lado esquerdo da criança). A primeira parte da tarefa (3A) exige uma noção de *lateralidade*, uma vez que a criança deve associar a torre escolhida ao botão do lado correspondente. Já a segunda parte da tarefa requer que a criança planeie e realize uma *sequenciação* de passos para então seguir em frente e derrubar a torre de cubos.

Figura 3.

Tarefas 3A & 3B no Robô Físico



Tarefas 3A & 3B no Robô Virtual



Existem, ainda, competências que são transversais a todas as tarefas: a *atenção mantida* e o *controlo inibitório*. Estas encontram-se subjacentes ao funcionamento eficaz em todas as tarefas, pois a criança deve estar atenta ao material e às instruções verbais acompanhadas de pistas visuais (atenção mantida), e ainda, ser capaz de resistir ao eventual ímpeto de agir antes do tempo (controlo inibitório).

Todas as funções cognitivas/executivas, anteriormente identificadas, foram então operacionalizados em comportamentos observáveis e quantificáveis, para permitir a

contabilização do número de vezes que a criança mobiliza as funções cognitivas/executivas cada vez que a tarefa exige a mobilização das mesmas (Faria e Maya, 2012).

### **Análise de Dados**

*Objectivo 2* – Com o intuito de investigar a equivalência entre o robô virtual e o robô físico, no que respeita às diferentes áreas do funcionamento cognitivo/executivo envolvidas na actividade, foi realizada uma correlação de Spearman (Maroco, 2007), que revelou correlações positivas, moderadas a fortes (entre  $r_s=0,431$  e  $r_s=0,926$ ;  $p=0,01$ ), entre as funções cognitivas/executivas demonstradas nos dois ambientes. A verificação destas correlações apresenta evidências que apontam para uma equivalência entre ambientes ao sugerir uma associação entre os processos cognitivos/executivos envolvidos em ambos os ambientes. No entanto, no grupo de desenvolvimento típico, e no que respeita à sua avaliação do *controlo inibitório*, a correlação positiva moderada ( $r_s=0,431$ ;  $p=0,051$ ) entre ambiente virtual e físico não é estatisticamente significativa. Tal exige que, para o domínio do *controlo inibitório* em particular, comparações e interpretações subsequentes entre ambiente virtual e físico, sejam feitas com cautela. A equivalência entre versões tradicionais e versões computadorizadas de testes de avaliação cognitiva tem vindo a ser estudada e, em alguns casos, também estabelecida (Mataix-Cols & Bartrés-Faz, 2002).

*Objectivo 3 e 4* – Em seguida os ambientes foram comparados, com o intuito de investigar os potenciais benefícios que a utilização de um, ou outro, modo de apresentação de actividades lúdicas estruturadas pode ter na avaliação/treino cognitivo de crianças. Para comparar as funções cognitivas e executivas em ambiente virtual e físico, utilizou-se o teste de *Wilcoxon* (Maroco, 2007). Para as crianças de desenvolvimento típico, a comparação entre o ambiente físico e virtual revelou diferenças significativas em algumas áreas, nomeadamente, nas áreas da *percepção visuo-espacial e temporal* ( $\bar{\mu}=6.63$ ,  $+\mu=9.13$ ,  $z = -2.167$ ,  $p$  (unilateral)  $<0.014$ ,  $n=21$ ), da *atenção mantida* ( $\bar{\mu}=4$ ,  $+\mu=6.73$ ,  $z = -2.812$ ,  $p$  (unilateral)  $<0.002$ ,  $n=21$ ) e do *controlo inibitório* ( $\bar{\mu}=9$ ,  $+\mu=7.85$ ,  $z = -2.474$ ,  $p$  (unilateral)  $<0.007$ ,  $n=21$ ), com melhores desempenhos no ambiente virtual. Já no caso das crianças com perturbação neuromotora ligeira, onde, para além funções cognitivas/executivas, foram avaliados indicadores de comunicação/interacção e

indicadores de comportamento, apenas se verificaram diferenças significativas entre ambientes no domínio da *percepção visuo-espacial e temporal* ( $\bar{\mu}=0$ ,  $+\mu=6$ ,  $z = -2.958$ ,  $p(\text{unilateral}) < 0.000$ ,  $n=13$ ), mais uma vez, com níveis mais elevados no ambiente virtual. Tais resultados sugerem que, para ambos os grupos, o desempenho nos constructos analisados é semelhante (salvo algumas exceções) quando as crianças realizam as mesmas tarefas em ambiente físico ou numa simulação computadorizada.

*Objectivo 5* – Para comparar os grupos (*perturbação neuromotora ligeira vs. desenvolvimento típico*) relativamente ao seu desempenho nos diferentes domínios foi utilizada a ANCOVA não paramétrica de *Quade* (Maroco, 2007). Os resultados revelaram diferenças significativas entre os grupos apenas no controlo inibitório, quer no ambiente físico ( $F_{\text{ANCOVA não paramétrica}}(1,32)=7.637$ ;  $p=0,005$ ), quer no ambiente virtual ( $F_{\text{ANCOVA não paramétrica}}(1,32)=6,847$ ;  $p=0,014$ ). Embora a ANCOVA não paramétrica de *Quade* seja um teste bilateral que, portanto, não permite averiguar em que sentido ocorrem as diferenças encontradas, as diferenças observadas numa análise descritiva permitem inferir que há um maior grau de controlo inibitório nas crianças de desenvolvimento típico. Este resultado corrobora as evidências, amplamente descritas na literatura, de uma maior incidência de dificuldades ao nível do controlo inibitório, em crianças prematuras e/ou com baixo peso à nascença (Katz *et al.*, 1996; Ben Amor *et al.*, 2012), e em crianças com lesões cerebrais congénitas (Kolk & Talvik, 2000; Christ *et al.*, 2003; Lemay *et al.*, 2012). No entanto, seriam ainda de esperar diferenças entre os grupos nos outros domínios, tais como o processamento visuo-espacial (Olsen *et al.*, 1998; Pirila, *et al.*, 2004) e a precisão visuo-motora (Pirila, *et al.*, 2004), diferenças essas que, neste estudo, aparecem tendencialmente mas sem atingir valores estatisticamente significativos.

### **Considerações Finais**

Como implicações práticas pode, então, considerar-se possível recriar, em simulações computadorizadas, actividades semelhantes às realizadas com robôs físicos ao nível da avaliação de algumas funções cognitivas/executivas. O computador poderá, assim, quando pretendido, ser utilizado como complemento e, em alguns casos, como alternativa aos robôs físicos.

Quer nas crianças de desenvolvimento típico, quer nas crianças com perturbação neuromotora ligeira, os resultados sugerem que, para a maioria dos constructos cognitivos/executivos, a realização de actividades apresentadas no monitor de um computador é semelhante à realização das mesmas em ambiente físico. Nesse sentido, coloca-se a hipótese do ambiente virtual ser utilizado como instrumento complementar nas actividades lúdico-pedagógicas do período pré-escolar, podendo contribuir para a motivação das crianças. Além disso, no caso das crianças tipicamente desenvolvidas, o ambiente virtual parece acarretar benefícios acrescentados em algumas áreas do funcionamento executivo (atenção mantida e controlo inibitório). Assim sendo, em situações de avaliação ou treino de outras competências cognitivas, onde se requer que a criança de desenvolvimento típico esteja focada e atenta, a realização de actividades no monitor de um computador, poderá revelar-se particularmente útil.

No entanto, há que ter em conta um conjunto de limitações que este estudo apresenta.

Por exemplo, a verificação de correlações apenas indica que, quando o desempenho (relativo a um constructo) num ambiente aumenta, ou seu “equivalente” no ambiente alternativo, também aumenta (não querendo isto dizer que se trata do mesmo constructo). Neste sentido, teria sido preferível o estabelecimento de uma validade de constructo e de critério, mas o reduzido número de itens/amostras de avaliação por domínio cognitivo/executivo, não o permitiu.

No que respeita à percepção visuo-espacial, verificou-se que esta poderá ter sido melhor no ambiente virtual, devido à vista aérea proporcionada pelo *design* da simulação. Sendo assim, o diferente ângulo de visão que a actividade lúdica apresenta num e noutro ambiente, poderá estar a comportar-se como uma variável parasita, contribuindo para diferenças que, de outra forma, poderiam não ser verificadas.

Dado o número reduzido de participantes em ambos os grupos, e ainda, a amostragem por conveniência, os resultados obtidos não permitem chegar a conclusões passivas de generalização às respectivas populações. Devido, também, à dimensão reduzida dos grupos, foi necessário recorrer à utilização de testes não paramétricos, diminuindo assim a potência dos testes de comparação efectuados.

Neste sentido, deverá aprofundar-se a investigação na área do desenvolvimento de ferramentas de avaliação e treino de competências com testes e actividades lúdico-pedagógicas em ambiente virtual, tomando, por exemplo, actividades físicas já reconhecidas e padronizadas para testar e validar a sua equivalência para o ambiente virtual.

No entanto, apesar das limitações referidas, o presente estudo, de natureza exploratória, indica que a realização de actividades de avaliação/treino computadorizadas poderá ser útil e merece uma investigação mais aprofundada.

### Referências Bibliográficas

- Akhutina, T., Foreman, N., Krichevets, A., Matikka, L., Narhi, V., Pylaeva, N., & Vahakuopus, J. (2003). Improving spatial functioning in children with cerebral palsy using computerized and traditional game tasks. *Disability and Rehabilitation*, 25(24), 1361-1371.
- Anderson, P.J., De Luca, C.R., Hutchinson, E., Spencer-Smith, M.M., Roberts, G., & Doyle, L.W. (2011). Attention problems in a representative sample of extremely preterm/extremely low birth weight children. *Developmental Neuropsychology*, 36(1), 57-73.
- Ashton-Miller, J.A., Wojtys, E.M., Huston, L.J., & Fry-Welch, D. (2001). Can proprioception really be improved by exercises? *European Journal of Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 9, 128-136
- Barca, L., Pezzulo, G., and Castelli, E. (2010). Egocentric and allocentric spatial references in children with cerebral palsy. In *Proceedings of the 2010 Annual Meeting of the Cognitive Science Society*.
- Barkley, R.A. (2012). *Executive Functions: What They Are, How they Work, and Why They Evolved*. The Guilford Press: New York
- Bayless, S., & Stevenson, J. (2007). Executive functions in school-age children born very prematurely. *Early Human Development*, 83(4), 247-254.
- Begega, A., Méndez-López, M., de Iscar M.J., Cuesta-Izquierdo, M., Solís, G., Fernández-Colomer, B., Álvarez, L., Méndez, M., Arias, J.L. (2010). Assessment of the global intelligence and selective cognitive capacities in preterm 8-year-old children. *Psychothema*, 22(4), 648-653.
- Ben Amor, L., Chantal, S., & Bairam, A. (2012). Relationship between late preterm birth and expression of attention-deficit hyperactivity disorder in school-aged children: clinical, neuropsychological, and neurobiochemical outcomes. *Research and Reports in Neonatology*, 2, 77-83
- Böhm, B., Lundquist, A. & Smedler, A-C. (2010). Visual-motor and executive functions in children born preterm: The Bender Visual Motor Gestalt Test revisited. *Scandinavian Journal of Psychology*, 51, 376-384.

- Chan, R.C.K., Shum, D., Touloupoulou, T., & Chen, E.Y.H. (2008). Assessment of executive functions: Review of instruments and identification of critical issues. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 23(2), 201-216
- Christ, S., White, D., Brunstrom, J., & Abrams, R. (2003). Inhibitory control following prenatal brain injury. *Neuropsychology*, 17, 171–178.
- Cicerone, K., Dahlberg, C, Kalmar, K., Langenbahn, D., Malec, J., Bergquist, T., et al. (2000). Evidence-based cognitive rehabilitation: Recommendations for clinical practice. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 81, 1596–1615.
- Cook, A., Howery, K., Gu, J. & Meng, M. (2000). Robot enhanced interaction and learning for children with profound physical disabilities. *Technology and Disability*. Vol. 13, pp.1–8.
- Cook, A., Adams, K., Volden, J., Habottle, N. & Harbottle, C. (2010). Using Lego robots to estimate cognitive ability in children who have severe physical disabilities. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. Early Online, 1–9
- Encarnação, P., Piedade, G., Adams, K. & Cook, A. (2012). Virtual Assistive Robot for Play. *Proceedings of the IASTED International Conference*. Conferência realizada em Innsbruck, Austria.
- Faria e Maya, (2012). Estudo Exploratório Sobre a Utilização do Ambiente Virtual, na Avaliação de Funções Cognitivas/Executivas, em Crianças com e sem Perturbação Neuromotora Ligeira. Dissertação realizada no Mestrado Integrado em Psicologia – Área de Educação. ISPA - Instituto Universitário.
- Feldstein, S.N., Keller, F.R., Portman, R.E., Durham, R.L., Klebe, K.J., & Davis, H.P. (1999). A comparison of computerized and standard versions of the Wisconsin card sort test. *The Clinical Neuropsychologist*, 13, 303-313.
- Forman, G. (1986). Observations of Young Children Solving Problems with Computers and Robots. *Journal of Research in Childhood Education*. Vol.1(2), pp.60-73.
- French, J.L. (2001). *Pictorial Test of Intelligence* - Second Edition. Austin, TX: Pro-Ed.
- Frost, J.L., Wortham, S. & Reifel, S. (2001). *Play and Child Development*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc.
- Grönqvist, H. (2010). Visual motor development in full term and preterm infants. *Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Social Sciences*, 62. Consultado através do endereço <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-130858>, a 10 de Maio de 2012
- Grunau, R.E., Whitfield, M.F., & Fay, T.B. (2004). Psychosocial and academic characteristics of extremely low birth weight (< or =800 g) adolescents who are free of major impairment compared with term-born control subjects. *Pediatrics*, 114(6), 725-32.
- Harvey, J.M., O’Callaghan, M.J., & Mohay, H. (1999). Executive function of children with extremely low birthweight: a case control study. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 41(5), 292-7.
- Katz, K.S., Dubowitz, L.M.S., Henderson, S., Jongmans, M., Kay, G.G., Nolte, C.A., & de Vries, L. (1996). Effect of Cerebral Lesions on Continuous Performance Test Responses of School Age Children Born Prematurely. *Journal of Pediatric Psychology*, 21(6), 841-855.

- Kolk, A., & Talvik, T. (2000). Cognitive outcome of children with early-onset hemiparesis. *Journal of Child Neurology*, 15(9), 581–587.
- Korkman M, Mikkola K, Ritari N, et al. (2008). Neurocognitive test profiles of extremely low birth weight five-year-old children differ according to neuromotor status. *Developmental Neuropsychology*, 33(5), 637-655.
- Kozak, J.J., Hancock, P.A., Arthur, E.J., & Chrysler, S.T. (1993). Transfer of training from virtual reality. *Ergonomics*, 36(7), 777-784
- Lemay, M., Lê, T-T., & Lamarre, C. (2012). Deficits in two versions of a sustained attention test in adolescents with cerebral palsy. *Developmental Neurorehabilitation*, 15(4), 253-258.
- Li, X., Atkins, M.S., & Stanton, B. (2006). Effects of Home and School Computer Use on School Readiness and Cognitive Development Among Head Start Children: A Randomized Controlled Pilot Trial. *Merrill-Palmer Quarterly*, 52(2), 239-263
- Maroco, J. (2007). Análise Estatística com utilização do SPSS (3ª Ed). Lisboa: Edições Sílabo.
- Mataix-Cols, D., & Bartrés-Faz, D. (2002). Is the use of the wooden and computerized versions of the Tower of Hanoi Puzzle equivalent? *Applied Neuropsychology*, 9(2), 117-120.
- Mulder, H., Pitchford, N. J., Hagger, M. S., & Marlow, N. (2009). Development of executive function and attention in preterm children: A systematic review. *Developmental Neuropsychology*, 34, 393–421.
- Musselwhite, C.R. (1986). Adaptive Play for Special Needs Children, College Hill Press, San Diego, CA.
- Olsen, P. Vainionpää, L., Pääkkö, E., Korkman, M., Pyhtinen, J., & Järvelin, M.R. (1998). Psychological findings in preterm children related to neurologic status and magnetic resonance imaging. *Pediatrics*, 102(2), 329-336
- Parsons, T.D., Bowerly, T., Buckwalter, J.G., & Rizzo, A.A. (2007). A controlled clinical comparison of attention performance in children with ADHD in a virtual reality classroom compared to standard neuropsychological methods. *Child Neuropsychology*, 13(4), 363-381.
- Penner, I.K., Kobel, M., Stöcklin, M., Weber, P., Opwis, K., & Calabrese, P. (2012). The stroop task: comparison between the original paradigm and computerized versions in children and adults. *Clinical Neuropsychology*, 26(7), 1142-1153
- Piaget, J. (1953). *The Origins of Intelligence in Children*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Pirila, S., van der Meere, J.J., Korhonen, P., Ruusu-Niemi, P., Kyntaja, M., Nieminen, P., & Korpela, R. (2004). A retrospective neurocognitive study in children with spastic diplegia. *Developmental Neuropsychology*, 26(3), 679-691.
- Poletz, L., Encarnação, P., Adams, K. & Cook, A. (2010). Robot skills and cognitive performance of preschool children. *Technology and Disability*, 22(3), 117-126.
- Sabbadini, M., Bonanni, R., Carlesimo, G.A., Caltagirone, C. (2007). Neuropsychological assessment of patients with severe neuromotor and verbal disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research*, 45(2), 169-179
- Shaw, J. (2009). The assessment and rehabilitation of visuo-spatial disorders. In B. Johnstone & H.H. Stonnington (Eds.) *Rehabilitation of neuropsychological*

- disorders: a practical guide for rehabilitation professionals* (2ª Ed.) (pp. 107-136). Consultado através do endereço <http://books.google.com/>, a 2 de Outubro de 2011.
- Stuss D.T., Alexander M.P. & Benson D.F. 1997. Frontal lobe functions. Em M.R. Trimble & J.L. Cummings (Eds.), *Contemporary Behavioral Neurology* (pp. 169-187). Boston: Butterworth-Heinemann.
- Sullivan, M., Lewis, M. (2000). Assistive technology for the very young: Creating responsive environments. *Infants & Young Children*. Vol. 12(4), pp. 34-52.
- Tomchek, S.D., & Smeck, C.M. (2006) Evaluation of Hanwriting. In A.T. Henderson & C. Pehoski (Eds.). *Hand Function in the Child: Foundations for Remediation*. Mosby Elsevier: St. Louis, Missouri. pp. 293-320.
- Verhaegh, J., Resing, W.C.M., Jacobs, A.P.A. & Fontijn, W.F.J. (2009). Playing with blocks or with the computer? Solving complex visual-spatial reasoning tasks: Comparing children's performance on tangible and virtual puzzles. *Educational & Child Psychology*, 26 (3), 18-29.

Agradecimento: Trabalho enquadrado no Projecto COMPSAR (COMparison of Physical and Simulated Assistive Robots) que foi financiado, em parte, pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, com a referência RIPD/ADA/109538/2009.