



Perspectivas Contrastantes em Aprendizagem Motora

João Barreiros*

Mário Godinho**

Suzete Chiviacowsky**

As primeiras teorias sólidas sobre a aprendizagem de movimentos (e. g. Adams, 1971 e Schmidt, 1975) supõem sempre uma associação entre a representação do movimento e a sua execução, logo entre a memória e a performance. Esta associação é, genericamente, de natureza progressiva e cumulativa: a prática é responsável pela construção progressiva e gradual de uma associação estável entre representação e resposta. O tempo estabelece ligações mais estáveis entre estruturas de memória e movimentos observáveis, proporcionando memórias mais duradouras e movimentos mais ajustados. O modo como tal ligação é estabelecida permanece desconhecido e é contemplado na teoria pela existência de estruturas que desencadeiam o movimento ou comparam a intenção com a resposta (em geral designadas por «traços» ou esquemas).

Em alternativa a esta abordagem surgiu uma outra posição, detectável já nos inícios dos anos 80 (Turvey, Fitch & Tuller, 1982; Tuller, Fitch & Turvey, 1982; Reed, 1982), e que progressivamente vem ocupando um cada vez maior espaço editorial e uma maior vitalidade científica. Uma grande parte da responsabilidade desta nova posição face ao problema do controlo e da aprendizagem de movimentos é de um fisiologista russo, Nicolai Bernstein (1896-1966), que evidenciou algumas das grandes questões por resolver no estudo do movimento humano — *questões*, não respostas.

* Professor Associado da Faculdade de Motricidade Humana, Universidade Técnica de Lisboa.

** Professor Auxiliar da Faculdade de Motricidade Humana, Universidade Técnica de Lisboa.

*** Professora Assistente da Escola Superior de Educação Física, Universidade Federal de Pelotas. Bolsista da CAPES, Brasília, Brasil.

Boletim SPEF, n.º 15/16 de 1997, pp. 11-24.

Quadro 1

Contraste entre a «motor systems approach» e a «action systems approach»
(adaptado de Abernethy & Sparrow, 1992)

DIMENSÕES DE CONTRASTE	MOTOR SYSTEMS APPROACH	ACTION SYSTEMS APPROACH
BASES GERAIS	PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÃO; ABORDAGEM COMPUTACIONAL; ABORDAGEM REPRESENTACIONAL	ABORDAGEM DINÂMICA; PROPRIEDADES EMERGENTES; PERCEPÇÃO DIRECTA
ORIGENS FILOSÓFICAS	METÁFORA HOMEM-MÁQUINA; DUALISMO ACTOR-ENVOLVIMENTO	REALISMO ECOLÓGICO; SINERGIA ACTOR-ENVOLVIMENTO
BASES TEÓRICAS	INFORMÁTICA E ENGENHARIA; PSICOLOGIA COGNITIVA	FÍSICA; BIOLOGIA TEÓRICA; PSICOLOGIA ECOLÓGICA
DIRECÇÃO DA LÓGICA EXPLICATIVA	ADIÇÃO DE INTELIGÊNCIA E SOFISTICAÇÃO AO MODELO COMPUTACIONAL	PROCURA DE PROCESSOS FUNDAMENTAIS
ORGANIZAÇÃO DO MOVIMENTO E MODO DE CONTROLO	TOP-DOWN; CONTROLO HIERÁRQUICO VIA PRESCRIÇÃO	BOTTOM-UP; CONTROLO HETERÁRQUICO VIA ESTRUTURAS COORDENATIVAS
PROBLEMA DOS GRAUS DE LIBERDADE	PROGRAMA MOTOR GENÉRICO ARMAZENADO CENTRALMENTE	ESTRUTURAS COORDENATIVAS QUE INTEGRAM PROPRIEDADES DINÂMICAS DO SISTEMA MOTOR
RELAÇÃO MODO DE CONTROLO/RESPONDA	PLANEAMENTO A PRIORI DA RESPOSTA; PLANO PRESCRITIVO E REGULADOR	RESPOSTA COMO CONSEQUÊNCIA DE UMA AUTO-ORGANIZAÇÃO MUSCULAR
REPRESENTAÇÃO CENTRAL DA RESPOSTA	SIM	NÃO
MECANISMO DE TRADUÇÃO IMAGEM-RESPONDA	ESSENCIAL PARA CONVERTER O PLANO DE ACÇÃO EM «LINGUAGEM» MUSCULAR	NÃO NECESSÁRIO; TODO O CONTROLO ESTÁ EM UNIDADES DE ENVOLVIMENTO COMUNS

PAPÉL DO MÚSCULO	EXECUTA COMANDOS CENTRALMENTE ESPECIFICADOS	DETERMINA A FORMA DE MOVIMENTO E INTERACÇÕES DE FASE PELO SEU COMPORTAMENTO DINÂMICO
ORGANIZAÇÃO TEMPORAL DO MOVIMENTO	EXISTÊNCIA DE RELÓGIOS INTERNOS	AS CARACTERÍSTICAS TEMPORAIS SÃO UMA PROPRIEDADE EMERGENTE DA PRESERVAÇÃO DE INVARIANTES DA RESPOSTA
RELAÇÃO COM A PERCEÇÃO	PROCESSOS INDEPENDENTES; PERCEÇÃO PRECEDE A ACÇÃO	PERCEÇÃO E ACÇÃO SÃO PROCESSOS FUNCIONALMENTE ACOPLADOS; A PERCEÇÃO É FEITA EM UNIDADES DE ACÇÃO E VICE-VERSA.
MODELO DE PERCEÇÃO	MODELOS COMPUTACIONAIS	PERCEÇÃO DIRECTA DE GIBSON
EXPLICAÇÃO DA APRENDIZAGEM	MELHORIA NAS ESTRATÉGIAS DE PROCESSAMENTO DE INFORMAÇÃO E NA CAPACIDADE DE PROCESSAR INFORMAÇÃO POR DESENVOLVIMENTO	AJUSTAMENTO PROGRESSIVO A INVARIANTES ESSENCIAIS; CONTROLO DA VARIABILIDADE CONDICIONADA AO CONTEXTO
PAPÉL DA MEMÓRIA NA APRENDIZAGEM	FUNDAMENTAL PARA MELHORAR A FORMAÇÃO DE ESTRATÉGIAS E A AQUISIÇÃO A LONGO TERMO	INFLUÊNCIA MÍNIMA; DÚVIDA SOBRE O PAPEL DAS REPRESENTAÇÕES
TIPO DE PARADÍGMA EXPERIMENTAL	TRABALHO EM LABORATÓRIO COM MOVIMENTOS CONDICIONADOS. INTERESSE EM SETS NATURALISTAS	VALIDADE ECOLÓGICA É ESSENCIAL. PRESCREVE O ESTUDO DE ACÇÕES NATURAIS
UNIDADES DE MEDIDA	MEDIDA MATEMÁTICA DE INFORMAÇÃO POR RELAÇÃO À INCERTEZA ESTÍMULO/TAREFA E DIFICULDADE	INFORMAÇÃO ESSENCIAL DESCRITA EM UNIDADES DE ESCALA REFERENCIAIS AO ACTO

Tradicionalmente, o controlo de um sistema complexo era supostamente mais difícil à medida que o número de componentes do sistema aumentava. Em humanos, o número de graus de liberdade implicados em acções fundamentais da espécie — andar, correr, agarrar objectos, etc. — é muito considerável. Temos várias centenas de músculos que produzem movimentos em torno de mais de uma centena de articulações. Cada músculo é composto de inúmeras unidades musculares com grau variável de intervenção. Como é possível manter controlado um sistema desta natureza?

As diferenças entre as duas abordagens podem ser, nos seus aspectos mais importantes, entendidas a partir do Quadro 1.

Bernstein (1967) assumiu que a única forma óbvia de controlar tantos graus de liberdade era «congelar» todos os não necessários (a expressão «redundante» foi utilizada a este propósito, embora, em rigor, a redundância seja necessariamente temporária). A evolução do controlo de uma acção seria garantida pela libertação/inclusão progressiva de graus de liberdade adicionais em movimentos mais habilidosos, harmoniosos e, naturalmente, mais complexos. Para ser possível uma progressão deste tipo o sistema apenas pode controlar em cada etapa alguns graus de liberdade, incorporando progressivamente mais graus de liberdade a uma estrutura coordenativa já estabilizada. Este acréscimo progressivo de graus de liberdade tem duas grandes funções: por um lado deixa o sistema com disponibilidade para escolher configurações mais eficazes, i. e., mais adequadas à finalidade da acção e ao mesmo tempo mais adaptáveis; por outro, concede uma margem de manobra que possibilita o encontro de soluções mais eficientes, ou seja, menos dispendiosas em termos energéticos. A nenhum sistema motor adaptável é permitida a redução do número de graus de liberdade abaixo de um valor compatível com a flexibilidade requerida por ambientes incertos. Bernstein postula pois a redução de graus de liberdade até ser possível tornar o sistema controlado.

Esta interpretação é oposta à visão dominante nos finais do século XIX e princípios deste século em que se assume uma correspondência entre instruções centrais e respostas periféricas: como se o sistema locomotor funcionasse em circuito aberto sem grandes possibilidades de controlar a saída do sistema a par e passo. Uma vez surgido o estímulo central, a participação muscular a jusante decorreria sempre do mesmo modo. Entre outros obstáculos, uma tal perspectiva não pode explicar a correcção de movimentos em curso, problema que veio dar origem aos modelos de circuito fechado e híbridos. Uma segunda dificuldade, e não menor que a primeira, é que cada intervenção muscular requer explicitamente uma ordem, traduzida numa linguagem que possa ser entendida pelo sistema effector. As primeiras noções de programa motor previam que a uma complexidade crescente de resposta teria que ser dada uma complexidade crescente de memória, ou pelo menos uma extensão mais consi-

derável de memória. O tempo de reacção necessário a implementar respostas com complexidade crescente seria também necessariamente maior (Henry & Rogers, 1960). Assim, pode também ser invocada uma terceira dificuldade: como gerir e armazenar quantidades infinitas de informação.

A elaboração e armazenamento de extensões tão consideráveis de informação e a sua operacionalização levantavam problemas de logística que foram o objecto central de formulações teóricas, como a de Schmidt (1975), baseadas em noções de analogia e similaridade nem sempre convenientemente explicitadas. A retenção em memória seria feita por protótipos ou esquemas e o enquadramento efector por programas motores generalizados. Contudo, nunca foi possível identificar as famílias de movimentos com radical ou estrutura semelhante. A evolução neste sentido conduziu à descoberta de invariantes como o tempo relativo ou a força relativa (c. f. Schmidt, 1985, 1988), aliás soluções económicas porque utilizadoras não de valores absolutos mas de proporções. Nesta óptica, os movimentos podem ser considerados semelhantes se utilizam invariantes semelhantes, sendo activamente sugerida a procura e verificação de invariantes em movimentos subjectivamente aparentados. Em suma, a prática promove a fixação em memória não de ordens isoladas mas de esquemas e invariantes.

Bernstein foi ainda responsável pela introdução do importante conceito de variabilidade condicionada ao contexto («context-conditioned variability»). Os músculos não desenvolvem sempre a mesma actividade para o mesmo estímulo nervoso: a sua função está dependente do contexto, nomeadamente das três fontes de variabilidade que considerou (variabilidade devida a factores anatómicos, variabilidade mecânica e variabilidade fisiológica, na terminologia do autor). Em termos breves, a relação entre excitação muscular e efeito de movimento está dependente dos contextos, interno e externo, em que a activação tem lugar. Este conceito vai colocar enormes problemas a todas as teorias que assumam representações mais ou menos directas das acções, ou seja, aquelas em que a correspondência entre instruções em memória e movimento exterior é implícita e obrigatória. Uma extensão teórica das abordagens centradas na programação deverá contemplar não apenas os impulsos associados a certos efeitos periféricos mas também as condições iniciais do periférico, a par e passo. Esta dificuldade está, entre outros aspectos de interesse, na origem da evolução de modelos de base «impulse-timing» para modelos tipo «mass-spring». Estes últimos concebem o sistema como um conjunto de molas, dispostas de ambos os lados de uma articulação, coordenadas de forma relativamente intrínseca, ou seja, o movimento é determinado pela tensão relativa de agonistas e antagonistas.

É também a partir destes conceitos que se vai desenvolver mais tarde a noção de estrutura coordenativa, definida como o «grupo de músculos

que mobilizam diversas articulações e que são constringidas para funcionar como uma unidade funcional (Tuller, Turvey & Fitch, 1982). A diferença entre um aprendiz inicial e um perito na realização de um movimento é basicamente que o primeiro congela graus de liberdade para reduzir a complexidade de controlo muscular enquanto o segundo disponibiliza para a acção muito mais graus de liberdade com compensações entre as diferentes participações musculares. Este adicional de graus de liberdade proporciona flexibilidade adaptativa e alternativas de resposta mas o encargo coordenativo pode ser proporcionalmente elevado. Para tornar este problema terá que se partir da suposição que uma estrutura coordenativa está sujeita a princípios de auto-organização, ou pelo menos de capacidade de regulação a nível local. A noção de coordenação intra-muscular, e mesmo certos aspectos da coordenação inter-muscular, podem ser desenvolvidas neste sentido: modos de regulação que não constituam encargos para o sistema nervoso central.

O primeiro esforço neste sentido foi desenvolvido por Von Holst (1937/73) que tentou descortinar modos de coordenação entre estruturas musculares no peixe. Do seu trabalho restaram sobretudo duas importantes contribuições: a «tendência de manutenção» e o «efeito de magneto». Assim, entende-se que osciladores biológicos tendem a convergir, cada um, para uma frequência preferida («eigen» — própria) mas que osciladores com frequências diferentes tendem a atrair-se respectivamente para a sua frequência preferida. A coordenação pode ser, no seu aspecto mais essencial, a ordenação do funcionamento de osciladores biológicos.

As expressões coordenação relativa (predomínio da tendência individual e geração de inúmeras possibilidades) e coordenação absoluta (predomínio do efeito de magneto, com uma frequência comum aos diversos osciladores) estão doravante presentes na terminologia fundamental da abordagem dos sistemas de acção (Kugler & Turvey, 1987). Informação recente indicia que os modos de coordenação relativa são os mais frequentes em movimento biológico, sugerindo-se que a estabilidade conseguida em modo de coordenação absoluta não proporciona vantagens adaptativas que estão presentes em modos de coordenação relativa (Beek, 1989).

A identificação de estruturas coordenativas explicáveis numa perspectiva não centralista tem dominado toda a abordagem dos sistemas de acção. Exemplos destas estruturas coordenativas são já frequentes na literatura, como o caso da estabilização da posição da cabeça independentemente dos movimentos respiratórios ou dos movimentos de locomoção. O controlo simplificado de várias componentes coagidas a funcionar como uma unidade deixa aberta a necessidade de considerar essa unidade como dotada de algumas propriedades de auto-organização. O estudo da coordenação será exactamente o estudo dos princípios de auto-organização de estruturas coordenativas.

A aprendizagem passa, nesta perspectiva, a ser entendida como a evolução dos processos de coordenação e controlo por efeito da prática.

Constrangimentos, affordances e aprendizagem

Os animais actuam naturalmente em ambientes que disponibilizam informação e que, por esse facto, condicionam (constrangem) as suas possibilidades de acção. Contudo, nem toda a informação existente é percebida, existindo para cada espécie um conjunto de informação potencial, do qual apenas uma pequena parcela é extraída. Factores como as limitações sensoriais ou os efeitos da experiência são importantes na orientação daquilo que para cada indivíduo vai constituir informação relevante. É sabido, a este propósito, que um dos mais importantes efeitos da aprendizagem, sobretudo em tarefas de tipo aberto, é a modificação que ocorre nas estratégias de recolha de informação ambiental, nomeadamente a de tipo visual (Godinho, 1986).

Adicionalmente a própria morfologia e capacidades funcionais de um organismo limitam o conjunto de modos possíveis de resposta. A aderência entre a informação disponível e o leque de possibilidades de um animal constitui a «*affordance*». Gibson (1979), definiu *affordance* como a utilidade funcional de superfícies (e substâncias) do envolvimento, por referência às capacidades funcionais individuais. Nesta definição está implícita a impossibilidade de recorrer a qualquer artifício de separação actor-envolvimento. Naturalmente, a estratégia de pesquisa delineada por Gibson recorre a paradigmas bem diversos dos habituais em teorias clássicas de processamento de informação. As principais diferenças centram-se na procura de situações com realismo ecológico, na identificação precisa da informação disponível (de resto, muitas vezes manipulada experimentalmente) e na análise do modo de resposta procurando variáveis que melhor exprimam a relação actor-envolvimento, em detrimento da usual avaliação precisa do produto.

Uma teoria ecológica da acção, compatível com a noção de economia entrevista pela perspectiva de Bernstein, assumirá que a adaptação motora ao ambiente é tanto mais facilitada quanto mais forem minimizadas as tarefas de interpretação superior (cortical/cognitiva) desse ambiente. De facto, nem toda a informação existente é percebida pelo actor e nem toda a informação perceptivamente disponível é levada em consideração. Como é então feita:

1. a selecção de informação relevante para uma determinada acção?;
2. a coordenação da acção em curso com a informação disponibilizada pela própria acção?;
3. a apropriação de informação preferencial e de modos adequados de resposta, de forma resistente ao tempo e ao esquecimento, ou seja, a aprendizagem?

Para entender estas questões é preciso passar em revista algumas das posições tomadas por Gibson (1979) e pelos autores vinculados a uma

teoria ecológica da percepção, nomeadamente Michael Turvey e colaboradores (cf. Barreiros, Silva & Pereira, 1995, para uma síntese).

Gibson considera que o ambiente é disposto sob a forma de arranjos de informação (o óptico foi o que mereceu até ao momento maior destaque dada a importância da visão), alguns dos quais são acessíveis a alguns animais. A compatibilidade entre essa informação e o animal, e no caso específico do Homem, depende em larga medida da configuração sensorial dos diferentes sistemas. Assim, alguma informação torna-se disponível de imediato e traz associada uma significação biológica muito precisa. Essa significação não necessita de processamento cognitivo sofisticado: é directa. Aquilo que constitui a resposta motora típica de um animal num determinado envolvimento é o que foi disponibilizado por informação ambiental.

Dois exemplos ilustram bem alguns aspectos essenciais da perspectiva. Ingle e Cook (1977) notaram que, em rãs, o número de saltos diminuía à medida que diminuía a abertura por onde o animal passava em salto. Quando o valor de relação entre dimensão da abertura/largura da cabeça se aproxima de 1.30, praticamente cessam as tentativas de salto pela abertura. Warren e Whang (1987) num estudo sobre a passagem de humanos adultos por aberturas mostraram essencialmente o mesmo fenómeno e, curiosamente, com o mesmo valor limite (1.30) encontrado para a relação abertura/largura na cintura escapular. Para relações inferiores ao valor limite, a passagem processava-se mas com a adopção de uma técnica (modo de resposta ou categoria de acção) diferente — reduzindo substancialmente a velocidade de deslocamento ou exercendo uma rotação do tronco.

Este tipo de relação entre actor e envolvimento não parece ser aprendido, sendo observado desde muito cedo no desenvolvimento motor da criança normal em acções motoras típicas da nossa espécie (Adolph, Eppler & Gibson, 1993; Barreiros & Silva, 1995). Contudo alguns aspectos da resposta motora são seguramente objecto de aperfeiçoamento a dois níveis: um afinamento da resposta no sentido da eficácia e da eficiência, e uma distinção mais clara e rápida da categoria de acção mais ajustada a cada situação ambiental (Barreiros & Neto, 1996).

Esta abordagem é radicalmente diferente de todas as que assentam numa concepção de informação desprovida de significado funcional; pelo contrário, Gibson enfatizou a informação como vinculativa do comportamento, do mesmo modo que salientou a orientação do sujeito para a captura de determinadas fontes de informação a partir de critérios de pertinência para a acção a desenvolver.

Querirá isto dizer que todas as possibilidades de acção são univocamente definidas pelas possibilidades ambientais? Obviamente que não, ainda que para os teóricos da percepção directa, essa seja a tendência dominante, o princípio geral. Repare-se que, à semelhança da regulação motora, não se procura a redução a zero dos graus de liberdade mas

apenas a sua diminuição para valores que simplifiquem quer o controlo dos movimentos quer, no caso da percepção, a detecção das possibilidades de acção. O homem e os outros animais necessitam de manter uma reserva de adaptação e plasticidade e, em última análise, de possibilidades de contrariar a tendência da solução mais habitual. Este parece ser um problema geral de sistemas com necessidade de adaptação a situações imprevistas.

A ligação entre o problema do controlo motor e do ajustamento e flexibilidade ambiental aponta para a adopção de mecanismos unificados de adaptação — a concepção de ciclos percepção-acção em que não apenas a informação ambiental guie a acção, mas em que também a informação seja natureza decorrente da própria acção. Uma pergunta chave doravante é: quais os aspectos das estruturas coordenativas que podem ser ajustados pelo sistema perceptivo? (Fitch, Tuller, & Turvey, 1982).

De um ponto de vista ecológico sobre a percepção e a acção, decorre a noção de que a aprendizagem é o processo, modificável, pelo qual se realiza a coordenação entre o que é percebido e a acção consequente, e já não apenas a modificação exclusiva da acção. Percepção e acção influenciam-se reciprocamente, e aprender é estabelecer a melhor função para conjugar os dois componentes. Esta «melhor função» pode ser decomposta a vários níveis, os mais interessantes dos quais nos parecem ser o cumprimento de critérios de êxito, e os critérios de economia.

Aprender passa a ser, extensivamente, adaptar respostas, e não apenas afinar modos de resposta já existentes. Esta adaptação é frequentemente descontínua ou não-linear, uma vez que os modos estáveis de resposta apenas o são temporariamente, enquanto um novo modo mais favorável de resposta proporcionado pelos constrangimentos internos e externos não é tornado disponível. Em situações limite nenhum modo alternativo de resposta tem lugar.

De facto, o mesmo problema motor, desde que razoavelmente complexo, pode suscitar uma variedade enorme de modos de resposta (categorias de acção), tornadas úteis para o aprendiz de acordo com um percurso individual fortemente dependente quer das características pessoais, quer das condições iniciais do aprendiz, quer sobretudo do modo particular de interacção entre cada aprendiz e a tarefa. Nesta perspectiva, a adopção de um modo qualitativamente diferente de resposta (de uma nova estrutura de resposta) é essencialmente descontínua mesmo que variáveis critério adequadas mostrem uma quase regularidade da performance.

Em termos de desenvolvimento motor ao longo da vida esta proposta pode ser facilmente observada. O subir de escadas na infância, por exemplo, é uma aprendizagem natural que passa por duas categorias de acção claramente distintas: o subir com dois apoios no mesmo degrau (stepping) dá lugar a um modo alternado de subida mais tarde. Neste exemplo pode distinguir-se claramente a diferença entre uma perspectiva clássica cen-

trada numa variável de performance (o tempo para subir um certo número de degraus), que pode muito bem exibir uma curva típica de aprendizagem, e uma abordagem centrada no modo de resposta, em que a diferença qualitativa é evidente. Todo o desenvolvimento locomotor e manipulativo da infância está recheado deste tipo de exemplos.

A noção de programa motor está, em alternativa, ligada a representações, quer das condições de realização quer dos movimentos desenvolvidos, seja num mapeamento de um-para-um, como na «Closed-loop theory» de Adams, seja numa regra de abstracção, como na noção de Programa Motor Genérico de Schmidt. Em ambas as teorias o incremento da performance resulta de uma melhoria da competência e afinamento do esquema, de uma melhor comparação entre valor visado e valor efectivo, em suma, de uma eficácia acrescida pela prática das representações e dos processos internos envolvidos na realização da resposta motora. Estas teorias baseiam-se essencialmente no valor das representações e na eficácia prescritiva para os efectores. O desafio a esta abordagem tem vários pontos de partida. O primeiro, e talvez o mais crítico dos aspectos, é a impossibilidade teórica de explicar o encontro de novos modos de resposta. A evolução teria que ser feita na continuidade mas dentro do mesmo modo de resposta, uma vez que nenhuma das teorias prevê a «saída de um caminho» para adoptar um modo qualitativamente diferente de resposta. A hipótese da variabilidade das condições de prática decorrente da teoria do esquema apenas prevê a facilidade de transfer para movimentos dentro da mesma categoria, ou seja, similares ao objecto de aprendizagem em curso. A observação atenta do processo de aprendizagem revela muitas vezes um facto incómodo para as metodologias clássicas de medida de aprendizagem: o aprendiz adopta naturalmente modos qualitativamente diferentes de resposta em vez de prosseguir unidireccionalmente no mesmo tipo de solução motora. É claro que a avaliação da aprendizagem através de medidas exclusivas de produto (i. e., performance quantificada ou resultado) não permite a observação deste fenómeno, aliás muitas vezes detectado pela modificação súbita, positiva ou negativa, da medida de desempenho.

Um segundo problema é de natureza conceptual e tem a ver com a essência da noção de representação prescritiva. Uma representação é um constructo teórico que responde perante a necessidade de existência de um arquivo em memória. Neste caso tratar-se-ia de arquivos de informação referentes ao modo de implementação da resposta motora. Fortes críticas têm sido dirigidas a este conceito, basicamente agrupadas em torno de dois argumentos: pouco económico e não verificável (van Wieringen, 1988).

O primeiro argumento toca o problema da generalização de uma memória a uma infinidade de circunstâncias ambientais. Mesmo com o alargamento conceptual de Schmidt, um esquema tem sempre um campo limitado de aplicação circunstancial. Alguma estrutura intermédia teria

que ser responsabilizada pela imprescindível função de escolher um programa de resposta adequado a uma condição específica. Tal operação teria custos enormes e envolveria uma «inteligência escondida» que, ainda que possa de um modo geral ser argumentada para as capacidades cognitivas do ser humano, terá dificuldades em organismos sem as nossas capacidades como, por exemplo, os insectos.

A este respeito a abordagem ecológica de Gibson consitui uma alternativa radical: as acções são «convidadas» do ambiente percebido. Esta noção — *affordance* — estabelece uma indissociação entre o que o ambiente permite e os modos de resposta compatíveis, ainda que não explique totalmente o aperfeiçoamento das acções.

O segundo aspecto diz respeito ao insucesso relativo da verificação de existência de programas. Em princípio, um programa existe se se observarem algumas condições que apenas podem ser decorrentes da existência de programas, de entre as quais salientamos: a estabilidade temporal da acção, a estabilidade espacial, a ocorrência de retroacções em momentos determinados da resposta, a independência relativa de condições circunstanciais. Pese embora alguma evidência quanto ao tempo relativo, ao phasing e à força relativa (Schmidt, 1988a), a maioria dos trabalhos sobre aprendizagem de movimentos tem evidenciado, pelo contrário, grandes variações nestes parâmetros, perante ambientes em mudança, mesmo em sujeitos classificados como hábeis (Bootsma, 1988).

Difícilmente a noção de programa motor, tal como entendida na abordagem dos sistemas motores, é capaz de explicar, por exemplo, a variação da passada a partir da velocidade (Hoyt & Taylor, 1981; Kelso & Scholz, 1986). O conceito de variabilidade compensatória de Bootsma enfatiza precisamente a possibilidade de fazer depender a regulação da resposta da percepção modificada pela própria resposta. A noção de *affordance*, complementarmente, apela à explicação da adaptabilidade da resposta a partir de constrangimentos morfológicos, energéticos e funcionais numa relação directa, i. e., não mediatizada por estruturas de cognição (Warren, 1988).

Perspectivas alternativas de aprendizagem?

A divergência conceptual entre perspectivas é enorme quer de um ponto de vista filosófico quer do ponto de vista da estratégia de pesquisa. Mas será realmente diferente quanto ao entendimento do que é «aprender»?

Na perspectiva dos sistemas motores aprender é estabilizar programas de resposta. Uma aprendizagem é tida como melhor se for mais resistente ao esquecimento, mais adaptável a novas situações, se proporcionar respostas mais estáveis e menos dependentes das variações do contexto. Nesta perspectiva o conceito de prática consiste no conjunto de

repetições de um movimento em que progressivamente tem lugar uma redução do erro e uma maior eficiência. Frequentemente a prática é entendida como a repetição de uma solução particular para um dado problema motor.

Nas abordagens ecológicas e dos sistemas de acção a aprendizagem é vista como a coordenação do envolvimento perceptivo com o envolvimento de acção de um modo consistente com os constrangimentos da tarefa (Newell, 1991). Na esteira de Bernstein (1967) a aprendizagem deve ser entendida como a procura da melhor solução para o problema motor, ou seja, centra-se na solução e não na resposta.

Para entender melhor esta posição é preciso redefinir três conceitos, muitas vezes empregues como sinónimos: coordenação, controlo e skill. Segundo Newell (1985) a coordenação deve ser vista como o modo de constrangimento dos graus de liberdade em unidades musculares (sinergias musculares ou estruturas coordenativas) de forma a que apenas algumas variáveis permaneçam em estado livre. O controlo diz respeito à manipulação destas variáveis livres (variáveis controláveis). Por último, skill é a atribuição de valores óptimos às variáveis controladas, em estreita conexão com o objectivo da tarefa. Assim, a aprendizagem enquanto aquisição do skill, é o problema da aquisição da coordenação e do controlo permitindo encontrar novas e mais eficientes soluções.

Aprender é pois entrar num processo de descoberta, em que o sujeito age num espaço de trabalho (workspace) onde confluem um espaço perceptivo e um espaço de acção. A exploração desse espaço possibilita ao sistema reter informação sobre o que é desejável, desde que existam suficientes mecanismos para avaliação dos efeitos de cada opção, e também sobre o que não é desejável (Vereijken & Whiting, 1990).

Uma tal concepção de aprendizagem pode eventualmente desencadear uma nova metodologia de identificação de factores relevantes no processo, bem como da articulação entre factores. Seguramente contribuirá também para aumentar o poder preditivo em processos de aprendizagem, elevando a consciência dos participantes ao nível de tomadas de decisão mais fundamentadas.

Bibliografia

- ABERTNETHY, B., & SPARROW, W. A. (1992). The rise and fall of dominant Paradigms in Motor Behaviour Research. In J. J. Summers, (ed.) *Approaches to the study of motor control and learning*. (pp. 3-45). Amsterdam: Elsevier.
- ADAMS, J. A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 111-150.
- ADOLPH, K. E., EPPLER, M. A., & GIBSON, E. J. (1993). Crawling versus walking in infant's perception of affordances for locomotion over sloping. *Child Development*, 64, 1158-1174.

- BARREIROS, J., & SILVA, B. (1995). Hand size and grasping in infants. In B. G. Bardy, R. J. Bootsma and Y. Guiard (eds.), *Studies in perception and action III* (pp. 141-144). New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- BARREIROS, J., & NETO, C. (1996). Body scaled references for catching in adolescents and adults. In P. Marconnet, J. Goulard, I. Margaritis and F. Tessier (eds.), *Proceedings of the First Annual Congress of the European College of Sport Science* (pp. 784-785). Nice, France.
- BARREIROS, J.; SILVA, P. & PEREIRA, F. (1995). Bases perceptivas da organização da acção: affordance, constrangimentos e categorias biodinâmicas da acção. In J. Barreiros e L. Sardinha (eds.), *Percepção & Acção* (pp. 9- 39), Lisboa: Edições FMH.
- BEEK, P. J. (1989). *Juggling dynamics*. Amsterdam: Free University Press.
- BERNSTEIN, N. A. (1967). *The co-ordination and regulation of movements*. Oxford: Pergamon Press.
- BOOTSMA, J. R. (1988). *The Timing of Rapid Interceptive Actions: Perception-action coupling in the control acquisition of skill*. Amsterdam. Free University Press.
- GIBSON, J. J. (1979). *An ecological approach to visual perception*. Boston: Houghton-Mifflin.
- HENRY, F. M. & ROGERS, D. E. (1960). Increased response latency for complicated movements and a «memory drum» theory of neuromotor reaction. *Research Quarterly*, 31, 448-458.
- HOYT, D. F., & TAYLOR, C. R. (1981). Gait and the energetics of locomotion in horses. *Nature*, 239-240.
- INGLE, D. & COOK, J. (1977). The effects of viewing distance upon size preference of frogs for prey. *Vision Research*, 17, 1009-1019.
- KELSO, J. A. S. & SCHOLZ, J. P. (1986). Cooperative phenomena in biological motion. In H. Haken (ed.), *Synergetic systems in Physics, Chemistry and Biology*. New York: Springer.
- KUGLER, P. N. & TURVEY, M. T. (1987). *Information, natural law and the self-assembly of rhythmic movements*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- NEWELL, K. M. (1985). Coordination, control and skill. In D. Goodman, R. B. Wilberg and I. M. Franks (eds.), *Differing Perspectives in Motor Learning, Memory and Control*. Amsterdam: North-Holland.
- NEWELL, K. M. (1991). Motor skill acquisition. *Annual Review of Psychology*, 42, 213-237.
- REED, E.S. (1982). An outline of a theory of action systems. *Journal of Motor Behavior*, 14, 98-134.
- SCHMIDT, R. A. (1975). A schema theory of discrete motor skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.
- SCHMIDT, R. A. (1988). Motor and action perspectives on motor behavior. In: O. G. Meijer & K. Roth (eds.), *Complex movement behavior: 'The' motor-action controversy* (pp. 3-44). Amsterdam: North-Holland.
- SCHMIDT, R.A. (1988). *Motor control and learning: a behavioral emphasis*. Champaign, ILL: Human Kinetics.
- SCHMIDT, R. A. (1985). The search for invariance in skilled movement behavior. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 56, 188-200.

- TULLER, B.; TURVEY, M. T. & FITCH, H. L. (1982). The Bernstein perspective: II. The concept of muscle linkage or coordinative structure. In: J. A. S. Kelso (ed.), *Human motor behavior: An introduction* (pp. 253-270). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- TURVEY, M. T.; FITCH, H. L. & TULLER, B. (1982). The Bernstein perspective: I. The problems of degrees of freedom and context conditioned variability. In: J. A. S. Kelso (ed.), *Human motor behavior: An introduction* (pp. 239-252). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- VAN WIERINGEN, P. C. W. (1988). Kinds and levels of explanation: Implications for the motor systems versus action systems controversy. In O. G. Meijer and K. Roth (eds.), *Complex Movement Behaviour: 'The' Motor-Action Controversy* (pp. 87-120). Amsterdam: North-Holland.
- VEREIJKEN, B. & WHITING, H. T. A. (1990). In defence of discovery learning. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 15, 99-106.
- VON HOLST, F. (1973). *The behavioral physiology of animals and man: The collected papers of Herich von Holst*. Coral Gables, FL: University of Miami Press.
- WARREN, W. H. (1988). Critical behavior in perception-action systems. In J. A. S. Kelso and M. F. Schlesinger (eds.), *Dynamic patterns in complex systems* (pp. 370-387). Singapore: World Scientific.
- WARREN, W. H., & WHANG, S. (1987). Visual guidance of walking through apertures: body scaled information for affordances. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13, 371-383.