

AUTORES:Go Tani ¹Umberto Cesar Corrêa ¹¹Escola de Educação Física e Esporte,
Universidade de São Paulo, Brasil.<https://doi.org/10.5628/rpcd.19.03.56>**Do simples e do complexo
e o desempenho esportivo:
Conceitos, estudos
e implicações.****PALAVRAS-CHAVE:**

Desempenho esportivo.

Paradigma sistêmico. Futebol.

SUBMISSÃO: 6 de Outubro de 2019

ACEITAÇÃO: 27 de Dezembro de 2019

RESUMO

O objetivo deste artigo é abordar a questão do simples e do complexo no desempenho esportivo, particularmente no futebol, tendo como background o paradigma sistêmico. O texto consiste-se de duas partes: na primeira, são apresentados e discutidos os principais conceitos desse paradigma, nomeadamente a interação, a emergência, o sistema aberto, a dinâmica, a adaptação, a hierarquia e a auto-organização e as suas implicações no desempenho esportivo; na segunda, são apresentadas algumas ideias que estão sendo testadas empiricamente no Laboratório de Comportamento Motor da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo acerca dessas implicações. Espera-se que essas ideias contribuam para projetar hipóteses operacionais de experimentação no terreno da intervenção esportiva em que o paradigma reducionista ainda se faz fortemente presente.

About the simple and the complex
and sport performance: Concepts,
researches and implications.

ABSTRACT

The objective of this article is to approach the question of the simple and the complex in sports performance, particularly in football, having the systemic paradigm as a background. The text consists of two parts: in the first, the main concepts of this paradigm are presented and discussed, namely interaction, emergence, open system, dynamics, adaptation, hierarchy and self-organization and its implications in sports performance; in the second, some ideas are presented that are being empirically tested in the Laboratory of Motor Behavior of the School of Physical Education and Sport of the University of São Paulo, about these implications. It is hoped that these ideas will contribute to design operational hypotheses for experimentation in the field of sports intervention in which the reductionist paradigm is still strongly present.

KEYWORDS:

Sports Performance. Systemic paradigm. Football.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O complexo sempre existiu e está em toda parte. A ciência, diante da dificuldade em acessá-lo, investigá-lo e compreendê-lo, lançou mão, durante muito tempo, de uma estratégia que o reduzia ao simples. Essa estratégia reducionista ancorava-se no procedimento analítico: compreender o todo, analisando-o por partes. Reconhecidamente, a ciência reducionista fez um enorme sucesso e, em muitas situações, continua a fazer. Muito do que conhecemos, temos e usufruímos nos dias atuais, são frutos desse empreendimento.

Evidentemente, o emprego da estratégia reducionista não foi uma questão simples de escolha, no que concerne à forma de investigação. Consistiu-se de uma inevitabilidade operacional histórica, face às limitações metodológicas e tecnológicas para acessar o complexo. Portanto, torna-se necessário, nesse momento, diferenciar o reducionismo enquanto paradigma e enquanto metodologia de investigação. Confundi-los é um convite para fazer críticas infundadas, impertinentes e injustas à ciência reducionista. Mesmo hoje, a natureza do problema a ser investigado pode prontamente sugerir uma abordagem conceitual e teórica mais adequada, mas os instrumentos metodológicos e tecnológicos para a sua operacionalização nem sempre estão disponíveis.

O reducionismo enquanto paradigma é classicamente concebido como a busca da explicação para um maior número possível de fenômenos por meio do menor número possível de leis (Livio, 2018). Obviamente, quanto maior a variabilidade inerente aos fenômenos, maior a dificuldade para se obter sucesso nessa busca. A chance de sucesso aumentaria se o mundo e o universo, em última análise, as coisas, os fenômenos, as entidades, as organizações neles presentes, fossem vistos como algo ordenado, regular, uniforme, simétrico, proporcional, ou seja, como “relógios”, tanto na sua estrutura quanto no seu funcionamento. Bertalanffy (1968) denominou essa visão à retaguarda do empreendimento científico de categoria básica de pensamento. Foi essa visão que a ciência reducionista adotou. E assim procedendo, assumiu que o todo podia ser entendido como a soma das partes e, portanto, ser reconstituído a partir delas.

Mas, a ciência descobriu que essa estratégia tinha limitações. A principal razão dessa limitação referia-se à aplicação e o sucesso do procedimento analítico dependerem de duas condições fundamentais: primeiro, que a interação entre as partes inexista e caso exista, ela seja suficientemente fraca para poder ser desconsiderada; segundo, que as relações que descrevem o comportamento das partes sejam lineares para garantir a aditividade (Bertalanffy, 1968). Não é o que acontece com muitos fenômenos físicos, biológicos, sociais e culturais em que o ser humano se envolve e está envolvido. O esporte está repleto de fenômenos em que essas condições não se encontram presentes.

Diante dessa limitação, delineia-se, em meados do século XX, um novo movimento em que a ciência muda a maneira de ver, conceber e acessar as coisas - categoria básica de pensamento anteriormente referida - que Thomas Kuhn chamou de mudança de paradigma (Kuhn, 1970). Sabidamente, a ciência tem um mecanismo próprio de corrigir erros, suplantando limitações, atacar anomalias. Quando ela percebe que muitos fenômenos não podem ser explicados pelo paradigma vigente - por ele chamado de ciência normal - ou observa o acúmulo de resultados anômalos em suas investigações, entra numa fase de crise em que ocorre uma ruptura com esse paradigma e, assim, um novo paradigma emerge procurando oferecer um quadro conceitual e metodológico para atacar fenômenos antes não explicados, mal explicados ou rejeitados. Essa reorientação do pensamento científico não ocorre par e passo, mas sim por meio de um salto, que foi por Kuhn denominado de revolução científica.

Apesar de haver discussões se as mudanças ocorrem abruptamente (descontinuidade) ou paulatinamente, ou mesmo se existe um paradigma dominante ou um conjunto de paradigmas (veja, por exemplo, Lakatos & Musgrave, 1970), o que emergiu no lugar do paradigma reducionista foi o sistêmico (Bertalanffy, 1968; Laszlo, 1972; Prigogine & Stengers, 1984), também conhecido como paradigma evolucionário (Laszlo, 1994). Se no paradigma reducionista, determinismo, causalidade e linearidade estavam entre os fenômenos que ocupavam o centro das atenções, no paradigma sistêmico eles foram substituídos por fenômenos como indeterminismo, emergência, espontaneidade, entre outros. Com isso, a ciência começou a tratar de sistemas complexos, isto é, sistemas em que os componentes interagem de maneira não linear e dão origem, muitas vezes, a estruturas e padrões inesperados (Goodwin, 1994). Sistemas em que a interação faz com que o simples gere o complexo.

No paradigma sistêmico, alguns conceitos, ideias e proposições são fundamentais, entre eles destacam-se: interação, emergência, sistema aberto, dinâmica, adaptação, hierarquia e auto-organização. O objetivo deste artigo é abordar a questão do simples e do complexo, refletindo sobre as implicações de cada um desses conceitos no estudo e compreensão do desempenho no esporte, com especial destaque para o futebol. A justificativa é de que, no nosso entender, ainda prevalece nesse universo o paradigma reducionista. O texto consiste-se de duas partes: na primeira, serão apresentados e discutidos os principais conceitos do paradigma sistêmico e as suas implicações no desempenho esportivo; na segunda, serão apresentadas algumas ideias, baseadas nesse paradigma, que estão sendo testadas empiricamente no Laboratório de Comportamento Motor da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo. Será, portanto, uma viagem ao mundo de conceitos e ideias e não de apresentação e discussão de resultados de investigação.

OS CONCEITOS SISTÊMICOS E SUAS IMPLICAÇÕES

O CONCEITO DE INTERAÇÃO

A mudança de paradigma aqui referida tem a ver, essencialmente, com o conceito de interação. A definição de sistema abarca exatamente essa essência: componentes em interação (Bertalanffy, 1968). Em sistemas complexos, esses componentes, ao interagirem entre si, formam redes de interação, se auto-organizam espontaneamente e podem produzir estruturas, padrões e comportamentos complexos (Goodwin, 1994; Kauffman, 1993).

A interação faz com que a propriedade do sistema, isto é, do todo, não seja possível de ser entendida pelo conhecimento de seus componentes, ou seja, das partes. Portanto, o procedimento analítico se torna limitado senão inoperante, visto que o todo é mais do que a soma das partes (Weiss, 1967). Por exemplo, os bilhões de neurônios interagindo no cérebro, os milhões de computadores se comunicando na internet, os milhares de docentes interagindo na universidade, as centenas de foliões dançando no desfile de uma escola de samba no carnaval, as dezenas de jogadores interagindo num jogo de futebol. Essas interações produzem resultados surpreendentes e imprevisíveis. Definitivamente, o pensamento analítico e aditivo não se coaduna com a natureza desses sistemas complexos.

O CONCEITO DE EMERGÊNCIA

As interações em sistemas complexos dão origem a estruturas e padrões não previsíveis pelo conhecimento dos componentes, caracterizando um fenômeno emergente (Weiss, 1967). Quanto maior o número de componentes, maiores são as interações, maiores são as redes formadas e os resultados crescentemente imprevisíveis. Podem resultar em fenômenos extraordinários: por exemplo, os bilhões de neurônios em interação dão origem à consciência (Wu, 2013), e produzem comportamentos ordenados e muitas vezes inusitados, como as enterradas do Michael Jordan, a bicicleta do Pelé, os saltos da Nádia Comaneci e até mesmo o cabeceio feito com “la mano de diós” de Diego Maradona; os milhões de computadores em interação online possibilitam a disseminação de informações em velocidade e volume inimagináveis como mostra a internet; os milhares de aviões e automóveis voando e circulando em velocidade, sem colisões, garantem o ir e vir dos cidadãos.

Por outro lado, as interações, dependendo de como elas acontecem, nem sempre resultam na emergência de estruturas e padrões organizados. Por exemplo, onze excelentes jogadores podem não resultar numa equipe vencedora no futebol, por conta dos “caprichos” da interação. Inversamente, jogadores nem tão competentes individualmente conseguem interagir de tal forma a construírem verdadeiras sinergias ou a produzirem uma ordem macroscópica emergente que, ao retroagir controlando o comportamento de cada um dos jogadores possibilita, surpreendentemente, a formação de padrões altamente organizados. A equipe de futebol do Real Madrid, entre 2001 e 2007, recheada de jogadores chamados de “galácticos”, pode ser um bom exemplo do primeiro caso e a equipe de futebol do Porto, campeã da Liga dos Campeões em 2004, um exemplo representativo do segundo caso.

O CONCEITO DE SISTEMAS ABERTOS

Os sistemas podem ser classificados como abertos e fechados. Os sistemas fechados são aqueles que não trocam matéria, energia e informação com o meio ambiente externo. As trocas acontecem apenas internamente e tendem a um estado de equilíbrio termodinâmico. Estado de equilíbrio, em termodinâmica, significa que o sistema tem uma baixa capacidade de mudança ou uma baixa energia potencial. Portanto, todos os sistemas fechados tendem a um estado de máxima desordem (entropia), e mais importante ainda, esse processo é irreversível, caracterizando uma flecha no tempo (Bertalanffy, 1968; Prigogine & Stengers, 1984).

Os sistemas abertos, ao contrário, são aqueles que trocam matéria, energia e informação com o meio ambiente externo. Em virtude disso, contrariam a segunda lei da termodinâmica. Nesses sistemas, a entropia poderá aumentar, permanecer em steady state e também diminuir. Assim, garantem um estado de não equilíbrio e, conseqüentemente, a possibilidade de desenvolvimento, como ocorre com os sistemas vivos (Bertalanffy, 1968). Esses sistemas são capazes de integrar as duas flechas no tempo, a de aumento e de diminuição de entropia (Prigogine, 1996). Um exemplo ilustrativo de sistemas abertos e fechados, em termos de comportamento, é o que ocorre com a carreira de técnicos no esporte - os que agem como sistemas fechados têm vida curta, tornando-se obsoletos em pouco tempo, ou seja, simples, homogêneos e altamente previsíveis para a equipe adversária. Os técnicos de futebol em evidência nos dias de hoje, comandando as melhores equipes do mundo, podem ser vistos como exemplos de sistemas abertos, pois se reinventam constantemente para evitar o processo entrópico da homogeneização.

O CONCEITO DE DINÂMICA

Os sistemas abertos tendem a mudar os seus estados dinamicamente, produzindo muitas vezes estruturas, padrões e comportamentos inesperados. O estado de um sistema é descrito por um conjunto de variáveis que melhor o caracterizam. Se o sistema muda de um estado para outro, as suas variáveis também mudam, muitas vezes de forma não linear. Isto é, não diretamente proporcional ao tempo, ao estado corrente do sistema ou às mudanças no meio ambiente.

Essa mudança depende também do estado do sistema. O sistema pode estar num estado estável capaz de fazer frente às perturbações sem necessidade de mudanças. Mas, dependendo do estado, pequenas perturbações podem provocar mudanças drásticas no comportamento do sistema gerando transições de fase ou bifurcações, o tão conhecido efeito borboleta (veja, por exemplo, Gleick, 1990). Por exemplo, a substituição de um jogador durante um jogo de futebol pode gerar uma mudança radical no comportamento do time. Todo o sistema é afetado, novas interações emergem, muda-se a dinâmica de jogo. Ao contrário, dependendo do estado do sistema, a substituição da metade de jogadores de um time pode não gerar nenhuma mudança significativa.

O CONCEITO DE ADAPTAÇÃO

Uma propriedade fundamental dos sistemas abertos é a sua capacidade para buscar e atingir estados mais complexos de organização. De um lado, a estabilização (equilíbrio) via mecanismos auto regulatórios, baseados em feedback negativo, garante a manutenção do sistema. Por outro lado, a formação de estruturas mais complexas a partir de estruturas mais simples já existentes, implica uma desestabilização (desequilíbrio) para uma posterior estabilização num nível superior de complexidade, ou seja, adaptação.

Adaptação é um conceito muito amplo, utilizado desde o nível mais microscópico de organização até o mais macroscópico. Fala-se em adaptação biológica, assim como adaptação social e cultural. Certamente, devem existir diferentes mecanismos e modos de adaptação, mas há uma condição em comum dentro dessa diversidade: ela ocorre quando mudanças no ambiente perturbam o sistema desafiando a sua estabilidade e gerando incertezas (Conrad, 1983). Portanto, em sistemas abertos, as incertezas que desafiam a estabilidade não são necessariamente elementos que devem ser eliminados para mantê-la, mas constituem-se fontes em potencial de nova ordem (Yates, 1987). A adaptação origina a complexidade (Holland, 1995).

Sistemas complexos que se adaptam demonstram estruturas estáveis e flexíveis. Em outras palavras, são estáveis, porém são capazes de se reconstruir quando desestabilizados por perturbações. Quando isso é logrado, o sistema alcança um novo estado de estabilidade, aumentando em complexidade. Os sistemas táticos em modalidades esportivas coletivas, tanto ofensivas como defensivas, são um bom exemplo de sistemas complexos que se adaptam e evoluem. No entanto, dependendo da magnitude da perturbação, ou seja, além da previsibilidade do sistema, o sistema tático entra em colapso e resulta, por exemplo, em gols sofridos, cestas concedidas, pontos perdidos, ou seja, ao fim e ao cabo, em derrotas. O treinamento tático consiste, basicamente, de duas coisas: (a) aumentar a consistência do sistema tático defensivo frente às perturbações impostas pela equipe adversária, mantendo a estabilidade; e (b) aumentar a consistência do sistema tático ofensivo em criar perturbações além da previsibilidade à equipe adversária. Assim, os sistemas táticos, tanto defensivos quanto ofensivos, aumentam em complexidade criando e respondendo às perturbações de crescente magnitude. Não resta dúvida de que, do ponto de vista tático, um jogo entre Barcelona e Real Madrid é um sistema muito mais complexo do que um jogo entre casados e solteiros.

O CONCEITO DE HIERARQUIA

O conceito de hierarquia surge para atacar as limitações do paradigma reducionista em que partes e todos são vistos como existências absolutas. Ele surge para dar resposta a uma antiga indagação: o que constitui a estrutura básica ou a ordem do mundo? Uma possibilidade pensada foi a estrutura hierárquica, isto é, a natureza ser vista como hierarquia de entidades existentes em diferentes níveis de organização. A estrutura hierárquica seria

uma consequência da complexidade do sistema (Bertalanffy, 1968; Jantsch, 1980; Pattee, 1973; Prigogine & Stengers, 1984; Salthe, 1985; Weiss, 1969; Yates, 1987; Wu, 2013). De acordo com Simon (1962), a teoria hierárquica é uma alternativa e um complemento a outras abordagens da complexidade, baseado na premissa de que a complexidade frequentemente toma a forma de hierarquia.

Simon (1962) define hierarquia como um sistema que é composto de subsistemas inter-relacionados, cada um desses sendo, por sua vez, hierárquico em estrutura até atingir um determinado nível inferior de subsistemas elementares. Uma analogia é apresentada por Koestler (1967, 1969) para uma melhor compreensão de hierarquia: uma estrutura de um sistema, semelhante a uma árvore, que se ramifica em subsistemas e assim sucessivamente. Nesse enquadramento, um sistema é um todo em relação aos subsistemas constituintes e, ao mesmo tempo, uma parte em relação ao sistema imediatamente superior da hierarquia. É, portanto, uma parte e também um todo (Koestler, 1967, 1969). Essas entidades intermediárias que funcionam como todos completos em si mesmos em relação aos seus subordinados na hierarquia e como partes dependentes em relação aos que se encontram em níveis superiores, ou seja, como todo e parte simultaneamente, foram denominadas de hólons (Koestler, 1967, 1969).

Eles são governados por conjunto fixo de regras e apresentam estratégias mais ou menos flexíveis. Essa dicotomia da condição de parte e da condição de todo, da autonomia e da dependência, é inerente ao conceito de ordem hierárquica e é denominada "princípio de Jano". A sua expressão dinâmica é a polaridade das tendências autoafirmativas e integrativas (Koestler, 1967, 1969). Os hólons apresentam tendência integrativa (condição de parte) em relação ao nível superior da hierarquia e tendência autoafirmativa (condição de todo) em relação ao nível inferior da hierarquia (Koestler, 1967, 1969).

O conceito de hierarquia possibilita, por exemplo, conceber o jogo de futebol como um sistema organizado em múltiplos níveis, de modo que, em qualquer nível, é possível visualizar aspectos relativos ao todo e às partes. Destarte, o jogo de futebol pode ser concebido como um sistema composto por dois subsistemas abertos semiautônomos (equipes), que pode ser decomposto em vários níveis hierárquicos. No nível mais elevado, ele é um sistema (todo) constituído pela interação entre duas equipes (partes); no nível seguinte, cada equipe (todo) passa a caracterizar um sistema composto por jogadores (partes) organizados em diferentes formas de ataque e defesa; no próximo nível, cada forma de ataque ou defesa se torna um sistema (todo) composto por habilidades individuais de cada jogador (partes); no nível seguinte, essas habilidades passam a ser o sistema (todo), cujas partes são o domínio de bola, o passe, o chute, o drible, a condução e proteção da bola, e a recuperação e interceptação da bola; e, finalmente, no último nível, cada uma dessas habilidades se torna um sistema formado pela interação de diferentes movimentos corporais (Corrêa, Bastos, Basso, & Tani, 2019; Corrêa & Tani, 2006).

A concepção do jogo de futebol como um sistema hierárquico possibilita compreender as diferentes maneiras em que as equipes se adaptam ao longo do jogo: pela modificação da configuração estrutural, denominada de macroestrutura, ou do comportamento individual dos jogadores, referida como microestrutura. Por exemplo, uma equipe poderia modificar o seu sistema de defesa para lidar com um determinado ataque e, portanto, alterar a sua macroestrutura. Mas, poderia também mantê-la, mudando apenas os comportamentos individuais dos jogadores, por exemplo, mediante a diminuição das distâncias entre eles, alternando assim apenas a sua microestrutura (Corrêa & Tani, 2006). Nesse contexto, é importante ter sempre em mente que a macroestrutura é o sistema em observação, e que a microestrutura são os elementos constituintes desse sistema. Mais ainda, que a macroestrutura se relaciona com o sistema tático (ordem, consistência) e a microestrutura se relaciona com o desempenho de cada jogador (desordem, variabilidade).

O CONCEITO DE AUTO-ORGANIZAÇÃO

A interação entre os componentes produz padrões que não dependem de um agente central interno que os controle, mas que emergem espontaneamente refletindo as propriedades auto-organizacionais do sistema. A auto-organização significa o processo pelo qual uma estrutura ou padrão emerge num sistema aberto sem especificações externas, ou seja, com base na sua dinâmica intrínseca (Jantsch, 1980; Kauffman, 1993; Yates, 1987). A emergência de um novo padrão resulta de saltos repentinos, descontínuos e não lineares de comportamentos, resultantes de mudança em certos parâmetros de controle.

Uma das propriedades fundamentais de sistemas auto-organizados é a sua capacidade de desenvolver estruturas estáveis, porém flexíveis para fazer frente a perturbações. Equipes esportivas que não dependem da ordem do técnico para se adaptar às perturbações impostas pela equipe adversária, buscando soluções na própria dinâmica de interação entre os jogadores é um bom exemplo de sistema com propriedades auto-organizacionais. O desafio é como dotar as equipes com esta capacidade nos treinamentos. Certamente isto não seria logrado na presença de uma força propulsora ou entidade (técnico) a provocar mudanças de forma prescritiva. Entender que a emergência do padrão é resultado de um processo de auto-organização e tentar identificar as condições que possibilitam ou ao menos facilitam a sua emergência poderia ser um passo interessante para enfrentar esse desafio. Equipes de futebol, em que os técnicos não saem das margens do campo e ficam constantemente orientando as ações dos seus jogadores, são bons exemplos de sistemas que não são auto-organizados.

ALGUMAS IDEIAS EM PROCESSO DE INVESTIGAÇÃO

Nesta segunda parte, trataremos de algumas ideias derivadas do paradigma sistêmico que estão sendo testadas empiricamente no Laboratório de Comportamento Motor da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo. Reiteramos que o objetivo é apresentar e discutir ideias e não dados empíricos de estudos experimentais realizados. Oxalá essas ideias possam se constituir em fontes de inspiração para enfrentar os inúmeros desafios que o simples e o complexo impõem à preparação (treinamento) para o desempenho esportivo.

Para alcançar estados mais complexos de organização, há um processo dinâmico de transformação de desordem em ordem, e vice-versa. A figura 1 mostra a relação entre informação e entropia elaborado por Miller (1978). Os processos de mudança como evolução, aprendizagem e desenvolvimento, são processos em que a incerteza é transformada em informação, a entropia em entropia negativa, o ruído em sinal, a desordem em ordem e assim por diante. E, para que todas essas transformações sejam realizadas, há a necessidade do dispêndio de energia.

Entretanto, por longo período, os fatores relacionados à desordem, que estão colocados à direita no quadro elaborado por Miller, foram considerados elementos negativos que necessitavam ser eliminados para que a ordem prevalecesse. Como é bem conhecida, essa visão negativa de fatores relacionados com a entropia positiva, advinha de uma concepção de ciência em que o determinismo e a linearidade eram os seus postulados fundamentais. Isto é, a ciência reducionista já descrita e discutida que concebe as coisas, os fenômenos e os eventos como se fossem "relógios".

Diferentes meta-teorias da ciência como estruturas dissipativas (Prigogine, 1968), sinérgica (Haken, 1977), auto-organização (Jantsch, 1980; Yates, 1987), caos (Gleick, 1990) e complexidade (Lewin, 1993; Waldrop, 1992), entre outras, que constituem o que tem sido chamado de ciência emergente ou evolucionário (Laszlo, 1972, 1994; Prigogine & Stengers, 1984), em contraposição à ciência reducionista, têm proposto a necessidade de uma reconsideração do significado dos fatores relacionados à desordem em vários campos da ciência. Hoje sabemos que os fatores de desordem podem ser fontes de ordem e, portanto, não devem ser eliminados. Muitas vezes eles fazem parte da sua estrutura, ou seja, são seus elementos constituintes. Com esse pano de fundo temos desenvolvido algumas linhas de pesquisa no nosso laboratório. Inicialmente abordaremos sobre o modelo de ações motoras (Tani, 2005a).

H	=	- S
Informação		Incerteza
Entropia negativa		Entropia
Sinal		Ruído
Precisão		Erro
Forma		Caos
Regularidade		Aleatoriedade
Padrão ou forma		Falta de padrão ou forma
Ordem		Desordem
Organização		Desorganização
Complexidade regular		Simplicidade irregular
Heterogeneidade		Homogeneidade
Improbabilidade		Probabilidade
Previsibilidade		Imprevisibilidade
(H = informação)		(S = entropia)

FIGURA 1. Informação versus entropia (Miller, 1978)

Diferentes meta-teorias da ciência como estruturas dissipativas (Prigogine, 1968), sinérgica (Haken, 1977), auto-organização (Jantsch, 1980; Yates, 1987), caos (Gleick, 1990) e complexidade (Lewin, 1993; Waldrop, 1992), entre outras, que constituem o que tem sido chamado de ciência emergente ou evolucionário (Laszlo, 1972, 1994; Prigogine & Stengers, 1984), em contraposição à ciência reducionista, têm proposto a necessidade de uma reconsideração do significado dos fatores relacionados à desordem em vários campos da ciência. Hoje sabemos que os fatores de desordem podem ser fontes de ordem e, portanto, não devem ser eliminados. Muitas vezes eles fazem parte da sua estrutura, ou seja, são seus elementos constituintes. Com esse pano de fundo temos desenvolvido algumas linhas de pesquisa no nosso laboratório. Inicialmente abordaremos sobre o modelo de ações motoras (Tani, 2005a).

PROGRAMA DE AÇÃO HIERARQUICAMENTE ORGANIZADO

Como as ações motoras são geradas (planejadas e executadas) pelo sistema nervoso central constituem um problema fascinante de investigação, cuja elucidação envolve esforços de especialistas de diferentes áreas como Psicologia Cognitiva, Neurociência, Inteligência Artificial, Neurofisiologia, entre outras.

Especialmente nas três últimas décadas, avanços significativos têm sido observados nesse esforço em virtude do surgimento de uma nova área denominada de Neurociência Cognitiva, que utiliza de forma integrada teorias e conceitos da Ciência Cognitiva - incluindo a modelação computacional - e métodos e tecnologias da Neurociência, que permitem observar o cérebro em funcionamento para compreender a atividade mental humana.

Nesse empreendimento, compreender a natureza e o papel de diferentes representações no planejamento e execução de movimentos tem sido um grande desafio. Em outras palavras, entender como as ações motoras são representadas no cérebro ou como os mecanismos básicos que controlam a contração muscular são selecionados e engrenados, além dos princípios que regem esses processos (Jeannerod, 1997).

De fato, o sistema nervoso central desempenha a função de coordenador dessas atividades que resultam em ações motoras. Algumas ideias foram desenvolvidas acerca dessa coordenação e o grande desafio tem sido encontrar um sistema de representação (plano motor, programa motor, programa de ação, modelos internos etc.) capaz de abarcar na mesma estrutura duas características marcantes de ações motoras habilidades: consistência e flexibilidade.

Tendo como pano de fundo os conceitos de complexidade e organização hierárquica, temos proposto um modelo denominado de "programa de ação hierarquicamente organizado" (Tani, 1995, 2005a) que assume a complementaridade (Pattee, 1982) entre ordem e desordem numa mesma estrutura (FIGURA 2). Essa complementaridade está também presente na ideia de hólón com regras fixas e estratégias flexíveis proposta por Koestler (1967, 1969), na noção de manutenção e desmantelamento de estruturas na evolução apresentada por Lorenz (1974), na visão de macrodeterminância e microindeterminância na organização de um sistema, defendida por Weiss (1969), e na ideia de macro-ordem e microdesordem proposta por Choshi (1980) no desenvolvimento motor.

Esse modelo assume a organização de um programa de ação em dois níveis de estrutura: macro e micro. A macroestrutura, nesse caso, é vista como orientada à ordem (consistência) e a microestrutura, à desordem (flexibilidade). A microestrutura orientada à desordem significa que quando um programa de ação é elaborado, um número de alternativas está disponível para cada componente que constitui a sua estrutura. Nesse sentido, a microdesordem pode ser entendida como redundância do sistema que garante flexibilidade a um programa de ação que, por sua vez, resulta na variabilidade observada nos padrões de movimento. Em outras palavras, um programa de ação em que um padrão básico que corresponde à macroestrutura (por exemplo, mesma sequência de componentes), gera um número de variações por causa de alternativas disponíveis em relação a cada componente (microestrutura). É exatamente em virtude dessa microdesordem que a flexibilidade se constitui uma característica marcante de ações habilidosas.



FIGURA 2. Estrutura hierárquica de um programa de ação (Tani, 1995)

Esse modelo assume a organização de um programa de ação em dois níveis de estrutura: macro e micro. A macroestrutura, nesse caso, é vista como orientada à ordem (consistência) e a microestrutura, à desordem (flexibilidade). A microestrutura orientada à desordem significa que quando um programa de ação é elaborado, um número de alternativas está disponível para cada componente que constitui a sua estrutura. Nesse sentido, a microdesordem pode ser entendida como redundância do sistema que garante flexibilidade a um programa de ação que, por sua vez, resulta na variabilidade observada nos padrões de movimento. Em outras palavras, um programa de ação em que um padrão básico que corresponde à macroestrutura (por exemplo, mesma sequência de componentes), gera um número de variações por causa de alternativas disponíveis em relação a cada componente (microestrutura). É exatamente em virtude dessa microdesordem que a flexibilidade se constitui uma característica marcante de ações habilidosas.

A ideia de macro-ordem e microdesordem pode também ser aplicada a níveis superiores da estrutura hierárquica, por exemplo, na organização tática de equipes de futebol e futsal (Corrêa, Alegre, Freudenheim, Santos, & Tani, 2012). A organização tática seria a macro-ordem que emerge da interação entre os jogadores, estabelecendo restrições (*constraints*) ao comportamento de cada um deles. Se a macro-ordem não existisse, o comportamento dos jogadores se tornaria aleatório e a equipe não teria nenhum padrão de jogo. Entretanto, essas restrições não podem controlar em detalhes o comportamento de cada jogador, visto que o sistema como um todo se tornaria ordenado, mas perderia em flexibilidade. Em outras palavras, é preciso garantir certa liberdade de ação dos jogadores, o que configuraria a microdesordem, que asseguraria a flexibilidade necessária para a adaptação do sistema. Assim, a organização tática de uma equipe de futebol, tanto ofensiva como defensiva, teria uma configuração de macro-ordem e microdesordem.

Obviamente, boa parte de um jogo de futebol configura um embate entre duas macroestruturas ordenadas, que são planejadas e treinadas. Quanto mais organizadas essas macroestruturas, maior a tendência de o jogo permanecer sem gols marcados. No entanto, ao fim e ao cabo, a macroestrutura ofensiva tende a suplantar a defensiva. O interessante nesse desdobramento é que é a microdesordem que permite ao jogador a liberdade para mostrar a sua habilidade individual, ou seja, comportamento criativo, inusitado, imprevisível, auto-organizado, para dismantelar a macro-ordem defensiva da equipe adversária. Isto porque, por mais que a equipe adversária tenha planejado e treinado a macro-ordem defensiva, incluir nela a capacidade de adaptar à perturbação imposta pela criatividade do jogador adversário não é uma tarefa trivial. Que digam os adversários do Barcelona a tentar conter as jogadas espontâneas, inusitadas e geniais do Lionel Messi.

De todas as maneiras, não há como não treinar sistemas táticos para tornar consistente a sua macroestrutura com base nas informações disponíveis sobre a equipe adversária. Claro está que nesse processo, o sucesso do empreendimento está na dependência de se obter de antemão a maior quantidade de informações sobre o comportamento do adversário. Mas, como a equipe adversária faz exatamente a mesma coisa, o treinamento acaba virando uma espécie de antecipação de antecipações, como acontece com os jogadores de xadrez.

Como se sabe, a análise do jogo é a estratégia mais utilizada para extrair essa informação antecipada da equipe adversária com base na regularidade dos seus comportamentos anteriores. Hoje, graças a softwares sofisticados que a ciência da computação disponibiliza, técnicas de análise de precisão e riqueza inimagináveis até há pouco tempo estão sendo cada vez mais utilizadas no esporte. Essa demanda justifica plenamente o foco de interesse que a análise do jogo desperta também na academia (veja, por exemplo, Carling, Reilly, & Williams, 2009; Lopes et al., 2009; Martin, Swanton, Bradley & McGrath, 2018; Rein, 2016; Vinson, Beeching, Morgan & Jones, 2017).

No entanto, o sistema tático necessita de tempo para se consolidar mediante treinamento e, por esse motivo, não pode ser mudado a todo o momento. De fato, a análise do jogo manifesta a sua eficácia no fornecimento de informações de antemão em virtude dessa peculiaridade, mas essa condicionante temporal tem limites: não faz sentido analisar jogos realizados há muito tempo. As informações tornam-se defasadas no tempo. Daí que, pensando inversamente, poder-se-ia considerar que a análise do jogo online seria mais eficaz em fornecer informações mais atualizadas e, assim, tornar-se uma prática cada vez mais frequente. Se ela será ou poderá ser amplamente empregada dependerá de decisões burocráticas normativas (regras de utilização). Todavia, a utilidade prática dessas informações obtidas online é um aspecto a ser refletido. Será que, quando transmitidas aos jogadores, elas resultarão em mudanças efetivas e eficazes de comportamento, de maneira coordenada? Certamente isso vai depender de competências específicas devidamente

treinadas. O problema é como treinar essas competências, partindo-se da premissa de que as situações de jogo a ser analisadas online serão sempre específicas a cada contexto. Definitivamente, o simples e o complexo no desempenho esportivo remetem todos - jogadores, treinadores, pesquisadores, equipes técnicas de suporte etc. - a grandes desafios.

Voltando à discussão do programa de ação hierarquicamente organizado, o próximo desafio é como ele pode ser adquirido. Em outras palavras, sair do domínio do controle motor e adentrar na seara da aprendizagem motora.

AQUISIÇÃO DE PROGRAMA DE AÇÃO HIERARQUICAMENTE ORGANIZADO

A figura 3 mostra um modelo simplificado da aquisição de um programa de ação hierarquicamente organizado, com configuração de macro-ordem e microdesordem (Tani, 1995, 2005a).

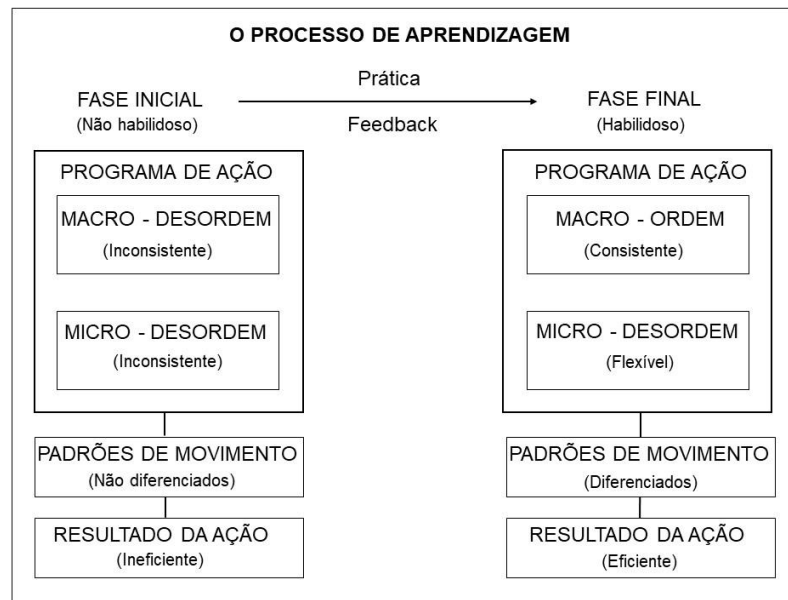


FIGURA 3. Um modelo simplificado da aquisição de um programa de ação (Tani, 1995)

Na fase inicial da aprendizagem, a macroestrutura é bastante inconsistente. Consequentemente, um excessivo grau de liberdade no comportamento de cada componente e na interação entre os componentes é esperado, caracterizando um estado em que tanto a macro como a microestrutura estão desordenadas. Com a prática associada a feedback, a macroestrutura é formada e a sua consistência aumentada à medida que a interação entre os componentes se torna padronizada (macro-ordem). O treinamento de uma equipe de futebol consiste do mesmo processo de formação de padrão na interação entre os jogadores, no ataque e na defesa.

Portanto, é importante o entendimento de que a macroestrutura não é uma entidade pré-estruturada, organizada, que surge de algum lugar e determina como os componentes devem interagir. A macroestrutura é, ao mesmo tempo, causa e efeito da padronização na microestrutura. Ela estabelece restrições na microestrutura, de modo que um aumento na consistência no primeiro gera redução dos graus de liberdade no segundo. No entanto, é fundamental ter-se em mente que o princípio da redução dos graus de liberdade, quando aplicado à microestrutura, deve ser visto como uma regra relativa, porque uma redução excessiva dos graus de liberdade na microestrutura pode causar uma perda de flexibilidade no programa de ação, limitando a sua capacidade de adaptar-se às demandas ambientais. Dessa maneira, quando a macroestrutura se torna bem estabelecida como resultado da prática (macro-ordem), isso não significa que a variabilidade foi completamente eliminada. Ao contrário, significa que os graus de liberdade da microestrutura foram reduzidos até certo ponto, mas que ainda permanece um nível ótimo de variabilidade (microdesordem). Essa é a razão pela qual um nível ótimo de variabilidade na microestrutura é vista, em última análise, como uma redundância do sistema (Tani, 2008). Essa redundância é fundamental no futebol, dada a sua característica dual, que implica sempre uma imprevisibilidade em relação ao comportamento do adversário.

Parece-nos que prevalece no mundo futebolístico a ideia de que quanto mais ordenada a equipe melhor. Isto está em consonância com o pensamento da ciência reducionista de que os fatores relacionados à desordem são elementos negativos que necessitam ser eliminados para que a ordem prevaleça (Miller, 1978) (FIGURA 1). Em outras palavras, uma equipe com a configuração macro-ordem e micro-ordem seria, supostamente, mais competitiva. Esquece-se, infelizmente, que o jogo de futebol caracteriza um sistema aberto em que as equipes introduzem constantemente perturbações que desafiam a estabilidade do sistema, exigindo flexibilidade para a elas adaptar.

O próximo desafio é como conceber um processo de aquisição de habilidades motoras que leve a aumento crescente de complexidade do sistema.

PROCESSO ADAPTATIVO NA AQUISIÇÃO DE HABILIDADES MOTORAS

A aquisição de habilidades motoras caracteriza um processo dinâmico e complexo. Entretanto, teorias correntes de aprendizagem motora explicam apenas o processo de estabilização da performance, ou seja, um processo homeostático (equilíbrio) alcançado via feedback negativo. Como foi visto anteriormente, processos baseados em feedback negativo ou mecanismo de neutralização do desvio são capazes de manter a estrutura ou ordem, mas são incapazes de conduzir a uma nova estrutura, visto que para tanto, é necessária desestabilização. A automatização, entendida como a fase final do processo de aprendizagem motora pelas teorias correntes, é um exemplo típico de estabilização. As teorias correntes projetam uma visão finita do processo de aprendizagem.

Recentes proposições dentro do paradigma sistêmico têm enfatizado que, em sistemas abertos, a formação de novas estruturas pressupõe instabilidade ou quebra de estabilidade. Nessa perspectiva, a aquisição de habilidades motoras melhor caracterizaria um processo cíclico e dinâmico de instabilidade-estabilidade, resultando em crescente complexidade. Com esse background teórico, temos proposto um modelo de não-equilíbrio em aprendizagem motora (Choshi, 1982; Choshi & Tani, 1983; Corrêa et al., 2015; Tani, 1982, 2000; 2005b; Tani et al., 2014) em que dois processos fundamentais são considerados: estabilização e adaptação (FIGURA 4). O primeiro é aquele em que se busca, como a própria palavra indica, a estabilidade funcional que resulta na padronização espacial e temporal do movimento (formação de estrutura). Movimentos inicialmente inconsistentes vão sendo gradativamente refinados até se alcançar movimentos padronizados e precisos. Nesse processo, o elemento fundamental é o feedback negativo.

O segundo é aquele em que se procura adaptação às novas situações ou tarefas motoras (perturbação), através da aplicação das habilidades já adquiridas. Nesse processo, exigem-se modificações na estrutura da habilidade já adquirida, e uma posterior reorganização dessa estrutura num nível superior de complexidade. Existem perturbações para as quais a adaptação se faz pela flexibilidade inerente à estrutura adquirida, ou seja, pela mudança de parâmetros do movimento. Um tipo de adaptação que podemos denominar de passiva. Entretanto, existem perturbações de tal envergadura que por mais que haja disponibilidade na estrutura não há condições de adaptar-se. Nesse caso, exige-se uma reorganização da própria estrutura que, quando concluída, resulta numa mudança qualitativa do sistema. Finalmente, quando a perturbação excede em muito a previsibilidade do sistema, é necessária a criação de uma estrutura totalmente nova, nunca antes experimentada, por meio de um processo de auto-organização (Tani, 1982, 2005b).

A ideia de um processo cíclico de instabilidade-estabilidade em direção a crescente complexidade cabe tanto na aquisição de habilidades por parte de cada jogador, como também no treinamento de sistemas técnicos e táticos no futebol. Resta saber se esses processos têm sido devidamente considerados e implementados, ou a prática e o treinamento têm se limitado apenas ao alcance da estabilização. Nunca é demais lembrar: sistemas que buscam a estabilidade via mecanismos de feedback negativo visam ao fim e ao cabo a manutenção da estrutura, mas o desenvolvimento de novas estruturas mais complexas envolve quebra ou desmantelamento da estabilidade. O processo adaptativo implica ousadia para introduzir entropia no sistema, pois só assim uma nova ordem pode ser alcançada.

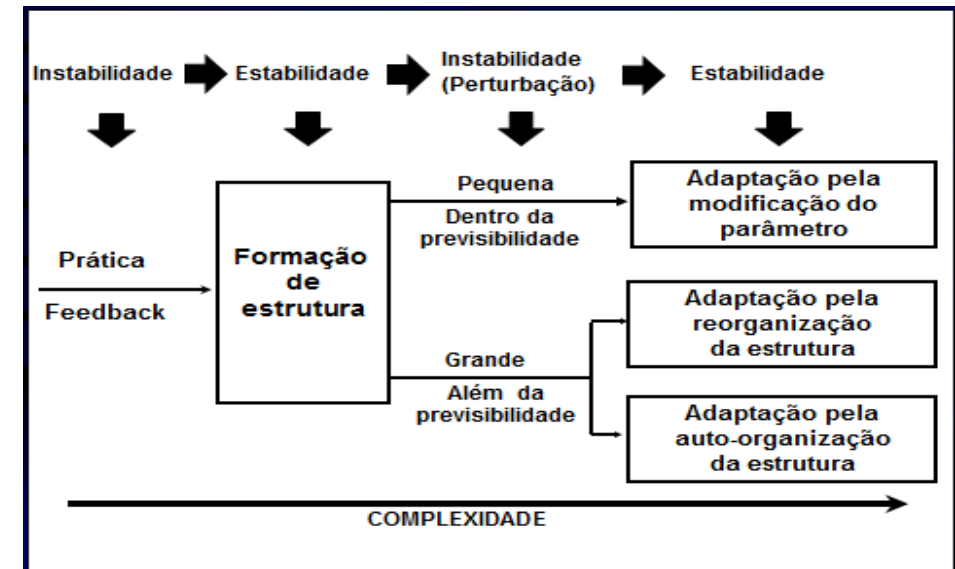


FIGURA 4. Processo adaptativo em aprendizagem motora (Tani, 1982)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como fora discutido, recentes avanços na ciência têm possibilitado estudar sistemas complexos. Nesse enquadramento, desordem tem sido considerada fonte de ordem. Observa-se auto-organização no mundo físico e o mesmo mecanismo começa a ser desvendado no mundo biológico e sociológico. Parecem existir princípios de organização universais que se aplicam a todos os sistemas dinâmicos, conforme previa Bertalanffy (1968). Fala-se em nova síntese (Laszlo, 1994). A teoria do caos deu o pontapé inicial e a teoria da complexidade revela que descontinuidades ocorrem quando sistemas dinâmicos se colocam no limite do caos, dando origem a um salto qualitativo (Lewin, 1993). A transição de fase é observada não só no mundo físico (Haken, 1977) como também no mundo biológico, por exemplo, na coordenação de movimentos (Kelso, 1995).

No esporte, o processo de auto-organização começa a receber atenção (e.g., Corrêa et al., 2012; Hristovski, Davids, Araújo, & Passos, 2011; Hristovski, Davids, Passos, & Araújo, 2012; McGarry et al., 2002; Passos, Araújo, & Davids, 2013), assim como a análise sistêmica de comportamentos táticos (e.g., Araújo et al., 2015; Corrêa, Davids, Silva, Denardi, & Tani, 2014; Passos, Araújo, & Volosovitch, 2016) e a coordenação interpessoal (Denardi, Silva, & Corrêa, 2016; Passos, Davids, & Chow, 2016).

O cenário está aberto para novas ideias, proposições e “aventuras” acadêmico-científicas. Os desafios do simples e do complexo continuam. O paradigma sistêmico oferece uma perspectiva animadora e o que não falta é espaço para muita gente jogar com a entropia e gerar ordem no sistema.

REFERENCES

- Araújo, D., Passos, P., Esteves, P., Duarte, R., Lopes, J., Hristovski, R., & Davids, K. (2015). The micro-macro link in understanding sport tactical behaviours: integrating information and action at different levels of system analysis in sport. *Movement & Sport Sciences - Science & Motricité*, 89, 53-63.
- Bertalanffy, L. Von. (1968). *General systems theory*. New York, NY, USA: George Braziller.
- Carling, C., Reilly, T., & Williams, A.M. (2009). *Performance assessment for field sports*. London, UK: Routledge.
- Choshi, K. (1980). Freedom and constraint of children's movements. *Memoirs of the Child Education Research, Hiroshima University*, 55, 29-37. (in Japanese)
- Choshi, K. (1982). An analytical study of the adaptive process in motor learning. *Memoirs of the Faculty of Integrated Arts and Sciences III, Hiroshima University*, 6, 75-82. (in Japanese)
- Choshi, K., & Tani, G. (1983). Stable system and adaptive system in motor learning. In Japanese Association of Biomechanics (Ed.), *The science of movement V*. Tokyo, Japan: Kyorin. (in Japanese)
- Conrad, M. (1983). *Adaptability: The significance of variability from molecule to ecosystem*. New York, NY, USA: Plenum Press.
- Corrêa, U. C., Alegre, F. A. M., Freudenheim, A. M., Santos, S., & Tani, G. (2012). The game of futsal as an adaptive process. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 16(2), 185-203.
- Corrêa, U. C., Bastos, F. H., Basso, L., & Tani, G. (2019). Futsal: Concepção, estudo e intervenção. In R. Mendes & G. Dias (Eds.), *Controlo motor e aprendizagem: Aplicações no treino desportivo* (pp. 30-40). Coimbra, Portugal: CIDAF - FCDEF, Universidade de Coimbra.
- Corrêa, U. C., Benda, R. N., Oliveira, D. L., Ugrinowitsch, H., Freudenheim, A. M. & Tani, G. (2015). Different faces of variability in the adaptive process of motor skill learning. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 19(4), 465-487.
- Corrêa, U. C., Davids, K., Silva, S. L., Denardi, R. A. & Tani, G. (2014). The influence of a goalkeeper as an outfield player on defensive subsystems in futsal. *Advances in Physical Education*, 4, 84-92. doi:10.4236/ape.2014.42012
- Corrêa, U. C., & Tani, G. (2006). Esportes coletivos: Al-guns desafios quando abordados sob uma visão sistêmica. In D. De Rose Júnior (Ed.), *Modalidades esportivas coletivas* (pp. 15-23). Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Guanabara Koogan.
- Denardi, R. A., Silva, S. L., & Corrêa, U. C. (2016). Tomada de decisão na execução de habilidades motoras esportivas. In G. Tani (Ed.), *Comportamento motor: Conceitos, estudos e aplicações* (pp. 255-260). Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Guanabara Koogan.
- Gleick, J. (1990). *Chaos: A criação de uma nova ciência*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Campus.
- Goodwin, B. (1994). *How the leopard changed its spots*. London, UK: Weidenfeld & Nicolson.
- Haken, H. (1977). *Synergetics*. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag.
- Hristovski, R., Davids, K., Araújo, D., & Passos, P. (2011). Constraints-induced emergence of functional novelty in complex neurobiological systems: A basis for creativity in 18 sport. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 15, 175-206.
- Hristovski, R., Davids, K., Passos, P., & Araújo, D. (2012). Sport performance as a domain of creative problem solving for self-organizing performer-environment systems. *The Open Sports Sciences Journal*, 5(Suppl 1-M4), 26-35.
- Holland, J. H. (1995). *Hidden order: How adaptation builds complexity*. New York, NY, USA: Addison-Wesley Publishing.
- Jantsch, E. (1980). *The self-organizing universe: Scientific and human implications of an emerging paradigm of evolution*. Oxford, UK: Pergamon Press.
- Jeannerod, M. (1997). *The cognitive neuroscience of action*. Oxford, UK: Blackwell.
- Kauffman, S. (1993). *The origins of order: Self-organization and selection in evolution*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Kelso, J. A. S. (1995). *Dynamic patterns: The self-organization of brain and behavior*. Cambridge, MA, USA: The MIT Press.
- Koestler, A. (1967). *The ghost in the machine*. London, UK: Hutchinson.
- Koestler, A. (1969). Beyond atomism and holism: The concept of the holon. In A. Koestler & J. Smythies (Eds.), *Beyond reductionism*. London, UK: Hutchinson.
- Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions* (2nd ed.). Chicago, IL, USA: University of Chicago Press.
- Lakatos, I., & Musgrave, A. (Eds.) (1970). *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Laszlo, E. (1972). *The systems view of the world*. New York, NY, USA: George Braziller.
- Laszlo, E. (1994). *Evolução: A grande síntese*. Lisboa, Portugal: Instituto Piaget.
- Lewin, R. (1993). *Complexity: Life on the edge of chaos*. London, UK: Phoenix.
- Livio, M. (2018). *Erros geniais que mudaram o mundo*. Lisboa, Portugal: Marcador Editora.
- Lopes, A., Pires, B., Cardoso, M., Santos, A., Peixinho, F., Sequeira, P., ... Camerino, O. (2009). Use of a virtual world system in sports coach education for reproducing team handball movements. *Journal of Virtual Worlds Research*, 2, 4-16. doi:10.4101/jvwr.v2i1.399
- Lorenz, K. (1974). Analogy as a source of knowledge. *Science*, 185, 229-234.
- Martin, D., Swanton, A., Bradley, J., & McGrath, D. (2018). The use, integration and perceived value of performance analysis to professional and amateur Irish coaches. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 13, 520-532.
- McGarry, T., Anderson, D. I., Wallace, S. A., Hughes, M., & Franks, I. M. (2002). Sport competition as a dynamical self-organizing system. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 771-781. doi:10.1080/026404102320675620
- Miller, G. A. (1978). *Living systems*. New York, NY, USA: McGraw-Hill.
- Passos, P., Araújo, D., & Davids, K. (2013). Self-organization processes in field invasion team sports: Implications for leadership. *Sports Medicine*, 43, 1-7.
- Passos, P., Araújo, D., & Volossovitch, A. (2016). *Performance analysis in team sports*. London, UK: Routledge.
- Passos, P., Davids, K., & Chow, J.Y. (2016). *Interpersonal coordination and performance in social systems*. London, UK: Routledge.
- Pattee, H. H. (1973). *Hierarchy theory: The challenge of complex systems*. New York, NY, USA: George Braziller.
- Pattee, H. (1982). The need for complementarity in models of cognitive behavior: A response to Fowler and Turvey. In W. B. Weimer & D. S. Palermo (Eds.), *Cognition and the symbolic processes* (Vol. 2). Hillsdale, NJ, USA: Lawrence Erlbaum.
- Prigogine, I. (1968). *Introduction to the thermodynamics of irreversible processes* (3rd ed.). New York, NY, USA: Wiley.
- Prigogine, I. (1996). *O fim das certezas: Tempo, caos e as leis da natureza*. São Paulo, SP, Brasil: Edição Fundação Unesp.
- Prigogine, I. & Stengers, I. (1984). *Order out of chaos: Man's new dialog with nature*. New York, NY, USA: Bantam Books.
- Rein, R. (2016). Measuring interpersonal coordination: a selection of modern analysis techniques. In P. Passos, K. Davids, & J. Y. Chow (Eds.), *Interpersonal coordination and performance in social system* (pp. 277-293). London, UK: Routledge.
- Salthe, S. N. (1985). *Evolving hierarchical systems: Their structure and representation*. New York, NY, USA: Columbia University Press.
- Simon, H. A. (1962). The architecture of complexity. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 106, 467-482.
- Tani, G. (1982). *Adaptive process in perceptual-motor skill learning* (unpublished doctoral dissertation). Faculty of Education, Hiroshima University, Japan. (in Japanese)
- Tani, G. (1995). *Hierarchical organization of an action programme and the development of skilled actions*. Unpublished Technical Report. Sheffield: Department of Psychology, University of Sheffield.
- Tani, G. (2000). Processo adaptativo em aprendizagem motora: O papel da variabilidade. *Revista Paulista de Educação Física*, supl.3, 55-61. doi:10.11606/issn.2594-5904.rpef.2000.139613
- Tani, G. (2005a). Programação motora: Organização hierárquica, ordem e desordem. In G. Tani (Ed.), *Comportamento motor: Aprendizagem e desenvolvimento* (pp. 82-105). Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Guanabara Koogan.
- Tani, G. (2005b). Processo adaptativo: Uma concepção de aprendizagem motora além da estabilização. In G. Tani (Ed.), *Comportamento motor: Aprendizagem e desenvolvimento* (pp. 60-70). Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Guanabara Koogan.

Tani, G. (2008). Equivalência motora, variabilidade e graus de liberdade: desafios para o ensino de jogos desportivos. In F. Tavares, A. Graça, J. Garganta, & I. Mesquita (Eds.), *Olhares e contextos da performance nos jogos desportivos* (pp. 85-92) Porto, Portugal: Universidade do Porto.

Tani, G., Corrêa, U. C., Basso, L., Benda, R. N., Ugri-nowitsch, H., & Choshi, K. (2014). An adaptive process model of motor learning: Insights for the teaching of motor skills. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 18, 47-65.

Vinson, D., Beeching, K., Morgan, M., & Jones, G. (2017). Collaborative evaluation of individual and team performance in training and match environments using the coach logic online platform. *International Sport Coaching Journal*, 4, 47-62. doi:10.1123/iscj.2016-0048

Waldrop, M. M. (1992). *Complexity: The emerging science at the edge of order and chaos*. London, UK: Penguin Books.

Weiss, P. A. (1967). $1+1 \neq 2$ (One plus one does not equal two). In G. Quarton, T. Melnechuk & F. O. Schmitt (Eds.), *The neurosciences: A study program*. New York, NY, USA: The Rockefeller University Press. doi:10.1007/978-94-007-7470-4_24

Weiss, P. A. (1969). Living systems: Determinism stratified. In A. Koestler & J. R. Smythies (Eds.), *Beyond reductionism*. London, UK: Hutchinson.

Wu, J. (2013). Hierarchy theory: An overview. In R. Rozzi, J. B. Callicott, S. T. A. Pickett, & C. Palmer (Eds.), *Linking ecology and ethics for a changing world* (pp. 281-301). Dordrecht: Springer.

Yates, E. F. (Ed.) (1987). *Self-organizing systems: The emergence of order*. New York, NY, USA: Plenum Press.

REVISORES 2019

O Corpo Editorial da RPCD gostaria de agradecer aos seguintes revisores os comentários e esforços na avaliação de manuscritos em 2019

Adalberto Ferreira Júnior (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA, BRASIL)
 Ana Filipa Silva (INSTITUTO POLITÉCNICO DA MAIA, PORTUGAL)
 Andrea Gomes Bernardes (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA, BRASIL)
 Bruno Gonçalves (UNIVERSIDADE DE ÉVORA, PORTUGAL)
 Bruno Mezêncio (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, BRASIL)
 Bruno Travassos (UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR, COVILHÃ, PORTUGAL)
 Daniel Barreira (UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL)
 Daniel Daly (KATHOLIEKE UNIVERSITEIT LEUVEN, BÉLGICA)
 Eduardo Guimarães (UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL)
 Eduardo Santos (UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL)
 Everton Crivoi do Carmo (CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAC, SÃO PAULO, BRASIL)
 Fábio Nakamura (INSTITUTO UNIVERSITÁRIO DA MAIA, PORTUGAL)
 Filipe Casanova (UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL)
 Filipe Clemente (INSTITUTO POLITÉCNICO DE VIANA DO CASTELO, PORTUGAL)
 Filipa Cardoso (UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL)
 Filipa Sousa (UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL)
 João Pedro Marques Duarte (UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL)
 João Manuel Ribeiro (UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL)
 José Afonso Neves (UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL)
 José Carlos Ribeiro (UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL)
 Juliano Moro Gabardo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA, BRASIL)
 Kelly de Jesus Allen Graça (UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS, BRASIL)
 Leandro Machado (UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL)
 Lucio Follador (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, CURITIBA, BRASIL)
 Manuel António Janeira (UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL)
 Maria Paula Santos (UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL)
 Mário António de M Simim (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, BRASIL)
 Michele C de Souza (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, BRASIL)
 Nuno Corte-Real (UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL)
 Orlando Fernandes (UNIVERSIDADE DE ÉVORA, PORTUGAL)
 Paula Rodrigues (UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL)
 Pedro Morouço (INSTITUTO POLITÉCNICO DE LEIRIA, PORTUGAL)
 Raquel Nichele de Chaves (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, BRASIL)
 Sofia Canossa (UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL)
 Tânia Lima Bastos (UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL)