

SÉRGIO TOSI RODRIGUES

**O *TIMING* VISUAL NA AÇÃO INTERCEPTIVA *GUEDAN BARAI*:
UM TESTE À ESTRATÉGIA TAU (τ)**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

SANTA MARIA, RS, BRASIL

1994

O *TIMING* VISUAL NA AÇÃO INTERCEPTIVA *GUEDAN BARAI*:
UM TESTE À ESTRATÉGIA TAU (τ)

por

Sérgio Tosi Rodrigues

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Educação Física, da Universidade Federal de Santa Maria (RS), como requisito parcial para obtenção do grau de MESTRE EM EDUCAÇÃO FÍSICA.

Santa Maria, RS - BRASIL

1994

AGRADECIMENTOS

Escrever uma dissertação, certamente, é uma tarefa mais árdua que defender um *mae gueri* no karatê-dô. No entanto, ambas tarefas resultam da somatória e do sincronismo de muitas forças. Eu gostaria imensamente de manifestar a minha gratidão às seguintes pessoas que, em distintos momentos e localidades, colaboraram nesta "luta".

Ao professor Jefferson Canfield pela orientação e grande atenção, durante o andamento do trabalho.

Aos professores Aluísio Avila e Ricardo Petersen, pela composição da banca examinadora.

Em especial, aos professores e amigos Ana Maria Pellegrini e José Angelo Barela, pelo incansável apoio e incentivo ao trabalho acadêmico, em todos os momentos.

A professora Maria Eunice Gonzales, pela oportunidade de discussões e esclarecimentos.

Aos professores José Carlos Pio da Fonseca, Ana Cristina de David, Luiz Cesar dos Santos, Gracinda e ao fotógrafo David Pennington, todos da Universidade de Brasília, pela gentileza, disposição, entusiasmo e envolvimento nos trabalhos de filmagem.

Ao CNPq, pelo fornecimento de bolsa de estudo para este curso de mestrado.

Aos alunos Jair Rodrigues Garcia Jr., pela grande colaboração na coleta de dados e digitalização das imagens, e Fernando de Faria Paiola pela completa assistência computacional.

À minha prima Sarita Tosi, pelo auxílio na aquisição dos filmes nos Estados Unidos.

Ao professor Guimarães, pela colaboração no encaminhamento para revelação dos filmes no Canadá.

Por último, mas não com menor importância, aos meus pais Antonio e Sylvia e ao meu irmão Beto, por todo esforço para minha formação e todo amor que me dedicaram.

À Ceya, amor da minha vida, que suportou dividir o nosso tempo com este trabalho.

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| RESUMO | vii |
| ABSTRACT | viii |
| LISTA DE TABELAS | ix |
| LISTA DE FIGURAS | x |
| LISTA DE ANEXOS | xiii |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 Introdução..... | 1 |
| 1.2 O Problema..... | 2 |
| 1.3 Objetivos do Estudo | 2 |
| 1.3.1 Objetivo Geral | 2 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos | 2 |
| 1.4 Fundamentação Teórica..... | 3 |
| 1.5 Hipótese..... | 3 |
| 1.6 Justificativa..... | 3 |
| 1.7 Definição Operacional de Termos e Abreviaturas | 5 |
| 1.8 Delimitação do Estudo..... | 6 |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA..... | 7 |
| 2.1 Evidências da Sensibilidade e Utilização da Informação de TC..... | 9 |
| 2.2 A Perspectiva Tradicional e as Ações Interceptivas..... | 12 |
| 2.2.1 Teorias Indiretas de Percepção..... | 12 |
| 2.2.2 A Percepção de Mudança | 14 |
| 2.2.3 A Percepção Visual do TC | 15 |
| 2.2.4 Limitações da Perspectiva Tradicional..... | 17 |
| 2.3 A Perspectiva Ecológica e as Ações Interceptivas | 17 |
| 2.3.1 A Teoria da Percepção Direta..... | 18 |

| | |
|---|----|
| 2.3.1.1 Conceito Ecológico de Informação | 18 |
| 2.3.1.2 Invariantes | 19 |
| 2.3.1.3 <i>Affordances</i> | 21 |
| 2.3.1.4 Campo de Fluência Óptica | 23 |
| 2.3.2 A Noção Ecológica da Percepção de Mudança | 26 |
| 2.4 O <i>Timing</i> de Ações Interceptivas Baseado na Estratégia τ | 29 |
| 3 METODOLOGIA..... | 41 |
| 3.1 Descrição da Metodologia..... | 41 |
| 3.2 Sujeitos | 41 |
| 3.3 Tarefa..... | 42 |
| 3.4 Instrumentação..... | 43 |
| 3.5 Coleta e Análise de Dados..... | 45 |
| 3.6 Tratamento Estatístico | 50 |
| 3.7 Limitações | 50 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 52 |
| 5 CONCLUSÕES | 67 |
| 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 69 |
| ANEXO | 78 |

RESUMO

O *Timing* Visual na Ação Interceptiva *Guedan barai*: Um Teste à Estratégia Tau (τ)

Autor: Sérgio Tosi Rodrigues

Orientador: Dr. Jefferson Thadeu Canfield

Para investigar o *timing* de ações interceptivas no Karatê-dô, 10 chutes *Mae gueri* e defesas *Guedan barai* foram filmados. Os dados tridimensionais de deslocamento dos dois sujeitos foram obtidos através do Método de Transformação Linear Direta. O modelo de controle proposto por LEE et al (1983) foi usado para testar se as ações do sujeito defensor foram geradas através da variável óptica τ na situação de aproximação em aceleração variada. Foi desenvolvido um método específico para obter τ neste caso com uma multiplicidade de fontes de informação de tempo para contato (TC). Uma maior expansão vertical máxima das 10 curvas do ângulo do cotovelo, durante toda ação, plotada contra o τ do que o mesmo ângulo plotado contra o TC foi observada. Este resultado não suporta a hipótese que o sujeito usou a estratégia τ . O retardo viso-motor estimado foi 165 ms.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
Dissertação de Mestrado em Educação Física

ABSTRACT**Visual Timing in the Interceptive Action *Guedan barai*:
A Test of Tau (τ) Strategy**

Author: Sérgio Tosi Rodrigues

Orientation: Dr. Jefferson Thadeu Canfield

In order to investigate the timing of the interceptive actions in karate-do, 10 *Mae gueri* kicks and *Guedan barai* defenses were filmed. The two subjects' tridimensional displacement data were obtained by Direct Linear Transformation Method. The control model proposed by Lee, Young, Reddish, Lough and Clayton (1983) was used to test if the defender subject actions were geared to optic variable τ in the approach situation in varied acceleration. It was developed a specific method to obtain τ in this case with a multiplicity of time-to-contact sources of information. A larger maximum vertical spread of 10 elbow angles curves, during whole action, plotted against τ was observed than of the same angles curves plotted against time-to-contact. This result does not support the hypothesis that the subject used the τ strategy. The viso-motor delay estimated was 165 ms.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
POST-GRADUATION COURSE IN PHYSICAL EDUCATION
Dissertation of Master Course in Physical Education

LISTA DE TABELAS

| | | |
|----------|---|----|
| Tabela 1 | Duração das ações <i>mae gueri</i> e <i>guedan barai</i> em cada tomada | 64 |
|----------|---|----|

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 O movimento retilíneo do ponto de observação, relativo ao ambiente, gerando um campo de fluência óptica (Adaptado de LEE, 1980a). 25
- Figura 2 As abordagens tradicional e ecológica para estímulos e eventos (Adaptado de MICHAELS & CARELLO, 1981). 28
- Figura 3 Vista superior do estúdio de filmagem preparado para o experimento. 46
- Figura 4 Expansão vertical das curvas do ângulo (normalizado de zero a 100) do cotovelo do sujeito defensor durante o *guedan barai*, nas 10 tentativas, em função do τ (s). 54
- Figura 5 Expansão vertical das curvas do ângulo (normalizado de zero a 100) do cotovelo do sujeito defensor durante o *guedan barai*, nas 10 tentativas, em função do TC (s). 54
- Figura 6 Ângulo (normalizado de zero a 100) do cotovelo do sujeito defensor durante o *guedan barai*, nas 10 tomadas, em função do τ (s). 55

- Figura 7 Ângulo (normalizado de zero a 100) do cotovelo do sujeito defensor durante o *guedan barai*, nas 10 tomadas, em função do TC (s). 55
- Figura 8 A variável óptica τ (s) em função do TC (s), nas 10 tomadas. 56
- Figura 9 Expansão vertical das curvas do ângulo (normalizado de zero a 100) do cotovelo do sujeito defensor durante o *guedan barai*, nas 10 tentativas, em função do τ (s). 58
- Figura 10 A variável óptica τ (s), gerada com base na aproximação dos pontos do quadril, joelho e tornozelo do sujeito atacante ao plano do olho do sujeito defensor, em função do TC (s). 59
- Figura 11 Ângulo (normalizado de zero a 100) do joelho do sujeito atacante durante o *mae gueri*, nas 10 tomadas, em função do tempo (s). 61
- Figura 12 Ângulo (normalizado de zero a 100) do cotovelo do sujeito defensor durante o *guedan barai*, nas 10 tomadas, em função do tempo (s). 61

- Figura 13 Velocidade angular (rad/s) do joelho do sujeito atacante durante o *mae gueri*, nas 10 tomadas, em função do tempo (s). 62
- Figura 14 Velocidade angular (rad/s) do cotovelo do sujeito defensor durante o *guedan barai*, nas 10 tomadas, em função do tempo (s). 62
- Figura 15 Aceleração angular (rad/s/s) do joelho do sujeito atacante durante o *mae gueri*, nas 10 tomadas, em função do tempo (s) 63
- Figura 16 Aceleração angular (rad/s/s) do cotovelo do sujeito defensor durante o *guedan barai*, nas 10 tomadas, em função do tempo (s). 63

LISTA DE ANEXOS

| | | |
|-------|--|----|
| Anexo | Curvas individuais das Figuras 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16 da seção 4 (Resultados e Discussão) | 78 |
|-------|--|----|

1 INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

O *timing* de ações interceptivas tem se mostrado uma temática de grande interesse dos estudiosos da área de controle motor. As hipóteses e explicações sobre o assunto têm sido modificadas à medida em que avançam os debates mais gerais sobre as possíveis abordagens deste problema.

A abordagem cognitivista de processamento de informações, procurou explicar o *timing* antecipatório como resultado da execução bem sucedida de programas motores, disparados em um tempo constante antes do contato das partes envolvidas. Esta posição revela a adoção de um sistema de controle centralizado e a presença de processos inferenciais na percepção visual, necessárias ao sucesso da ação.

A abordagem ecológica, visão desenvolvida mais recentemente, tem discordado radicalmente das premissas cognitivistas do controle motor e percepção visual. A explicação do *timing* antecipatório, considerada ecológica, reside na informação de tempo para contato, obtida através da expansão do objeto em aproximação na retina. Esta estratégia de usar a referida informação, chamada estratégia da variável óptica τ (LEE, 1976, 1980a), descarta a pré-programação de ações e fortalece a noção de percepção direta, sem cálculos mentais.

Como fecunda área de pesquisa, a estratégia τ tem sido estudada, principalmente, em situações nas quais os objetos ou planos se aproximam em aceleração constante, sujeitos à ação da força da gravidade, como no mergulho de pássaros na água ou bolas caindo para serem batidas. Apesar destas investigações terem sido bem sucedidas na confirmação da referida estratégia, mostram ainda algumas limitações no que se refere à busca de aproximação à situação de alta complexidade do mundo real.

1.2 O Problema

Tendo em vista a constatação, na literatura, de que os sujeitos têm gerado suas ações interceptivas com base no inverso da quantidade relativa de dilatação da imagem na retina, o seguinte problema de pesquisa é levantado:

Pode a estratégia τ explicar o *timing* de ações interceptivas em situação de aproximação em aceleração variada?

1.3 Objetivos do Estudo

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente estudo foi verificar se a estratégia τ pode explicar o *timing* de ações interceptivas em situação de aproximação em aceleração variada.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar o valor da variável óptica τ em situação de aproximação em aceleração variada no Karatê-dô (defesa *guedan barai* ao chute *mae gueri*).
- Determinar o valor do retardo viso-motor (Δt).
- Comparar a variação, ao longo das tentativas, das curvas dos ângulos normalizados do cotovelo na ação da defesa *guedan barai* em função da variável óptica τ , em um tempo anterior equivalente ao retardo viso-motor [$\tau(t-\Delta t)$], com a variação das curvas dos mesmos valores dos ângulos em função do tempo para contato (TC).

1.4 Fundamentação Teórica

As teorias que fundamentaram o problema em estudo foram a Teoria da Percepção Direta formulada por James Gibson (GIBSON, 1966, 1979) e as proposições referentes à estratégia τ formuladas por David Lee e colaboradores (em especial LEE & REDDISH, 1981; LEE et al, 1983).

1.5 Hipótese

A variação das curvas dos ângulos normalizados do cotovelo na ação da defesa *guedan barai* em função da variável óptica τ , em um tempo anterior equivalente ao

retardo viso-motor [τ ($t-\Delta t$)], ao longo das tentativas, será maior que a variação das curvas dos mesmos valores dos ângulos em função do tempo para contato (TC).

1.6 Justificativa

Em conformidade com uma tendência geral da abordagem ecológica de aproximar as propostas de estudo às complexas ações que ocorrem além das paredes dos laboratórios, a presente pesquisa buscou obter dados de uma situação com considerável carga de novidade. Os aspectos de novidade teórica podem ser sintetizados sob três pontos:

1) A análise tridimensional das ações;

A análise tridimensional, desenvolvida através do Método de Transformação Linear Direta (DLT) e de câmeras cinematográficas de alta velocidade, garantiu uma alta qualidade aos dados primários e sugere uma opção metodológica para que outros estudos possam satisfazer a referida complexidade do objeto.

2) A situação de aproximação em aceleração variada;

O estudo de técnicas do karatê-dô contempla um grupo de ações pouco explorado, com características especiais do movimento do atacante que estão disponíveis para a percepção do defensor.

3) As fontes múltiplas de informação do τ .

Além do aspecto citado no item anterior, um chute em aproximação apresenta uma diferença importante em relação aos estudos até então publicados: ele fornece mais de uma fonte de informação de tempo para contato, simultaneamente, devido ao movimento de aproximação diferenciada dos segmentos do atacante. O presente estudo propõe uma metodologia de trabalho frente à multiplicidade informacional.

Outra justificativa deste estudo, que deve ser mencionada, é o seu lado eminentemente aplicável. Os resultados deste tipo de investigação podem indicar alterações de ordem prática no treinamento das técnicas estudadas.

Neste sentido, pode-se citar como um bom exemplo o estudo do salto em distância de LEE et al (1977, 1982). Estes autores concluíram que as passadas dos

atletas de alto nível não eram padronizadas durante toda corrida e que o controle do *timing* se dava apenas nas três últimas passadas. Estes dados deixaram claro que treinadores e atletas não devem se preocupar com o local exato de saída para a corrida nesta modalidade, como faziam antes, pois este procedimento não altera os resultados do salto. Assim, apesar de não figurar como preocupação central do presente estudo, possíveis aplicações dos conhecimentos de percepção visual e controle motor são viáveis.

1.7 Definição Operacional de Termos e Abreviaturas

- Ação Interceptiva: ação de interromper ou alterar a trajetória de um objeto, plano ou segmento corporal em movimento de aproximação. No presente estudo a ação interceptiva foi a defesa *guedan barai*.
- *Guedan barai*: técnica defensiva de braço do karatê-dô executada pelo sujeito defensor, que tem como objetivo bloquear e/ou desviar a trajetória do chute *mae gueri*.
- *Mae gueri*: técnica ofensiva de chute frontal do Karatê-dô executada pelo sujeito atacante, que tem por objetivo atingir a região abdominal do sujeito defensor.
- Retardo Viso-Motor (Δt): intervalo de tempo entre o ponto de mínima variação das curvas dos ângulos normalizados do cotovelo do sujeito defensor em função de τ e o ponto de contato da perna do sujeito atacante com o braço do sujeito defensor.
- Tau (τ): variável óptica obtida, a cada instante, através da razão entre a distância de um ponto de referência na perna do executante do chute *mae gueri* (quadril, joelho e tornozelo) em relação ao plano do olho e sua velocidade de aproximação ao defensor.
- Tempo para Contato (TC): quantidade de tempo remanescente até o contato da perna do sujeito atacante com o braço do sujeito defensor, a cada instante.
- *Timing* antecipatório: sincronização espaço-temporal da ação *guedan barai* à aproximação do chute *mae gueri*, primordial para o sucesso da defesa.
- Tomada: representa o período (*take*) da filmagem que engloba o conjunto de uma ação do chute *mae gueri* e sua subsequente defesa *guedan barai*. O termo tomada equivale ao

termo tentativa; ele foi preferido por dar a noção da ação dos dois sujeitos e não a ação individual dos sujeitos.

1.8 Delimitação do Estudo

O presente estudo apresenta as seguintes delimitações:

- Os sujeitos participantes eram adultos e possuíam grande proficiência na execução das tarefas requisitadas;
- A situação escolhida foi o combate no Karatê-dô, especificamente as ações do chute *mae gueri* e da defesa *guedan barai*;
- A tarefa de *timing* do sujeito defensor envolvia a aproximação do chute em aceleração variada;
- A duração da ação de defesa, do início do movimento até o contato, foi de aproximadamente 0.3 s.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A ação humana apresenta, tanto nos eventos esportivos quanto na vida diária, múltiplas possibilidades de adaptação à situação na qual ocorre. O homem vive e age de acordo com suas intenções e as limitações impostas pelo ambiente que o circunda. Quanto mais se aperfeiçoa esta relação entre ação e demandas ambientais, comportamentos mais compatíveis com as intenções daquele que o executa podem ser observados.

A ação habilidosa é a expressão maior da sintonia dos movimentos do executante às mais variadas restrições proporcionadas pelo ambiente. O tema do presente estudo reside no controle da ação, tendo como base a percepção do evento no qual a ação está inserida. Mais especificamente, trata-se de um grupo limitado destas relações entre sujeito e ambiente, conhecidas como ações interceptivas.

A defesa de penalti do goleiro no futebol, a recepção de um passe do jogador de basquetebol, a rebatida do tenista, o salto em distância do atleta, a esquiva do boxeador e o simples atravessar uma avenida movimentada do pedestre, são ações particularmente interessantes porque são acentuadas nos aspectos de necessidade de sincronização da ação frente ao ambiente. Para que o goleiro defenda o penalti, o jogador de basquetebol receba o passe adequadamente, o tenista rebata a bola, o atleta salte com sucesso, o boxeador evite um cruzado e a pessoa atravesse a avenida, é necessário que cada executante sintonize espaço-temporalmente seu comportamento ao ambiente.

As referidas ações são dependentes de julgamentos visuais de coincidência - julgamentos estes feitos intencionalmente para evitar ou provocar colisões com outros objetos ou superfícies no ambiente. A informação visual pode ser usada para evitar colisões, como no caso do boxeador ou do pedestre, ou mesmo, deliberadamente, provocar a coincidência, como o goleiro ou o tenista.

No sentido evolutivo, o desenvolvimento das ações interceptivas (ou habilidades de *timing* antecipatório, ou *timing* coincidente, como também têm sido chamadas) pode

ter suas origens na necessidade de evitar a predação de outros animais e, ao mesmo tempo, ter que capturar alimento suficiente através da predação para suportar o crescimento e a reprodução. A seleção natural pode ter, assim, estimulado o desenvolvimento de mecanismos perceptivos capazes de obter informação necessária para o controle de movimentos que evitavam/induziam a colisão, acoplando assim os sistemas de percepção e ação (TURVEY & CARELLO, 1986; ABERNETHY & BURGESS-LIMERICK, 1992).

O estudo das ações interceptivas passa pelo entendimento de diferentes concepções teóricas relativas a percepção do TC entre percebedores e superfícies ou objetos. Neste sentido, em primeira instância, serão resgatadas, na literatura, evidências da sensibilidade e utilização da informação de TC, independentemente da vinculação a qualquer concepção. Firmado este ponto de partida, serão introduzidas duas visões sobre o problema em questão. Num primeiro momento serão apresentadas as idéias da perspectiva tradicional, enfocando as teorias indiretas de percepção e as decorrentes noções de percepção de mudança e percepção de TC. Em segundo lugar serão apresentados os pressupostos da abordagem ecológica, trazendo a teoria de percepção direta com seus conceitos de informação, invariantes, *affordance*, campo de fluência óptica e percepção de mudança. Finalizando, serão trabalhadas as bases de uma explicação para o fenômeno do *timing* - a estratégia τ .

2.1 Evidências da sensibilidade e utilização da informação de TC

Existe evidência substancial de que humanos e outros animais são sensíveis à informação de tempo remanescente ao contato com objetos e superfícies em aproximação. Mesmo com diferentes velocidades de aproximação de objetos e superfícies, o início das ações interceptivas parece ser consistentemente gerado à informação de TC, ao invés de outras potenciais variáveis de controle visual como a distância entre animal e objeto, a localização do objeto ou a superfície extra-corporal do animal.

Os mergulhões estudados por LEE & REDDISH (1981) iniciaram o fechar de suas asas para entrarem na água não quando eles estavam a uma distância invariante da superfície da água, mas sim quando o TC projetado com a superfície alcançou um valor crítico. A produção das ações destes animais para a variável TC, teoricamente, indica um preciso *timing* antecipatório entre uma variedade de velocidades de aproximação, sem a necessidade do animal ajustar a duração do fechar de suas asas.

Tempos de movimento invariantes através de uma série de condições alteradas da tarefa têm também sido demonstrados em muitas atividades humanas habilidosas. A vantagem aparente desta invariância seria a redução de um grau de liberdade da tarefa de *timing* coincidente (BERNSTEIN, 1967; FITCH et al, 1982; TURVEY et al, 1982). Tempos de movimento consistentes têm sido demonstrados através da velocidade de aproximação observador-objeto (ou observador-superfície) em diversas situações como, por exemplo, jogos de tênis de mesa (BOOTSMA & van WIERINGEN, 1988; TYLDESLEY & WHITING, 1975) e fase de decolagem de saltadores de esqui (LEE & YOUNG, 1985).

TYLDESLEY & WHITING (1975), baseados na hipótese de *timing* operacional, argüíram que estes tempos de movimento consistentes foram encontrados através do uso de programas motores. Entretanto, atualmente, já está claro que explicações alternativas para a consistência temporal dos movimentos são possíveis. DIETZ & NOTH (1978) realizaram um estudo no qual era requerido dos sujeitos humanos cair à frente, primeiramente com as mãos, de uma posição de início vertical, através de uma série de posições, variando entre 50° e 80°, até uma prancha acolchoada. Eles observaram que a atividade eletromiográfica do tríceps braquial (músculo utilizado para amortecer a queda) sempre ocorria em um específico valor de TC. Um importante resultado deste estudo foi o de mostrar que o acoplamento do início do movimento ao TC desapareceu quando os sujeitos tiveram seus olhos vendados. Este dado evidenciou a origem visual do controle baseado na informação de TC.

Recentes estudos (BOOTSMA, 1989; BOOTSMA & van WIERINGEN, 1990) indicaram que, de fato, variações inter-tentativas relativamente pequenas nas trajetórias

do movimento dos sujeitos individuais podem ser de importante significância funcional. A precisão do *timing* coincidente, conforme demonstram estes estudos, apresenta-se ampliada, no ponto de contato ou colisão, com relação ao ponto de início do movimento, sugerindo que contínuas correções podem ocorrer durante uma ação. O acoplamento contínuo da percepção e ação indica que os movimentos são refinados durante suas execuções, com base nos *inputs* de TC. Este acoplamento tem sido considerado mais importante que a manutenção média da consistência da duração do movimento (BOOTSMA, 1988).

A modulação direta do tempo de vôo na passada em resposta ao atual TC com a superfície específica do alvo é uma segunda maior fonte de suporte para a primazia da informação de TC. LEE et al (1982), em um trabalho bastante citado sobre três atletas saltadoras em distância, demonstraram que os tempos de vôo das poucas passadas finais das saltadoras para alcançarem a tábua de decolagem foram diretamente modulados em resposta ao TC com a tábua. Sendo assim, os autores hipotetizaram que esta regulação das passadas foi encontrada através do controle de um simples parâmetro da passada, o impulso vertical aplicado durante a fase de equilíbrio.

Os dados experimentais citados, muitos dos quais serão mais detalhados na seção 2.3 desta revisão, são evidências da sensibilidade e utilização da informação de TC por humanos e também outros animais. Este estabelecimento é o ponto de partida das discussões a respeito das diferentes teorias e hipóteses que buscam explicar o fenômeno do *timing*. Com base nestas afirmativas, diferentes enfoques no estudo das ações interceptivas serão apresentados.

O estudo das ações interceptivas é permeado pelas concepções a respeito da percepção visual. Duas posições teóricas têm dominado o trabalho de pesquisa nesta área. As teorias tradicionais de percepção computacional (ou indiretas) e as teorias ecológicas (ou de percepção direta) diferem em termos de suas concepções de organização e funcionamento do sistema visual a fim de proporcionar informação verídica sobre o mundo (BRUCE & GREEN, 1985).

As concepções tradicional (como será tratada neste trabalho) e ecológica fornecem diferenças marcantes sob três aspectos de distintas abrangências: 1) no âmbito geral das teorias de percepção; 2) na noção mais específica da percepção de mudança; e 3) no problema central em questão, o da percepção visual do TC.

2.2 A Perspectiva Tradicional e as Ações Interceptivas

2.2.1 Teorias Indiretas de Percepção

A visão tradicional de percepção visual tem suas origens na hipótese de Idéias Corporais de Descartes (REED, 1982) e ainda nos trabalhos mais remotos de Parmênides e Platão (LOMBARDO, 1987). Em sua expressão moderna, no modelo de processamento de informação da Psicologia Cognitivista, as teorias indiretas vêm a percepção como envolvendo uma série elaborada de processos computacionais que tomam uma imagem retinal estática, informacionalmente empobrecida e a melhoram para uma rica e precisa representação (ou modelo) do mundo exterior (ABERNETHY & BURGESS-LIMERICK, 1992).

A anatomia retinal é composta de tal forma que a imagem retinal (o ponto de origem para o estudo da percepção visual pelas teorias indiretas de percepção) não pode representar o mundo exterior de uma maneira simples e precisa, pois os foto-receptores não mapeiam as fibras do nervo óptico em uma simples razão de um para um. A informação retinal deixando a retina via nervo óptico, é entretanto um mosaico de intensidades elétricas, correspondendo apenas aproximadamente às intensidades de luz que alcançam a retina. A correspondência não é completa porque as células horizontais e amácrinas agem para aumentar o contraste nos campos receptores adjacentes. De acordo com a visão tradicional, a informação pura levada pelo nervo óptico carece do detalhe direto necessário para especificar objetos no campo visual e especificar o tipo de resposta pelo observador. Dada a separação entre a imagem retinal e a acurada percepção do mundo real que pode ser experimentada por todos, os teóricos tradicionais têm concluído que a percepção deve ser indireta, requerendo substanciais

melhoramentos e mediações no córtex visual através de um conjunto complexo de processos computacionais (ABERNETHY & BURGESS-LIMERICK, 1992).

A performance de tarefas visuais complexas, como o reconhecimento de um padrão ou objeto, tem sido vista como carente da comparação entre a informação sensorial corrente e as informações de padrões e objetos previamente encontrados armazenados na memória. Este processo comparativo invoca a necessidade de uma representação central como uma característica essencial para a coerência desta teoria de percepção visual. FODOR & PYLYSHIN (1981) mostram que a percepção, no seu sentido mais amplo, envolve o desenvolvimento de conhecimento específico de mais alta ordem sobre objetos, como por exemplo a apreciação do significado em várias formas de arte, frequentemente não ligados diretamente à necessidade de executar uma ação ou resposta imediata. Neste sentido, a teoria de percepção visual indireta usualmente reflete uma perspectiva cognitiva.

Devido à natureza dos pressupostos das teorias indiretas de percepção, a orientação de pesquisa é dirigida sobre a natureza dos estágios computacionais e sobre os tipos de representações e armazenagens necessárias para a visão ser possível. MARR (1982), um dos grandes nomes da teoria computacional de visão, tem sugerido que existem ao menos três níveis de explicação e análise que uma teoria de visão consolidada deve focalizar. No nível mais conceitual (o nível computacional) uma teoria integrada de percepção deve ser capaz de especificar a tarefa que o sistema visual deve completar, incluindo a descrição das fontes de informação pura disponível para suportar a tarefa. No próximo nível (algorítmico), Marr tem proposto que os teóricos que acreditam na percepção indireta devem tentar determinar como a informação disponível na imagem retinal pode ser processada para encontrar as necessidades computacionais da tarefa. É neste ponto que os algoritmos específicos, mecanismos de processamento e representações precisam solucionar a tarefa computacional que tem que ser descoberta e testada. No nível implementacional a preocupação deve ser com a descoberta de mecanismos neurais (fisiológicos) que levam os algoritmos para a função.

A pesquisa que opera dentro do referencial da percepção indireta tem abordado, primeiramente, os níveis algorítmico e implementacional, na busca de entender o funcionamento de sistemas semelhantes ao da visão "normal" (através de estímulos simples e ilusões) e tentado desenvolver máquinas análogas à visão humana. Recentes avanços na ciência cognitiva, especialmente com o desenvolvimento conceitual e de programas computacionais dos modelos conexionista e de redes neurais, têm proporcionado uma ligação entre os níveis de análise algorítmico e implementacional para um melhor desenvolvimento do modelo computacional (ABERNETHY & BURGESS-LIMERICK, 1992).

2.2.2 A Percepção de Mudança

As teorias sobre a percepção de mudança variam de acordo com suas compatibilidades com as teorias mais gerais de percepção visual. A visão tradicional da percepção de mudança é o modelo de comparação da imagem. Segundo este modelo as mudanças na estrutura espacial (ou deslocamento) de uma imagem retinal para outra proporcionam a base para a inferência do movimento e mudança. O modelo de comparação da imagem é um exemplo da teoria indireta de percepção, pois a determinação da mudança envolve processos representacionais, uma vez que a imagem original deve ser armazenada, representada e recuperada de algum tipo de sistema de memória (ABERNETHY & BURGESS-LIMERICK, 1992).

Este modelo é também dependente do uso de processos cognitivos de mais alta ordem, como a inferência, para derivar o significado da natureza do objeto e caracterizar deslocamentos de uma imagem retinal para a próxima. O pressuposto de imagens estáticas como ponto de partida para a percepção da mudança e a confiança nos construtos cognitivos, como memória e inferência, têm tornado esta visão insustentável para os teóricos que acreditam na percepção direta (ABERNETHY & BURGESS-LIMERICK, 1992).

2.2.3 A Percepção Visual do TC

As teorias indiretas de percepção têm apresentado alguns possíveis modos de obtenção da informação visual de TC. O mais frequentemente citado é o modelo da computação da distância/velocidade. A informação referente ao TC do observador e objetos ou superfícies em aproximação pode ser potencialmente gerada pela computação da razão entre a distância observador-objeto (ou observador-superfície) e a velocidade relativa instantânea do objeto ou superfície, expressa da seguinte maneira:

$$TC = \frac{\text{distância observador-objeto}}{\text{velocidade de aproximação do objeto}}$$

(no caso onde o observador está estacionário e o objeto está se aproximando), ou:

$$TC = \frac{\text{distância observador-superfície}}{\text{velocidade de aproximação do observador}}$$

(no caso onde um observador em movimento se aproxima de uma superfície estacionária) (ABERNETHY & BURGESS-LIMERICK, 1992).

Uma segunda possibilidade de cálculo de TC é a computação da mudança da distância relativa. CAVALLO & LAURENT (1988) têm notado que uma solução computacional alternativa pode ser derivada da estimativa do TC sobre as mudanças de distância (referente a distância absoluta entre observador-objeto), ocorrendo sobre períodos de tempo conhecidos, expressos do seguinte modo:

$$TC = \frac{\text{distância observador-objeto no tempo 1}}{\frac{\text{(diferença da distância observador-objeto do tempo 1-tempo 2)}}{\text{(tempo 1 - tempo 2)}}}$$

CAVALLO & LAURENT (1988) perceberam que este método simplifica a quantidade de dados a serem processados devido a remoção da necessidade de

constantemente acessar a distância observador-objeto em termos absolutos. Entretanto este método adiciona a necessidade de uma precisa estimativa da mudança do tempo como um precursor para a determinação do TC. Isto equivale a um relógio de tempo real no sistema nervoso central para o funcionamento efetivo deste procedimento para a estimativa do TC.

2.2.4 Limitações da Perspectiva Tradicional

Filosoficamente, o problema mais difícil para as teorias indiretas de percepção visual é explicar a veracidade quando o percebido e o ambiente são entidades mutuamente exclusivas. Mecanicamente, o mais difícil problema para as teorias indiretas parece ser a fina complexidade computacional da solução de algoritmos existentes para a visão normal. Esta complexidade é incongruente com a velocidade e natureza de atenção livre da experiência pessoal da visão normal (ABERNETHY & BURGESS-LIMERICK, 1992).

2.3 A Perspectiva Ecológica e as Ações Interceptivas

As ações interceptivas, conforme tem sido mostrado, vêm sendo estudadas há bastante tempo. No entanto, com o surgimento da Abordagem Ecológica nos anos 80, a ênfase nas pesquisas, assim como suas questões, interpretações e explicações para este fenômeno têm mudado.

Os estudos dos dois principais precursores da Abordagem Ecológica, N. A. Bernstein e J. J. Gibson, provocaram as primeiras mudanças na forma de entendimento da percepção, coordenação e controle de movimentos. BERNSTEIN (1967) abordou o problema dos graus de liberdade do movimento e a questão da variabilidade condicionada ao contexto. GIBSON (1966, 1979), no âmbito da psicologia ecológica, estudou a percepção visual, formulando a teoria da percepção direta. Turvey e seus colaboradores (FITCH et al, 1982; FITCH & TURVEY, 1977; KELSO et al, 1980; KUGLER et al, 1980; TULLER et al, 1982; TURVEY et al, 1982; TURVEY et

al, 1981) combinando as idéias de Bernstein e Gibson, mudaram as muitas fundamentações das teorias de controle motor derivadas da pesquisa cognitivista.

2.3.1 A Teoria da Percepção Direta

A visão da percepção direta é baseada na óptica ecológica de GIBSON (1961, 1979). A premissa gibsoniana básica é de que a imagem retinal não é o ponto de início para visão. A informação necessária para guiar as ações do observador está disponível na estrutura da luz apresentada no ponto de observação.

Em contraste com as visões dos teóricos computacionais como MARR (1982), a perspectiva da percepção direta, apenas reconhece efetivamente dois níveis de visão: um nível ecológico (equivalente ao nível computacional de Marr) e um nível fisiológico (implementacional), com o foco de pesquisa sendo ativamente sobre o primeiro nível. O nível algorítmico, o nível no qual quaisquer processos representacionais existiriam, é eliminado da perspectiva da percepção direta. Alguns conceitos ecológicos são fundamentais para o entendimento da concepção gibsoniana de percepção. Tendo em vista a complexidade deste assunto e os objetivos do presente estudo, serão apresentados, a seguir, sucintas conceitualizações sobre informação, invariantes, *affordances* e campo de fluência óptica.

2.3.1.1 Conceito Ecológico de Informação

As teorias de percepção indireta têm como pressuposto a hipótese de que nos sistemas perceptivos a entrada de informação é empobrecida. Ou seja, esta entrada não fornece uma descrição precisa e completa dos eventos e objetos no ambiente. Sendo assim, ocorre uma necessidade de operações cognitivas e de participação da memória para proporcionar a percepção; as informações obtidas pelos órgãos dos sentidos devem ser processadas para que ocorra a percepção. A entrada é considerada empobrecida justamente pela necessidade de um processo de elaboração que resultará na percepção (MICHAELS & CARELLO, 1981).

Em contrapartida, para a teoria da percepção direta, a riqueza da experiência perceptiva está na própria estimulação. Uma precisa especificação da natureza dos objetos, locais e eventos está disponível para o organismo na estimulação. GIBSON (1966) reformulou a noção de estímulo, atribuindo-lhe a idéia de informação. A informação, para Gibson, é a estrutura que especifica um ambiente para um animal. Esta definição já mostra que a informação faz a ponte de ligação entre ambiente e animal. Entende-se a informação como uma seta bi-direcional que, de um lado, aponta para o ambiente e, de outro, para o animal. Distinguem-se duas faces da informação, que são: informação-sobre (*information-about*) e informação-para (*information-for*). A informação sobre um objeto, uma cena ou um evento, diz respeito à relação entre informação e ambiente; a informação para um percebedor diz respeito à relação entre informação e animal. Ambos aspectos devem sempre compor a análise da informação (MICHAELS & CARELLO, 1981).

2.3.1.2 Invariantes

A teoria da percepção direta assume que os padrões de energia que estimulam os sentidos contém uma especificação do ambiente. Os padrões de estimulação (luz para o olho, pressão sobre a pele, etc) são ligados unicamente e invariavelmente às suas fontes no ambiente. Esta especificação é fornecida pelas invariantes. Invariantes são padrões de estimulação sobre tempo e/ou espaço, que são deixados sem mudança através de certas transformações (GIBSON, 1979).

Os conceitos de invariante e constância perceptiva podem ser unidos. Constância perceptiva é o fenômeno no qual as propriedades percebidas dos objetos continuam constantes embora haja mudanças significativas nos estímulos próximos (MICHAELS & CARELLO, 1981). Considere uma propriedade dos objetos, o tamanho, por exemplo. A aproximação de um objeto pode ilustrar a constância do tamanho. Embora o ângulo visual aumente, a percepção do tamanho do objeto permanece constante. Um objeto de tamanho constante é percebido através da mudança

no tamanho da imagem. A base da constância perceptiva é encontrada nas relações complexas entre as posições.

MICHAELS & CARELLO (1981) afirmam que esta busca de invariantes, então, é a busca da ponte de luz entre objeto e percebido. O entendimento desta especificação das propriedades dos objetos (como tamanho, brilho, forma, etc) na visão se dá, inicialmente, através do conhecimento da estrutura da luz. Este estudo é feito pela óptica ecológica, que é a física da luz relevante para um animal em seu ambiente.

A física pode, em princípio, proporcionar um conjunto de reflexão e absorção ponto-a-ponto. Cada ponto, que vai formar a estrutura óptica global, se comporta de acordo com uma lei. A correspondência entre a luz estruturada e as características dos objetos e locais é derivada das leis da física.

A pesquisa ecológica dá ênfase a eventos. Eventos podem ser definidos como a mudança nos objetos ou coleção de objetos (GIBSON, 1979). Com base nos eventos podemos distinguir duas modalidades de invariantes: as invariantes estruturais e as invariantes transformacionais (MICHAELS & CARELLO, 1981). As invariantes estruturais são propriedades dos estímulos que permanecem constantes embora haja mudanças ao seu redor. As invariantes transformacionais são estilos de mudança nos estímulos próximos que especificam a mudança que ocorre no objeto. Numa situação de cobrança de pênalti no futebol, por exemplo, o goleiro poderá perceber o gramado através de suas invariantes estruturais. Já a bola, após o chute, pode ser percebida pelo goleiro através de suas invariantes transformacionais.

2.3.1.3 *Affordances*

A análise da informação, conforme foi dito, engloba a informação sobre algo, que foi vista no conceito de invariante, assim como informação para algum sujeito. Tradicionalmente, na pesquisa cognitivista, a informação reside inteiramente no ambiente. O animal que detecta esta informação não tem sido considerado nesta análise.

A pesquisa ecológica, em oposição a esta tendência, considera a unidade de análise o ecossistema animal-ambiente (MICHAELS & CARELLO, 1981).

Dentro deste mesmo paradigma, o conceito de *affordance* demonstra a importância de se considerar a informação no contexto do próprio animal. O *affordance* de qualquer coisa é a combinação específica das propriedades de sua substância com suas superfícies tomadas com referência ao animal (GIBSON, 1977). Ele é baseado nas propriedades materiais do animal e do ambiente e existe independentemente de estar ou não sendo percebido (WARREN Jr.,1984). *Affordances* são os atos ou comportamentos permitidos pelos objetos, locais e eventos (MICHAELS & CARELLO, 1981). As cadeiras ou bancos expressam *affordance* no ato de sentar. Uma xícara expressa *affordance* no ato de segurá-la. Uma bola expressa *affordance* em uma recepção. De uma forma simples, pode-se dizer que *affordance* é o que o ambiente significa para o percebido. A afirmação de que ocorre *affordance* na pegada de uma caneta indica que ao se perceber a caneta, sabe-se que ela pode ser tomada com os dedos.

A importância deste conceito, para GIBSON (1979), deve-se ao fato do *affordance* ser percebido. Entender a percepção desta forma significa que quando vemos cadeiras, canetas e balas, percebemos locais para sentar, coisas para escrever e coisas para comer. Detectar *affordances* é, nada mais que, detectar o significado da informação disponível. A informação sobre *affordances* é pessoal; é única para a unidade animal-ambiente. Contudo, o fato de um animal detectar os *affordances* de um ambiente, significa que a informação está disponível para a espécie e para o indivíduo.

Uma questão interessante quanto ao aspecto individual do *affordance* é o problema da escala corporal. O mesmo objeto pode fazer *affordance* com coisas diferentes para animais de diferentes tamanhos. Veja, por exemplo, como o louva-deus demonstra grande sensibilidade para a informação da escala corporal. Ele normalmente ataca as vítimas que têm um diâmetro ótimo para o ângulo de abertura da suas pernas que prendem. As vítimas que apresentam ângulos maiores ou menores que o ótimo são atacados com menor frequência (MICHAELS & CARELLO, 1981).

Um *affordance* diz respeito a um animal particular que se relaciona com um objeto ou disposição de superfícies específicas. Em suma, a percepção é a detecção de informação útil. A informação útil é vista como energia estruturada, que permite ao animal agir de modo adaptativo sobre o ambiente (MICHAELS & CARELLO, 1981).

Um aspecto polêmico presente na noção de *affordance* diz respeito à intencionalidade daquele que age. CANFIELD (1991) considera problemática a proposição gibsoniana de que toda percepção pode ser entendida sem apelo às mediações linguísticas e culturais, pois este pressuposto ecológico não estaria privilegiando a categoria da intencionalidade na ação humana. WARREN Jr. (1988) faz uma importante ressalva neste sentido. Ele afirma que apesar de uma situação poder fazer *affordance* com muitas ações de um organismo particular, nenhum *affordance* age como um estímulo para causar um comportamento. A relação entre informação óptica e parâmetros de ação não é determinística, mas sim uma contingência das intenções daquele que age, de modo que o organismo seleciona as dimensões da informação que são relevantes para o controle da ação. Desta forma intenção não é entendida como uma representação mental de uma meta, mas é expressa como uma escolha de um *affordance* a ser realizado, que determina um modo de ação correspondente e leis operativas de controle. Uma vez que esta escolha tenha sido feita, as relações de controle e o comportamento resultante serão definidas em forma de lei, até que o animal opte por outro modo de ação (WARREN Jr., 1988).

2.3.1.4 Campo de Fluência Óptica

O ambiente consiste de substâncias materiais delimitadas por superfícies. No entanto uma superfície não reflete luz uniformemente, a menos que seja algo semelhante a um espelho. Ela contém facetas, partes de diferentes pigmentações e assim por diante. Uma superfície pode ser considerada como algo densamente coberto de elementos de textura, os quais refletem luz diferentemente das suas vizinhanças. Assim a luz refletida das superfícies no ambiente formam um arranjo óptico densamente estruturado no ponto de observação (LEE, 1980a).

O arranjo óptico pode ser entendido como um conjunto de estreitos cones de luz com seus ápices no ponto de observação. Cada cone tem como sua base um elemento distinto de textura ambiental e, assim, opticamente diferenciável de seus vizinhos em termos de intensidade e/ou composição espectral da luz que ele contém.

Em cada ponto de observação existe um único arranjo óptico. Consequentemente, quando a cabeça está se movendo em relação ao ambiente, como ela normalmente está, o arranjo óptico no olho não é nunca o mesmo de um momento para o próximo. O arranjo muda continuamente sobre o tempo, dando lugar a um campo de fluência óptica. Um modo conveniente de descrever o campo de fluência óptica é em termos do padrão de mudança da incidência de luz sobre uma superfície de projeção que intercepta estas variações do arranjo óptico no tempo. Entretanto a descrição do campo de fluência óptica em termos de sua projeção sobre uma superfície pode ser unicamente transformado em uma descrição para qualquer outra superfície, pois a escolha de uma superfície de projeção é simplesmente uma questão de conveniência (LEE, 1980a). Para clareza da exposição será considerada a projeção do campo de fluência óptica em uma superfície plana atrás do ponto de observação, como a imagem plana de uma câmera.

Inicialmente LEE (1980a) determina a estrutura geral do campo de fluência óptica retilinear que resulta quando o ponto de observação está em movimento ao longo da trajetória direta através de um ambiente rígido. É equivalente, geometricamente, considerar-se o ponto de observação estacionário e o ambiente movimentando-se em relação a ele. Na Figura 1 o ambiente está se movendo com velocidade V no sentido do ponto de observação em uma direção perpendicular ao plano de projeção. P denota um elemento de textura ambiental. P' denota o elemento de textura óptica correspondente.

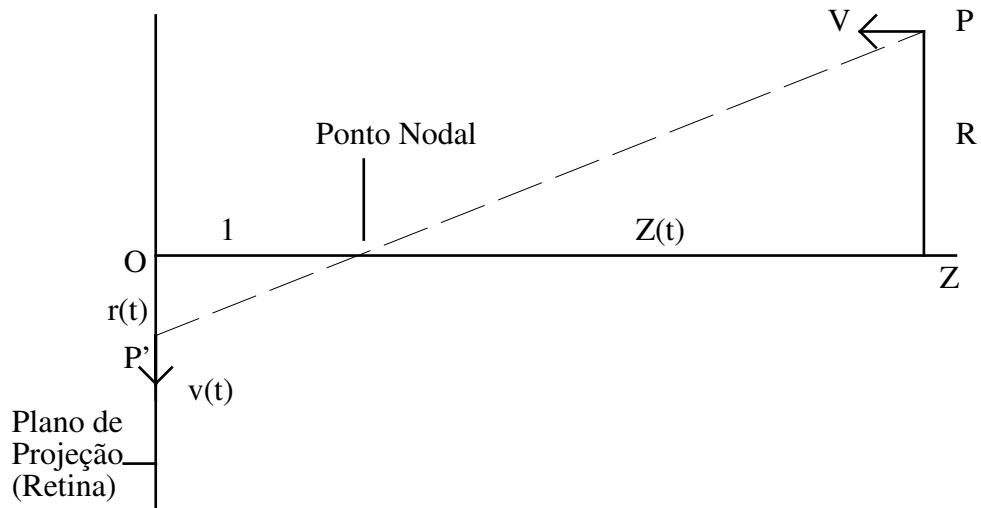


FIGURA 1 - Movimento retilíneo do ponto de observação relativo ao ambiente gerando um campo de fluência óptica (Adaptado de LEE, 1980a).

Está claro que, apesar da disposição das superfícies no ambiente, o campo de fluência óptica tem a seguinte propriedade invariante: todos os elementos de textura óptica se movem ao longo de linhas de fluência radial que emanam de O, o centro do plano de projeção (LEE, 1980a).

Existe uma segunda propriedade invariante do campo de fluência óptica relacionada ao fato de que, durante o movimento do ponto de observação, superfícies saem da visão e entram na visão a medida em que elas são progressivamente ocluídas e desocluídas pelas superfícies mais próximas. A reflexão deste fato no campo de fluência óptica é que quando um elemento de textura óptica se move ao longo de uma linha de fluência óptica radial que alcança um elemento em movimento mais lento, ele o oclui. Isto ocorre porque o elemento óptico que está se movendo mais rapidamente corresponde ao elemento de textura ambiental mais próximo (LEE, 1980a).

2.3.2 A Noção Ecológica da Percepção de Mudança

Qualquer teoria de percepção deve ser capaz de explicar como humanos (e outros animais) percebem tanto a mudança como a não-mudança em seus ambientes. O estudo da percepção de mudança primariamente envolve o estudo da percepção de eventos. Um evento pode também ser definido como uma mudança mínima de algum tipo

especificado, ocorrida sobre um objeto ou complexo de objetos dentro de uma determinada região do contínuo espaço-tempo (SHAW & PITTENGER, 1978).

O elemento de tempo na percepção de eventos é essencial, pois distingue os eventos de outros aspectos puramente espaciais da percepção (WARREN Jr. & SHAW, 1985). Esta característica é de significado central na performance de ações interceptivas.

A explicação ecológica da percepção de mudança está baseada na idéia segundo a qual a percepção do movimento ocorre diretamente, ou seja, não é inferido de mudanças no deslocamento da imagem entre imagens retiniais em diferentes tempos. No contexto da percepção direta as investigações buscam por invariantes dentro do campo de fluência óptica, que sejam capazes de especificar diretamente aquelas propriedades estruturais de um ambiente que permanecem constantes sob condições de mudança e aquelas propriedades ou estilos de mudança que são características em um evento particular (já abordadas no tópico anterior sob os conceitos de invariantes estruturais e invariantes transformacionais, respectivamente).

MICHAELS & CARELLO (1981) identificam dois importantes aspectos que fundamentam a distinção das explicações sobre percepção de eventos por parte das perspectivas tradicional e ecológica. Fundamentalmente estes aspectos contestam a noção clássica de tempo da física newtoniana, que parece ter influenciado fortemente as teorias tradicionais de percepção. O primeiro aspecto diz respeito a divisão do tempo em passado, presente e futuro.

A pesquisa ecológica questiona a utilidade, na teoria psicológica, da distinção entre passado, presente e futuro. Esta distinção reside na introspecção, na experiência do "agora". Uma vez que o "agora" e, assim, passado, presente e futuro têm realidade psicológica, é impossível especificar sua realidade objetiva. Posto de outro modo, a questão de saber se algum evento reside no passado, presente ou futuro não pode ser decidida pela física porque a extensão temporal do "agora" é baseada na experiência fenomenal. Desta forma a tricotomia passado, presente e futuro, como uma qualificação

ligada à informação (como no modelo de comparação da imagem) é rejeitada na teoria ecológica (MICHAELS & CARELLO, 1981).

A segunda distinção que pode ser traçada entre a percepção direta e os enfoques mais tradicionais envolve a validade do conceito de tempo absoluto. É proposto que o conceito de tempo absoluto tem pouco valor na psicologia. O principal ponto é saber qual dos dois conceitos, tempo ou mudança, é mais fundamental. Em um universo estático não há tempo, se o tempo for entendido como uma abstração da mudança. Desta forma o valor desta abstração pode ser questionado. A própria mudança (que são os eventos no espaço-tempo) é o objeto de interesse do comportamento animal e não o tempo absoluto.

A visão ecológica, com respeito a esta discussão, indica que a mudança é percebida. Assim, ambos, espaço e tempo são necessários não apenas para a descrição da mudança mas também para a descrição da informação que especifica a mudança. Em suma, a noção de tempo absoluto é deixada de lado em favor do espaço-tempo pelo argumento de que os percebedores não percebem espaço e tempo, mas eventos no espaço-tempo (MICHAELS & CARELLO, 1981).

Veja a Figura 2 que sumariza estas distinções. Na parte de cima, que esquematiza a teoria tradicional, o contínuo dos eventos é discretizado em pacotes de dados (estímulo 1 + estímulo 2 + ... + estímulo 5). É deixado para o percebedor reconstituir os pacotes em um evento contínuo. Na teoria da percepção direta (na parte de baixo), a informação não é fracionada. Ela é coextensiva com o evento e, desta forma, o evento precisa apenas ser detectado, e não reconstituído.

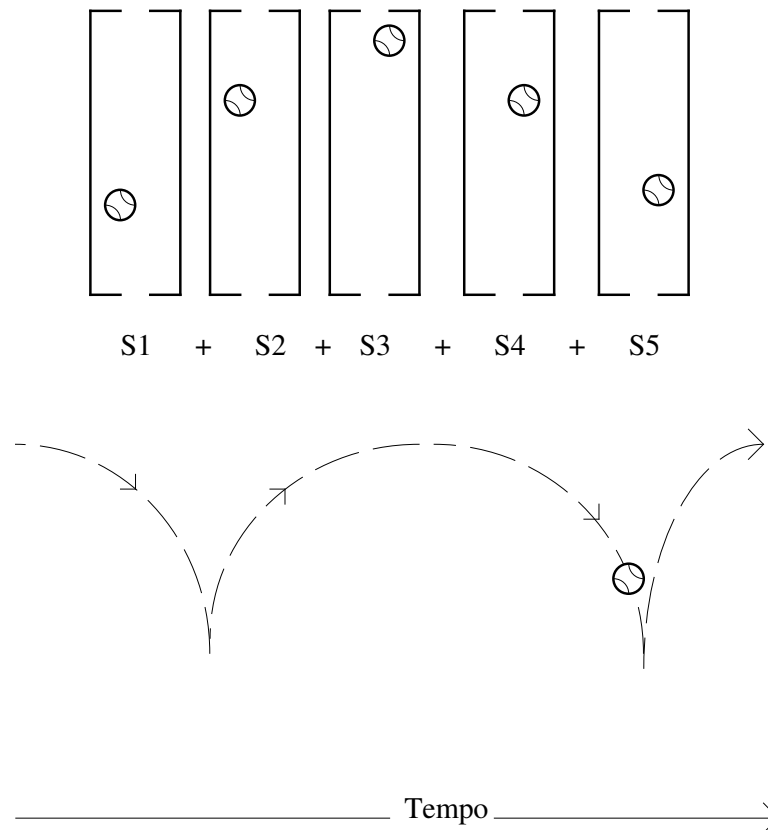


FIGURA 2 - As abordagens tradicional e ecológica para estímulos e eventos (Adaptado de MICHAELS & CARELLO, 1981).

2.4 O *Timing* de Ações Interceptivas Baseado na Estratégia τ

Fundamentado nas concepções ecológicas de percepção visual, LEE (1980a) apresenta diversos aspectos e utilizações das informações disponíveis no campo de fluência óptica a respeito do estado físico das coisas no ambiente. Lee tem estudado questões como percepção visual do próprio movimento (LISHMAN & LEE, 1973), a visão no controle do equilíbrio (LEE & ARONSON, 1974; LEE & LISHMAN, 1975), informação visual sobre a disposição relativa do ambiente, informação visual na escala corporal (LEE et al, 1977), informação visual para o controle da frenagem e direção de veículos (LEE, 1976), controle visual da locomoção (LEE & LISHMAN, 1977; LEE, 1974), controle visual da corrida em terreno irregular (WARREN Jr. et al, 1986) e informação visual de TC.

A informação visual de TC, que é o assunto central deste estudo, será abordada detalhadamente. LEE (1976, 1980a, 1980b) e seus colaboradores (LEE & LISHMAN,

1977; LEE et al, 1982; LEE & REDDISH, 1981; LEE & YOUNG, 1986; LEE et al, 1983) demonstraram que quando a relação entre o sujeito e o objeto de seu interesse no ambiente se altera, quer pela movimentação do sujeito quer pela aproximação do objeto, ou ambos, o padrão de expansão óptica contém informação temporal que possibilita o controle das ações interceptivas. Esta informação explicita o TC.

A Figura 1 exemplifica a situação na qual um objeto em movimento no ambiente, assumindo uma velocidade constante se aproxima do observador. O tempo gasto pelo objeto até o observador é diretamente especificado por uma variável óptica de TC, denominada tau(τ) por David Lee. Ela equivale ao inverso da quantidade de dilatação da imagem óptica da superfície em aproximação. LEE (1976, 1980a) define matematicamente a variável óptica tau através da razão do tamanho da imagem projetada pela velocidade de expansão na retina, como mostra a seguinte equação:

$$Z(t)/V = r(t)/v(t) = \tau (t)$$

Imagine, por exemplo, uma bola se aproximando do observador em velocidade constante. A imagem da bola compõe um contorno fechado no arranjo óptico que se dilata conforme a bola se aproxima do observador. A variável óptica τ fornece continuamente informação de TC da bola com o observador. Assim, em princípio, não é necessário perceber nem a distância nem velocidade a fim de perceber o TC sob velocidade de aproximação constante.

A identificação desta fonte de informação de TC levou Lee e seus colaboradores a hipotetizarem uma explicação do *timing* de ações interceptivas: a chamada estratégia τ (LEE & REDDISH, 1981; LEE et al, 1983). Em síntese, utilizar a estratégia τ no *timing* implica em gerar ações para a variável óptica τ .

Vários estudos têm se preocupado com questões envolvidas nesta estratégia. Um deles procurou testar a hipótese da estratégia τ em mergulhões. Estes pássaros do mar (denominados cientificamente de *Sula Bassana*) apresentam um comportamento finamente temporizado para apanhar suas presas. Eles mergulham de grandes alturas com suas asas abertas e apenas um pouco antes de baterem na água eles começam a fechar suas asas a fim de deixar seus corpos na posição adequada de entrada na água. A

questão de como estes pássaros conseguem sincronizar o fechar de suas asas para entrar na água foi abordada por LEE & REDDISH (1981), que filmaram e analisaram 55 mergulhos deste pássaro.

A variação dos tempos de queda (0.9 a 1.55 s) inviabiliza a explicação do mergulho ser simplesmente uma ação estereotipada com as asas sendo programadas para fecharem num dado tempo após o início do mergulho. Parece mais provável que o pássaro determine quando fechar as asas com base na informação visual recebida durante o mergulho.

Para executar sua ação o mergulhão necessita de informação sobre o seu TC com a água. Como isto é uma função de sua altura da água, sua velocidade e aceleração, poderia parecer que o pássaro precisa monitorar estas três variáveis e computar seu TC a partir deles. Entretanto ele pode controlar seu *timing* em um modo mais simples e mais direto através do uso da variável óptica τ (conforme definida anteriormente), que não especificaria precisamente o TC sozinho, mas formaria a base de uma simples estratégia heurística. Suponha que o pássaro iniciou sua ação de fechar as asas num certo tempo de início após detectar que $\tau(t)$ tinha alcançado um valor margem (τ_m), num certo TC com a água. Desta forma, seguir a estratégia τ , resultaria num aumento do TC com a água no início do fechar as asas, conforme se tivesse um aumento na distância total do pássaro em relação à água no início do mergulho (TD). Assim, o pássaro teria mais tempo para fechar as asas quanto mais longo fosse seu mergulho.

Para contrastar, pode-se considerar outras estratégias que os pássaros poderiam usar e as formas que as curvas TC em função de TD teriam. Primeiro suponha que ele poderia, a cada momento, detectar o TC e começar o fechar das asas quando alcançar um valor margem; então o gráfico t em função de TD seria uma linha plana. Segundo, suponha que ele começou o fechar das asas quando alcançou uma certa altura. Ele teria então menos tempo para preparar para entrada quanto mais longo fosse seu mergulho, porque ele estaria voando mais rápido; o TC diminuiria enquanto o TD aumentasse.

Finalmente suponha que ele começou a fechar as asas quando alcançou uma certa velocidade ou, o que é matematicamente equivalente, num tempo constante após o

início do mergulho. A predição seria, então, que TC aumentasse linearmente com TD, apresentando um gráfico com inclinação de 45° .

Para testar todas as estratégias hipotéticas, LEE & REDDISH (1981) mediram, nos filmes, como o TC variava em função de TD. Os resultados favoreceram a estratégia τ , seguindo uma curva prevista pelo equacionamento matemático desenvolvido. Os pássaros claramente não fecharam suas asas em um TC constante ou uma altura constante, nem os dados indicaram uma curva de 45° como predita pelas estratégias de velocidade constante e tempo de início constante. Na verdade, as outras estratégias fariam pouco sentido para altos mergulhos por que eles resultariam na manutenção da capacidade de governo para apenas curtas frações de seus mergulhos. Claramente, estratégias de detecção da altura e velocidade e subsequente computação podem ser formuladas para os dados deste estudo. Entretanto, cada uma das estratégias citadas carece da simplicidade da estratégia τ . Além disto, os pássaros provavelmente não seriam capazes de detectar sua altura e velocidade com precisão suficiente, dado o pequeno grau de paralaxia binocular e a ausência de características invariantes nos seus campos de visão para fornecer a métrica espacial (LEE & REDDISH, 1981).

LEE et al (1983) investigaram outra ação de *timing* em humanos, na situação de aceleração gravitacional. Uma bola plástica de futebol de 20 cm de diâmetro era liberada diretamente acima da posição do sujeito das alturas de 3.5, 5 e 7.2 m acima do nível do olho do sujeito. A tarefa dos quatro sujeitos (com idades entre 23 e 25 anos) era saltar para interceptar a bola e batê-la tão forte quanto possível usando uma mão. Os ângulos do joelho e cotovelo dos sujeitos foram monitorados por meio de potenciômetros fixados nestas articulações. Sensores na bola, no chão e na mão do sujeito forneciam as respectivas informações sobre o momento da liberação da bola, o momento do início do salto e do contato da mão com a bola. Todos os dados gerados eram gravados em um computador.

Embora o estudo tenha utilizado uma situação acelerativa, teve como objetivo testar a hipótese segundo a qual os sujeitos utilizariam a estratégia τ . Em princípio a variável óptica τ foi definida para situações de velocidade constante.

A estratégia τ , formalmente estabelecida neste estudo, assume que para controlar o *timing* a fim de que o corpo esteja em um estado dinâmico apropriado no momento do contato, uma ação variável $A(t)$ (expressa, por exemplo, através do ângulo articular), em um tempo t , será gerada em função de $\tau(t-\Delta t)$, que é o último valor disponível de τ . Assim $A(t)=f[(t-\Delta t)]$. Aqui o parâmetro Δt corresponde a um atraso viso-motor, que é tomado como constante para um indivíduo particular executando uma ação particular num nível de habilidade particular (LEE et al, 1983).

Tendo claras as diferenças entre situações de movimento uniforme e de movimento uniformemente variado relacionadas ao τ , os autores, perante as curvas que mostraram como o τ varia em função do TC para velocidade constante e para as três diferentes alturas de liberação da bola, identificaram alguns importantes aspectos deste problema. O primeiro é que em situações acelerativas o τ sempre sobreestima o TC. Isto ocorre porque o τ (que é a razão entre distância corrente e a velocidade corrente) é igual ao TC apenas se a velocidade for mantida constante. Uma vez que a velocidade está aumentando, o TC atual é mais curto que o τ .

O segundo é que as curvas relativas aos três tempos de queda da bola estavam muito próximas da reta que representa a situação de velocidade constante (onde $\tau = TC$) para os valores de TC menores que aproximadamente 0.3 s. Isto indica que para estes pequenos valores, o τ proporciona uma boa estimativa de TC e, conseqüentemente, as ações geradas para o τ seriam, com efeito, geradas para o TC. O terceiro é que para qualquer valor particular de τ , pode ser visto que o valor correspondente de TC é maior quanto mais longo é o tempo de queda da bola.

Tomando estes pontos juntos pode-se ver que o uso da estratégia τ resultaria no seguinte comportamento. Primeiramente, o TC, quando qualquer estágio particular da ação fosse alcançado, seria mais longo quanto mais longo fosse o tempo de queda. Em segundo lugar, como o ponto de contato esta se aproximando, os padrões de ação para diferentes tempos de queda convergirão quanto mais próximos estiverem do contato (LEE et al, 1983).

Para testar a hipótese da estratégia τ , os autores precisaram examinar como, em média, os sujeitos ajustaram os ângulos de seus joelhos e cotovelos durante a ação. O mais forte teste desta hipótese foi plotar os ângulos dos joelhos e cotovelos contra o próprio τ . Se a ação dos sujeitos foi de fato gerada para o τ , as curvas para as diferentes alturas de queda seriam as mesmas. É interessante ressaltar que, de acordo com a hipótese, o valor τ para os quais as ações seriam geradas não é o valor corrente, mas o valor em um tempo anterior, denominado Δt , o parâmetro de atraso do modelo.

Os resultados suportaram a hipótese de que as ações dos sujeitos foram geradas para o τ , ao contrário de serem geradas para o TC. Poder-se-ia imaginar que as ações foram geradas para a altura da bola, sua velocidade ou tempo de liberação. Primeiramente, se as ações fossem geradas para a altura da bola então o tempo antes do contato, quando qualquer estágio particular da ação fosse alcançado, seria mais curto quanto maior a altura da queda da bola, uma vez que maior a altura maior a velocidade em uma altura particular. Os resultados, entretanto, foram em direção oposta.

Em segundo lugar, se as ações fossem geradas para a velocidade da bola ou para o tempo de liberação dela (que são estratégias matematicamente equivalentes), então as durações das ações seriam as mesmas para as diferentes alturas, o que claramente não ocorreu. Quanto mais alto a queda, mais longa a ação.

Outra possibilidade é que a ação fosse pré-programada, mas que os sujeitos ajustassem suas posturas de início de acordo com a altura da queda e, usando padrões de aceleração fixos, alcançassem seus estados terminais no tempo certo. No entanto, os sujeitos adotaram posições de início similares para todas três condições. Desta forma, eles não poderiam ter aplicado esta estratégia.

Frente a questão de saber se as pessoas seguem a estratégia τ na preparação para o contato sob condições de aproximação acelerativas, LEE et al (1983) sugerem que a resposta parece ser sim. Resgatando a discussão sobre percepção direta e indireta, eles argumentam no sentido de que o modelo da estratégia τ não descarta completamente a explicação de que a distância, a velocidade e a aceleração poderiam ser percebidas muito precisamente e o TC rapidamente computado, mas eles acham difícil enxergar

alguma vantagem no método computacional. Pelo contrário, a computação parece desvantajosa, uma vez que introduziria duas fontes de erro (em distância e velocidade) na detecção de TC. Neste sentido, afirmam que a percepção direta do TC através da variável óptica τ parece ser a mais plausível explicação do *timing* habilidoso.

BOOTSMA (1988; BOOTSMA & van WIERINGEN, 1990) estudou o *timing* de ações interceptivas rápidas no tênis de mesa. Cinco sujeitos do sexo masculino, com idades entre 18 e 24 anos, considerados atletas de alto nível da modalidade, participaram do estudo. A tarefa dos sujeitos era rebater a bola de tênis de mesa tão rápida e precisamente quanto possível para dentro de um alvo circular (55 cm de diâmetro) no lado oposto da mesa, usando uma técnica específica (*atacking forehand drive*). As bolas foram liberadas para os sujeitos com uma velocidade aproximada de 4 m/s.

A situação experimental foi filmada e, a partir da análise dos filmes, foram obtidos dados de deslocamento. A análise do movimento em estudo incluiu a posição da raquete no momento do início da batida e no momento de contato da bola com a raquete. O tempo de movimento foi considerado o tempo gasto entre o início e o contato bola/raquete. Também foram obtidos dados relativos à velocidade, aceleração e direção da batida, assim como o parâmetro τ margem (calculado como o quociente da distância entre o olho do jogador e a bola, e sua razão de mudança).

Interessantes resultados foram levantados. O parâmetro τ foi considerado como uma fonte de informação utilizada para o início da batida. A precisão temporal inicial foi dada pela variabilidade do τ margem no início do movimento. A precisão terminal foi dada pela variabilidade da precisão do *timing* no contato bola/raquete. A comparação da precisão temporal inicial e terminal mostrou uma precisão temporal mais alta no momento do contato que no início. Estes dados evidenciaram que os jogadores não confiaram completamente em uma estratégia de produção de movimento consistente.

Variações entre as tentativas para todos os sujeitos foram evidenciadas através da obtenção de correlações negativas entre a magnitude do τ margem no início e a

aceleração média durante a batida. Isto significa, por exemplo, que quanto mais próxima no tempo a bola estava para o jogador quando o movimento era iniciado, mais força era aplicada durante a batida. Estes dados foram interpretados como refletindo a natureza compensatória do acoplamento percepção-ação dos jogadores (BOOTSMA, 1988; BOOTSMA & van WIERINGEN, 1990). SARDINHA & BOOTSMA (1993) estudaram a batida do voleibol, através de uma análise semelhante à desenvolvida para a batida do tênis de mesa, e obtiveram resultados confirmatórios relativos ao acoplamento percepção-ação.

TODD (1981) estudou a informação visual sobre objetos em movimento através da simulação de tarefas perceptivas em computador. Todd, resgatando o exemplo do controle visual das ações de jogadores de beisebol, aborda temas importantíssimos para uma teoria de percepção e que se relacionam com o estudo das ações interceptivas. Ele direcionou seu trabalho para dois principais objetivos: primeiro, demonstrar matematicamente que a trajetória de uma bola de beisebol em movimento pode ser diretamente especificada por variáveis ópticas; e segundo, validar empiricamente esta análise, através do exame da sensibilidade dos observadores às propriedades potencialmente informativas de um arranjo óptico continuamente em mudança.

Na primeira parte, ele demonstrou que existe informação disponível para um observador sobre o ângulo de aproximação do objeto em movimento, mudanças em sua velocidade e aceleração, se sua velocidade e aceleração são positivas ou negativas, seu tempo até a colisão com os eixos horizontal e vertical e se o objeto atravessará o eixo horizontal à frente, atrás ou no ponto de observação. Este último aspecto poderia ser obtido através do cálculo do chamado número Todd (SAVELSBERGH et al, 1989), que expressa a razão do tempo para colisão com o plano vertical pelo tempo para a colisão com o plano horizontal. Quando este número for igual a um, o objeto cairá no ponto de observação; quando for maior que um, o objeto cairá atrás do ponto de observação e quando for menor que um, o objeto cairá à frente do ponto de observação.

Na segunda parte Todd procurou evidenciar a validade perceptiva de sua análise matemática, através de vários experimentos que examinaram a sensibilidade dos observadores às citadas fontes de informação com simulações de computador. Os resultados sugerem que os observadores humanos são altamente sensíveis à muitas propriedades abstratas da estimulação visual, mas que eles não são sensíveis a todas as informações que estão potencialmente disponíveis. No experimento de número um, por exemplo, os observadores fizeram preciso julgamento sobre o tempo para colisão baseado na relação entre o tamanho projetado do objeto e sua razão de expansão, para aproximação em relação ao observador de dois objetos em movimento retilíneo e aceleração zero. Entretanto, nenhum dos sujeitos dos experimentos dois, três e quatro mostrou qualquer evidência de que foram capazes de levar vantagem da segunda derivada com respeito ao tempo (aceleração), sempre quando a detecção desta informação de mais alta ordem era absolutamente essencial para execução da tarefa.

SAVELSBERGH (1990) e seus colaboradores (SAVELSBERGH et al, 1991) estudaram um aspecto inédito da formulação de LEE (1976, 1980a). Foi explorada a idéia segundo a qual demonstrar que o *timing* de sequências de movimentos é compatível com o uso da variável óptica τ (como nos trabalhos de LEE & REDDISH, 1981; LEE et al, 1983; BOOTSMA, 1988) não é suficiente para provar que a quantidade relativa de dilatação é responsável pelo *timing*. Pela primeira vez, foi manipulado experimentalmente o padrão de expansão óptica. Apesar de concordarem que as evidências resultantes dos estudos mencionados eram convincentes, eles partiram para a demonstração direta do acoplamento percepção-ação proposto por Lee.

Três bolas de diferentes diâmetros foram usadas. Duas delas eram bolas plásticas relativamente rígidas de 5.5 cm e 7.5 cm de diâmetro. A terceira bola foi criada para alterar o seu diâmetro de 7.5 cm para 5.5 cm durante o vôo. Todas as bolas foram coloridas com tinta fosforescente e foram colocadas na ponta de um pêndulo, que era disparado a cada tentativa da tarefa de agarrar. A velocidade da bola alcançava 2.4 m/s.

O antebraço direito dos sujeitos era mantido na mesma posição para cada ação. Tanto no pêndulo quanto nos dedos polegar e indicador do sujeito foram afixados LEDs (*light-emitting diodes*) para registro das posições do pêndulo e da mão durante o agarrar.

A situação experimental foi filmada no ambiente totalmente escuro. Foi utilizado um óculos especial que controlava o período de visão dos sujeitos apenas 2 s antes da bola entrar em contato com a mão.

Para estabelecer que a bola que murchava produzia um padrão de expansão óptica diferente da bola de tamanho constante, elas foram gravadas em aproximação por uma câmera de vídeo no nível dos olhos dos sujeitos. Os resultados indicaram que logo após o início do movimento do pêndulo a expansão das bolas era a mesma, mas no momento do contato bola/mão a expansão da bola de tamanho constante alcançou mais de 1100%, enquanto a bola que murchava não obteve nem 600%.

Os resultados dos dois experimentos (experimento 1 para visão binocular e experimento 2 para visão monocular) mostraram que o tempo de aparecimento da velocidade de fechada máxima da mão - conforme a predição caso os sujeitos fizessem uso da informação de expansão retinal - foi mais tardio para a bola murchando que para as bolas de tamanho constante. Ajustes na fechada da mão em resposta a diferentes tamanhos de bola - especialmente os ajustes da mão à bola murchando, tendo em vista o fato dos sujeitos não estarem conscientes de que a bola iria murchar durante a aproximação - apontou não apenas um acoplamento percepção-ação finamente sintonizado, mas indicou fortemente que cada acoplamento foi baseado na informação de TC especificada diretamente pelo padrão relativo de expansão óptica.

Em síntese, esta revisão de literatura, quanto à sua temática específica, apresentou três principais pontos em comum: 1) todos estudos resgatados tenderam a comprovar ou, ao menos, aceitar a hipótese da estratégia τ ; 2) as situações experimentais revistas apresentaram aproximação de objetos/planos em aceleração constante (sujeitos à gravidade); e 3) os cálculos da variável óptica τ utilizaram-se de, apenas, um ponto referencial de aproximação ao plano do olho, devido a existência de uma única fonte de informação de TC.

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição da Metodologia

Este estudo utilizou um delineamento pré-experimental, que consistiu numa variação do *design one-shot case study*, segundo CAMPBELL & STANLEY (1963). Este delineamento pode ser disposto graficamente da seguinte forma:

$$\begin{array}{c} X_1 \quad O_{\tau} \\ \hline X_1 \quad O_{TC} \end{array}$$

O termo X_1 representa a variável independente do estudo, composta pelas ações do chute *mae gueri* e sua defesa *guedan barai*, muito embora o foco de análise esteja apenas sobre o *timing* da defesa *guedan barai*. Os termos O_{τ} e O_{TC} representam as variáveis dependentes do estudo, as informações τ e TC, respectivamente, que foram comparadas.

3.2 Sujeitos

Participaram do estudo dois sujeitos adultos, do sexo masculino, com grande experiência nas técnicas executadas. Um dos sujeitos tinha 29 anos de idade, 1.71m de altura e pesava 73.5 Kg. O outro sujeito (o próprio autor) tinha 25 anos, 1.88 m de altura e pesava 88 Kg, por ocasião da coleta de dados.

3.3 Tarefa

A tarefa escolhida para o estudo envolvia técnicas de luta da modalidade karatê-dô. A situação experimental, mais especificamente, foi composta por um chute frontal e uma conseqüente técnica de defesa para impedir o sucesso do chute. Cada sujeito realizou exclusivamente a sua respectiva tarefa, podendo-se, desta forma, identificar os sujeitos por suas funções no experimento, a saber: sujeito atacante e sujeito defensor.

Ambos sujeitos partiam de uma posição normalmente utilizada por karatecas em combates, a chamada posição de luta (*kumite kamae*). Os sujeitos se posicionavam

da seguinte forma: as pernas estavam em afastamento ântero-posterior, com o joelho anterior em flexão e o joelho posterior em extensão. Ambos pés em contato total da região plantar com o solo (A posição das pernas é chamada *Zenkutsu dachi*). O tronco e o pescoço foram mantidos, durante todas as situações, em posição ereta. Os braços estavam flexionados nas articulações do ombro e cotovelo a fim de proteger o tronco. O braço correspondente a perna anterior também se posicionou anteriormente e superiormente, enquanto o outro braço ficou mais posterior e inferior em relação ao primeiro. As mãos permaneceram, durante todo o experimento, completamente fechadas. Os sujeitos utilizaram protetores para os membros envolvidos no contato. O sujeito atacante utilizou protetor para canela e o sujeito defensor protetor para ante-braço.

A tarefa do sujeito atacante foi, a partir da posição de luta, realizar o chute frontal (chamado *mae gueri*) objetivando atingir a região do abdômem do sujeito defensor. Durante a execução o atacante flexionava quadril, joelho e tornozelo, trazendo o joelho próximo ao tronco e, em seguida, estendendo as referidas articulações, projetava o pé na direção do abdômem do sujeito defensor.

A tarefa do sujeito defensor, por sua vez, foi evitar que este chute o atingisse, executando uma defesa (chamada *guedan barai*) contra a perna do sujeito atacante. O sujeito defensor, a partir da posição de luta, fazia a rotação medial do ombro, estendia totalmente o cotovelo e realizava a pronação do antebraço, fazendo coincidir o seu antebraço com a perna do atacante, impedindo ou modificando a trajetória do chute.

A situação experimental foi organizada de tal forma que deixava a escolha do momento de iniciar o chute a critério do atacante. O sujeito defensor já conhecia antecipadamente as técnicas de ataque e defesa a serem empregadas, e necessariamente aguardava o início do ataque para realizar sua tarefa de *timing* antecipatório. Estes aspectos garantiram uma situação de incerteza temporal para o sujeito defensor. Convencionou-se, também, que o chute fosse desferido com a perna direita e a defesa com o braço esquerdo.

3.4 Instrumentação

O equipamento utilizado para filmagem, cedido pelo Laboratório de Biomecânica da Universidade de Brasília, era composto por duas câmeras cinematográficas LOCAM 16 mm de alta velocidade com possibilidade de regulagem de 16 a 500 quadros por segundo (marca Redlake, modelo 51-0003) sincronizadas temporalmente. As duas câmeras estavam ligadas a um acionador de LEDs (Crystal Timer Light Generation - LED Driver, marca Redlake, modelo 13-0003) regulado para uma razão de pulso de 100 PPS, comprimento de pulso de 40 μ s e corrente de todos canais de 0.4 A. Os LEDs estavam dispostos na parte interna das câmeras e sensibilizavam simultaneamente os filmes (na região lateral, sem prejuízo das imagens) nas duas câmeras, possibilitando a sincronização temporal das imagens. Este mecanismo também possibilitou o controle preciso da velocidade da câmera. Todo este equipamento estava conectado a um painel de controle (construído no próprio Laboratório de Biomecânica da Universidade de Brasília) que gerenciava o início e final de cada tomada. Na filmagem foram utilizados filmes reversíveis de 16 mm, branco e preto, tipo 4-X, marca Kodak, de 320 ASA.

A análise dos filmes, após a revelação foi realizada no equipamento Vanguard Motion Analyzer (marca Vanguard Instrument Corporation, modelo M-16CE) do Laboratório de Biomecânica da Universidade de Brasília. Este equipamento era composto por um projetor de 16 mm, que deixava a imagem disponível em uma tela e oferecia a possibilidade de controle da velocidade do filme ou análise quadro a quadro. Ele dispunha também de marcadores X e Y (linhas finíssimas que eram movimentadas pelo experimentador na tela, na vertical e na horizontal, respectivamente) para a leitura das coordenadas dos pontos de interesse.

A análise dos dados foi feita através da utilização de um micro-computador PC-AT 486/33 MHz. Os cálculos da reconstrução tridimensional das ações filmadas foram realizados pelo software (desenvolvido pelo Dr. José Carlos Pio da Fonseca, Ana Cristina de David e Eduardo Machado Gonçalves) do método de Transformação Linear Direta (DLT), cedido pelo Laboratório de Biomecânica da Universidade de Brasília.

Todos os demais cálculos foram desenvolvidos no software Microsoft Excel (versão 4.0). A apresentação gráfica dos dados foi desenvolvida no software MicroCal Origin (versão 1.28). Os dois últimos softwares citados funcionam no ambiente Windows (proporcionado pelo software Microsoft Windows - versão 3.1).

3.5 Coleta e Análise dos Dados

Os dados foram coletados no Estúdio da Faculdade de Comunicação da Universidade de Brasília, com iluminação artificial. Os refletores foram cuidadosamente dispostos para não ofuscarem a visão dos sujeitos. O nível de luminosidade do ambiente foi controlada adequadamente, através de um fotômetro, à sensibilidade e ao tempo de exposição da película, dada a alta velocidade da filmagem utilizada (aproximadamente 200 quadros por segundo).

A Figura 3 mostra a disposição geral do ambiente do estúdio preparado para o experimento. Em função do método utilizado para reconstrução tridimensional dos eventos filmados (DLT), foi montada uma estrutura para calibração. Esta estrutura era composta de quatro postes de alumínio (A, B, C e D), de secção circular, com 2.7 m de altura, base de ferro em forma de estrela e suporte para suspensão de fio de prumo. Em cada fio de prumo, em diferentes alturas a partir do solo, foram fixadas cinco esferas de plástico pintadas de branco, de 12 mm de diâmetro, perfuradas no centro (numeradas de cima para baixo de um a cinco). Estes pontos, representados pelas esferas, serviram para calibração do DLT e demarcaram uma estrutura tridimensional, dentro da qual foram realizados todos os movimentos filmados (DAVID, 1992).

Foi utilizado, ao fundo, um anteparo negro para evidenciar o contraste e aumentar a nitidez das imagens nos filmes. A posição das câmeras não precisou ser controlada (característica do método) a não ser, obviamente, quanto ao enquadramento das imagens.

Os sujeitos tiveram alguns eixos articulares de interesse marcados com adesivos circulares. Os adesivos do sujeito atacante eram de cor branca para se destacarem de sua

pele morena. Ao contrário, o sujeito defensor foi marcado por adesivos negros para se destacarem de sua pele branca.

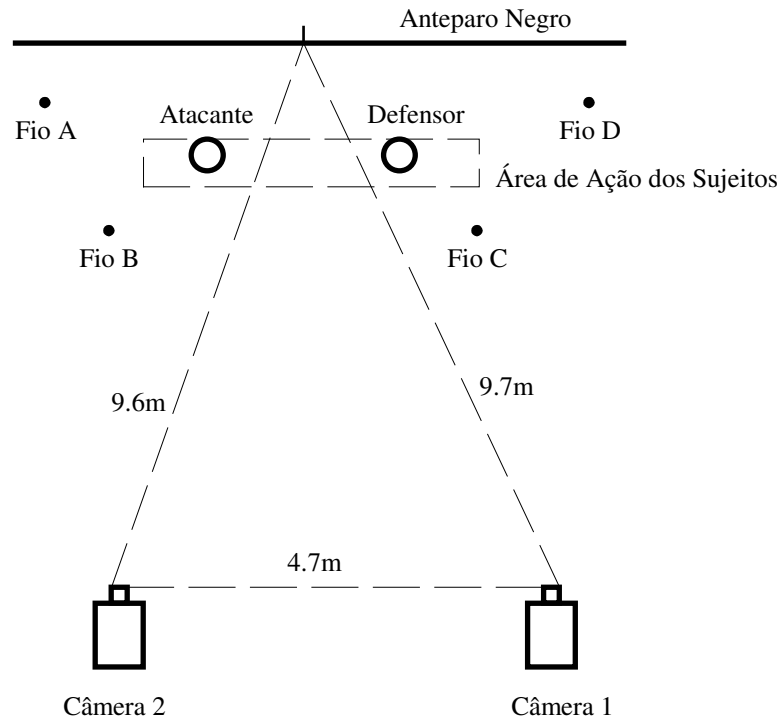


FIGURA 3 - Vista superior do estúdio de filmagem preparado para o experimento.

As articulações marcadas, no sujeito atacante, foram o quadril (região do trocanter maior do fêmur), o joelho (região entre os côndilos do fêmur e tíbia) e o tornozelo (maléolo lateral). O sujeito defensor teve a posição dos olhos marcados e das articulações do ombro (região do acrômio), cotovelo (região entre o epicôndilo lateral do úmero e a cabeça do rádio) e punho (processo estilóide da ulna). Adicionalmente as articulações do cotovelo e punho foram totalmente circundadas por fita adesiva, para garantir a visualização mesmo durante as fases do movimento nas quais os citados pontos pudessem não estar visíveis.

Após o completo aquecimento dos sujeitos, foram executadas algumas tentativas para familiarização com a situação experimental. A seguir, foram filmados 10 tomadas de ataque/defesa, com pausa entre cada uma para evitar possível fadiga ou queda dos níveis de motivação e atenção dos sujeitos.

Os filmes das duas câmeras, depois de revelados, foram analisados individualmente no analisador de imagens. Com o controle quadro-a-quadro e regulagem da velocidade de apresentação dos quadros, foi possível delimitar o momento de início de cada chute. Após este momento era feita a leitura das coordenadas, quadro-a-quadro, até o final da tomada, da seguinte forma: com um quadro definido, os marcadores X e Y do equipamento eram deslocados para um ponto no ambiente da filmagem (que valeu para todas tomadas filmadas) que foi pré-estabelecido como a origem do sistema cartesiano de coordenadas. Então os marcadores X e Y eram zerados e aquele foi, desta forma, o ponto de coordenadas zero no eixo X e zero no eixo Y. A seguir os marcadores eram movidos até se coincidirem sobre o eixo articular de interesse. Um indicador digital do equipamento mostrava os valores das coordenadas X e Y daquela articulação e assim sucessivamente até o final daquele quadro e para todos quadros subsequentes. A cada vez que os eixos se cruzavam sobre uma articulação os valores de X e Y eram anotados. Este procedimento foi repetido para os filmes das duas câmeras.

Os momentos de início do chute, início da defesa e contato perna/braço também foram definidos através da observação quadro-a-quadro das ações e determinação do quadro no qual ocorreu a primeira alteração significativa da posição do(s) membro(s) envolvido(s). Estes dados foram confirmados posteriormente através da análise das curvas de posição, velocidade e aceleração.

De posse destes dados que descreviam a posição espacial bidimensional de todos eixos articulares de todos quadros durante a execução dos chutes e defesas filmados nas duas câmeras, foi possível aplicar um método para reconstrução tridimensional das ações filmadas. O método DLT foi escolhido por apresentar inúmeras vantagens frente aos métodos fotogramétricos tradicionais. Entre suas vantagens, DAVID (1992) salientou que este método possibilitou a utilização de câmeras não-métricas para obtenção de coordenadas espaciais de pontos. A aplicação deste método foi possível através da utilização do programa computacional do DLT, que calculou as coordenadas tridimensionais (X, Y e Z) dos pontos marcados nos

sujeitos com base nas coordenadas bidimensionais (X e Y) obtidas no analisador de imagens e com base também em parâmetros oriundos de valores reais medidos nos pontos do calibrador e suas respectivas medidas nas imagens.

As coordenadas tridimensionais obtidas através do DLT compõem os dados espaciais do estudo. Os dados temporais, conforme já mencionado, foram obtidos do controle da velocidade das câmeras, que forneceu informação do intervalo de tempo entre os quadros (fotogramas) do filme com grande precisão. Desta forma, este conjunto de dados espaço-temporais possibilitaram o cálculo da posição, velocidade e aceleração angulares do joelho do atacante e do cotovelo do defensor.

O movimento angular foi escolhido como variável de estudo na descrição biomecânica por expressar simultaneamente o movimento de dois segmentos corporais envolvidos no ataque e na defesa, fornecendo assim uma visão mais global da ação dos sujeitos.

Como era esperado, os ângulos de flexão máxima e extensão máxima durante o movimento variaram consideravelmente entre as tentativas. Sendo assim os ângulos foram normalizados, pois o perfil dos ângulos sobre o tempo eram mais elucidativos e adequados que os ângulos absolutos. A normalização foi feita da seguinte forma: o maior ângulo alcançado foi designado 100 e o menor ângulo alcançado foi zero. Os ângulos intermediários foram calculados proporcionalmente para este intervalo. Este procedimento foi aplicado na articulação do joelho do atacante e cotovelo do defensor, separadamente.

Convencionou-se, também, que os movimentos que resultassem na diminuição dos ângulos (flexão das articulações do joelho e do cotovelo) seriam negativos e os movimentos que resultassem no aumento dos ângulos (extensão das articulações do joelho e do cotovelo) seriam positivos, como forma de indicação do sentido do movimento angular. Estes valores (positivo e negativo), relativos ao sentido do movimento angular, estiveram presentes apenas na determinação da velocidade, uma vez que os valores das posições angulares estavam normalizados e os valores positivo e

negativo da aceleração se referiram somente à variação da velocidade, e não à trajetória do movimento.

Através dos dados espaço-temporais primários, também foram calculadas a variável óptica τ , o parâmetro Δt e determinada a composição de τ a partir dos pontos de referência do quadril, joelho e tornozelo (veja no próximo capítulo o método de composição do τ e a estimativa do Δt , com detalhes).

Para medir a variação das curvas do ângulo normalizado do cotovelo, em função do τ e do TC, foi utilizada a expansão vertical (EV) (do termo original *vertical spread*), que representa a diferença entre o valor máximo e o valor mínimo das curvas a cada tempo (τ e TC). Esta medida foi utilizada por LEE et al (1983) para a mesma finalidade.

Os dados calculados foram submetidos a métodos de filtragem com a finalidade de eliminar os ruídos e facilitar a leitura dos mesmos. As curvas de ângulo normalizado foram alisadas através da função *Smoothing* do software Origin, com grau de alisamento de nove pontos. As curvas da velocidade angular, da aceleração angular, do τ e da EV foram alisadas pela função *FFT (Fast Fourier Transform) Smoothing* do software Origin, com grau de alisamento de cinco pontos, com duas repetições para cada conjunto de dados. Este procedimento de alisamento de dados espaciais através da Transformada Rápida de Fourier tem sido utilizado em situações similares por BOOTSMA (1988) e BOOTSMA & van WIERINGEN (1990).

3.6 Tratamento Estatístico

Este estudo utilizou em suas análises somente medidas de estatística descritiva, como desvio padrão e EV.

3.7 Limitações

O delineamento utilizado apresenta, segundo CAMPBELL & STANLEY (1963), duas fontes de possíveis fraquezas, com respeito, respectivamente, à sua validade interna e externa:

- Seleção dos sujeitos: constitui-se em um ponto de fraqueza por não se tratar de seleção aleatória. Os sujeitos apresentaram alto nível de performance, desta forma a generalização fica limitada ao nível de habilidade dos sujeitos;
- Interação entre a seleção dos sujeitos e variável experimental (as tarefas): constitui-se como ponto de fraqueza pois os sujeitos selecionados, apesar de atletas com alto nível de performance, poderiam apresentar execuções e afinidades diferenciadas para as técnicas de ataque e defesa escolhidas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na busca de verificar se a estratégia τ pode explicar o *timing* de ações interceptivas em situação de aproximação em aceleração variada, o presente estudo investigou como foram ajustadas as defesas *guedan barai* para os chutes *mae gueri* no Karatê-dô. O teste da hipótese da estratégia τ se deu através de uma medida da variação das ações do sujeito defensor em função de diferentes informações relativas a aproximação do sujeito atacante, que poderiam ser utilizadas para o sucesso da defesa.

O parâmetro adotado, relativo à ação, foi a posição angular da articulação do cotovelo na defesa *guedan barai*. As possíveis fontes de informação da aproximação do chute em relação ao defensor comparadas foram TC (o tempo real para o contato entre perna e braço) e τ (a variável óptica que fornece informação sobre TC). Sendo assim, esta medida da variação das ações (EV), frente a estas diferentes informações, foi utilizada como indicativo de qual estratégia estaria sendo privilegiada no controle do *timing* antecipatório. Uma baixa variação refletiria a utilização da referida informação.

A hipótese de que a variação das curvas dos ângulos normalizados do cotovelo em função da variável óptica τ , em um tempo anterior equivalente ao retardo viso-motor [$\tau(t-\Delta t)$], ao longo das tentativas, seria maior que a variação das curvas dos mesmos valores dos ângulos em função de TC não foi confirmada. A análise dos dados mostrou uma variação mais acentuada das curvas dos ângulos do cotovelo em função de τ do que em função de TC.

As curvas dos ângulos do cotovelo em função de τ mostraram uma EV máxima de 71.4, enquanto as curvas dos mesmos ângulos em função de TC mostraram uma EV máxima de 44.6 (ambos valores normalizados de zero a 100). Estes resultados mostraram uma situação oposta a esperada. Os sujeitos do estudo de LEE et al (1983), que claramente geraram suas ações para o τ e não para TC, apresentaram EV máxima das curvas das duas articulações em estudo em função de τ inferiores a 15, enquanto que as mesmas curvas em função de TC atingiram uma EV máxima entre 25 e 67 (todos valores normalizados de zero a 100).

As variações das curvas dos ângulos normalizados do cotovelo do sujeito defensor, tanto em função de τ como em função de TC, podem ser observadas nas Figuras 4 e 5. As curvas, nestas figuras, são apresentadas apenas até o instante em que os dados de todas tomadas estavam disponíveis para medida da EV, uma vez que ocorreu diferença entre as durações das ações ao longo das tomadas. Os valores da EV em função de τ não atingiram o zero. A comparação entre estes dois gráficos mostra que a variação das curvas em função de τ foram maiores, não apenas em seu ponto máximo, mas durante toda ação. Desta forma, os dados levantados não caracterizaram a adoção da estratégia τ na defesa *guedan barai* para o chute *mae gueri*, conforme a proposta de LEE et al (1983).

Os dados relativos a EV foram obtidos através da análise das curvas das figuras 6 e 7 (Veja, em anexo, as curvas individuais). Através delas pode-se visualizar, mais nitidamente, como já foi afirmado, as diferenças na variação das curvas do cotovelo para as informações de τ e TC.

Outro aspecto interessante da variável óptica τ , presente nas Figuras 6 e 7, se manifesta na diferença entre as escalas dos valores de τ e TC. Os valores de τ são sempre maiores que os de TC, pois a variável óptica τ foi estabelecida, em princípio, para uma situação de aproximação em velocidade constante.

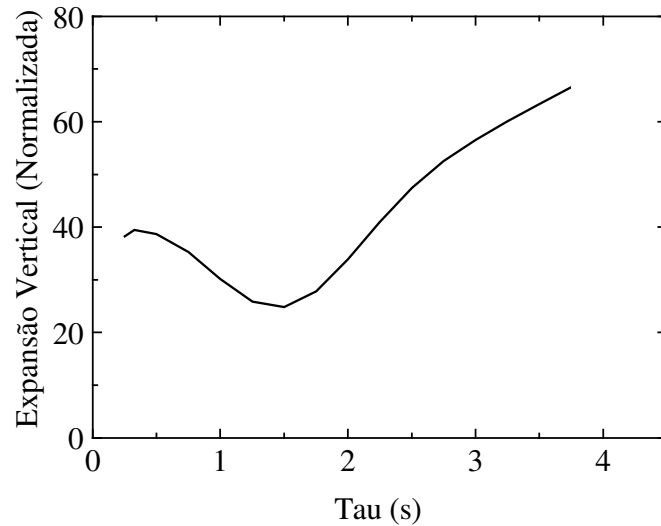


FIGURA 4 - Expansão vertical das curvas do ângulo (normalizado de zero a 100) do cotovelo do sujeito defensor durante o *guedan barai*, nas 10 tomadas, em função do τ (s).

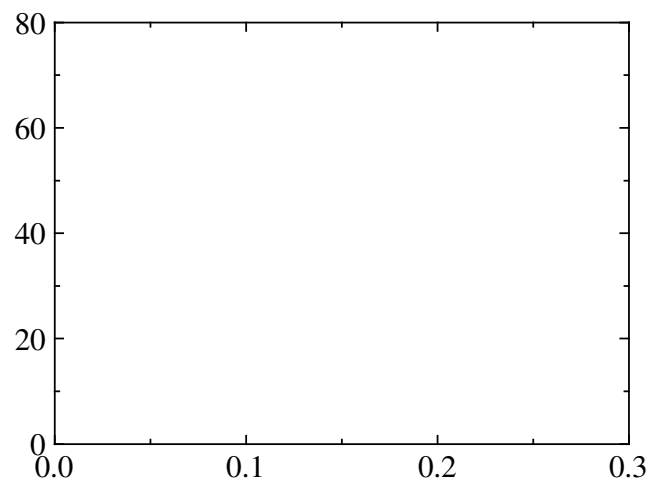


FIGURA 5 - Expansão vertical das curvas do ângulo (normalizado de zero a 100) do cotovelo do sujeito defensor durante o *guedan barai*, nas 10 tomadas, em função do TC (s).

Isto não significa que os seres humanos possam perceber e agir apenas neste caso, mas sim que os valores de τ seriam exatamente os mesmos de TC, a cada instante, se a aproximação de um objeto ou plano ocorresse em velocidade constante.

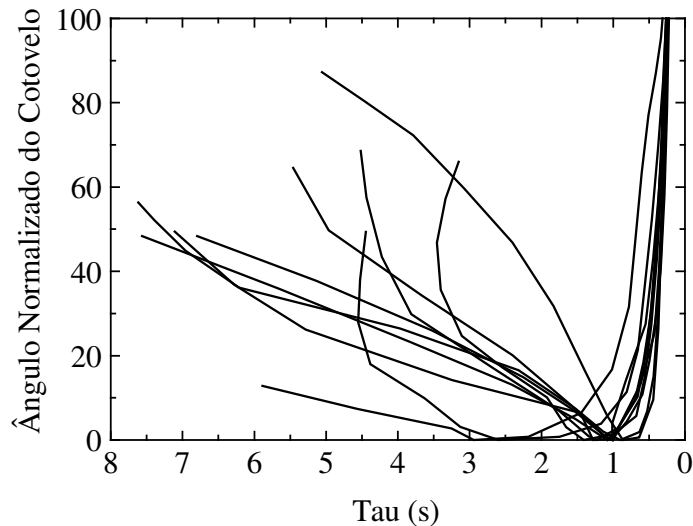


FIGURA 6 - Ângulo (normalizado de zero a 100) do cotovelo do sujeito defensor durante o *guedan barai*, nas 10 tomadas, em função do τ (s).

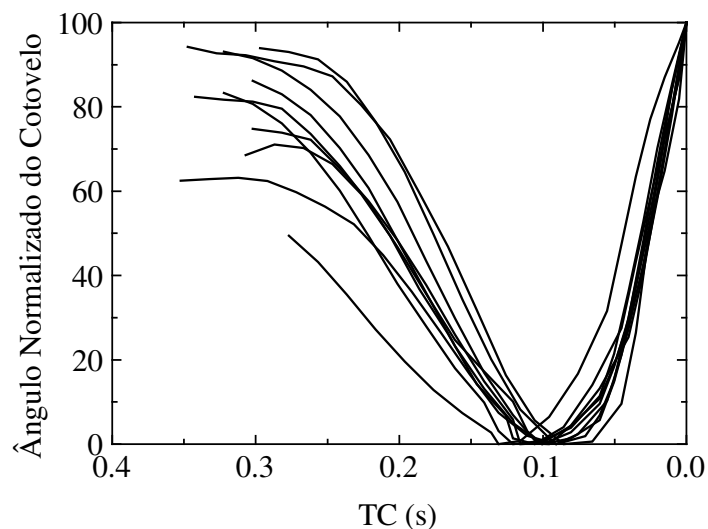


FIGURA 7 - Ângulo (normalizado de zero a 100) do cotovelo do sujeito defensor durante o *guedan barai*, nas 10 tomadas, em função do TC (s).

Para as aproximações com variações na velocidade, porém com aceleração constante, LEE et al (1983) estabeleceram três principais características da relação entre τ e TC: 1) os valores de τ sempre sobreestimaram TC; 2) as curvas de τ , em função de TC, para bolas caindo de diferentes alturas, tendem a convergir nas proximidades do contato. Isto faz com que os valores de τ proporcionem uma boa estimativa de TC, na referida condição, para valores de TC menores que 0.3 s; e 3) se qualquer valor particular de τ fosse considerado, poder-se-ia observar que o correspondente valor de

TC seria maior quanto maior fosse o tempo de queda da bola (ou, a altura da qual foi lançada). A Figura 8 mostra a relação entre τ e TC para o chute *mae gueri* se aproximando do sujeito defensor (Veja, em anexo, as curvas individuais).

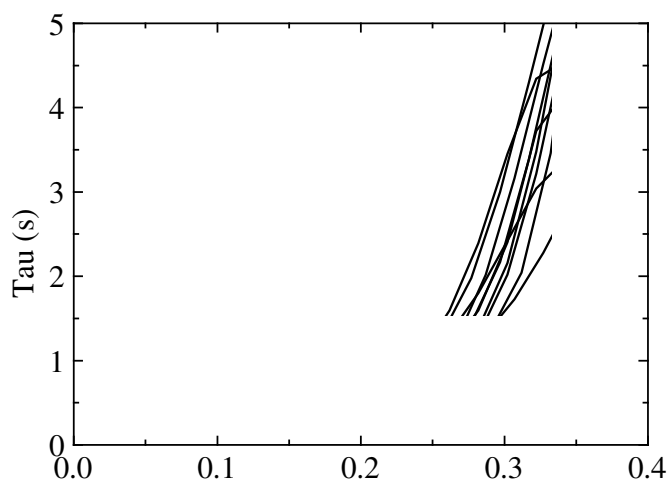


FIGURA 8 - A variável óptica τ (s) em função do TC (s), nas 10 tomadas.

Fazendo um paralelo com as afirmações de LEE et al (1983), algumas observações podem ser feitas: 1) os valores de τ também sobreestimaram os valores de TC; 2) as curvas de τ X TC também tendem a convergir nas proximidades do contato, porém percebe-se que os valores de τ estão muito próximos dos valores de TC apenas para, aproximadamente, valores menores que 0.15 s, devido às grandes alterações na aceleração do chute; e 3) neste caso, se qualquer valor particular de τ fosse considerado, não se poderia afirmar que o valor correspondente de TC seria maior quanto maior fosse, por exemplo, a duração do chute. Isto ocorreu porque o movimento de aproximação não estava sujeito a regularidade do padrão de aceleração. Em síntese, estas afirmativas sugerem que apesar da aceleração estar variando, τ forneceu uma boa estimativa do TC para valores menores que 0.15 s.

Os valores da variável óptica τ apresentados nas Figuras 4 e 6 não se referem unicamente à razão da distância do objeto em aproximação ao plano do olho pela sua velocidade de aproximação, mas sim a este valor em um intervalo de tempo anterior. Este intervalo hipotetizado é um parâmetro de retardo viso-motor (Δt), que é

considerado constante para um indivíduo executando uma ação particular em um certo nível de habilidade. Δt pode ser entendido como o intervalo de tempo necessário para que o sistema possa utilizar τ no controle. Sendo assim, as figuras anteriores se referem a $\tau (t-\Delta t)$.

LEE et al (1983) obtiveram de seus dados uma estimativa de Δt entre 0.05 e 0.135 s. Outros estudos têm apresentado resultados semelhantes referentes a este retardo. Nos estudos de BECKER & FUCHS (1969) sobre os movimentos sacádicos dos olhos, CARLTON (1981) sobre ações de pegada visualmente guiadas e BOOTSMA & van WIERINGEN (1990) sobre a batida de ataque no tênis de mesa obtiveram, respectivamente, estimativas de Δt de 0.13, 0.135 e entre 0.105 e 0.156 s. Todos estes resultados de retardos viso-motores, entretanto, parecem contrariar os estudos que, tradicionalmente, apontam que o tempo de reação visual dura, ao menos, 0.2 s. Discutindo esta questão, LEE et al (1983) argumentaram que a explicação para estes valores pode residir na natureza distinta das tarefas envolvidas, supondo que o tempo gasto para reagir a um estímulo discreto é maior que o tempo necessário para corrigir uma ação em progresso, em resposta a uma informação visual continuamente disponível. Concluindo, eles afirmaram que se o modelo por eles utilizado foi apropriado para um determinado tipo de ação, diferentes valores do parâmetro de retardo poderiam ser encontrados para tarefas que requerem diferentes modos de usar a informação.

A estimativa de Δt no presente estudo foi obtida pela computação dos ângulos normalizados do cotovelo do sujeito defensor durante o *guedan barai* contra os valores de τ de zero a 0.2 s, em intervalos de 0.005 s, para as 10 tomadas. Então, EV foi calculada para este período e determinado o ponto no qual EV foi mínima. Este intervalo da EV mínima até o contato representou Δt , cujo valor neste estudo foi de 0.165 s (Veja Figura 9).

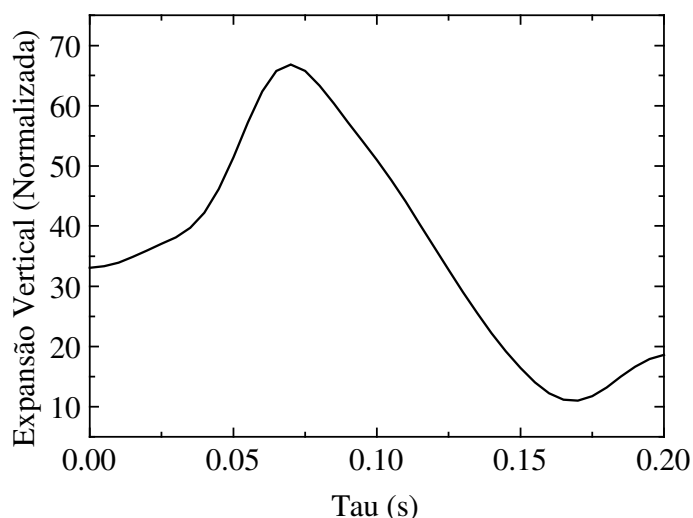


FIGURA 9 - Expansão vertical das curvas do ângulo (normalizado de zero a 100) do cotovelo do sujeito defensor durante o *guedan barai*, nas 10 tomadas, em função do τ (s).

BOOTSMA & van WIERINGEN (1990) argüiram que este ponto de mínima variação de τ (ou, a quantidade relativa de dilatação - o inverso de τ , como usaram) constitui uma evidência do último momento de controle possível. Desta forma o tempo entre o ponto no qual EV é mínimo e o ponto de contato refletiria o referido retardo na utilização da informação visual no controle da ação.

Os valores da variável óptica τ obtidos para este estudo merecem, ainda, uma consideração especial. Os estudos que envolvem τ têm trabalhado, principalmente, com a aproximação de objetos como bolas de diferentes tipos (BOOTSMA & van WIERINGEN, 1990; LEE et al ,1983; SARDINHA & BOOTSMA, 1993), ou mesmo com a aproximação do plano da água (LEE & REDDISH, 1981), entre outros. Em todos eles a fonte de referência para a determinação experimental de τ é um único ponto ou plano, pois a fonte de informação de TC é única.

No presente estudo tem-se uma situação de multiplicidade de fontes de TC, com diversos pontos de referência para a determinação de τ . A solução adotada foi a seguinte: após uma cuidadosa análise do chute *mae gueri* ter mostrado que diferentes pontos de preponderância no fornecimento da informação de TC se alternavam durante

a ação, optou-se por uma composição de τ , partindo destes pontos de referência (Veja Figura 10).

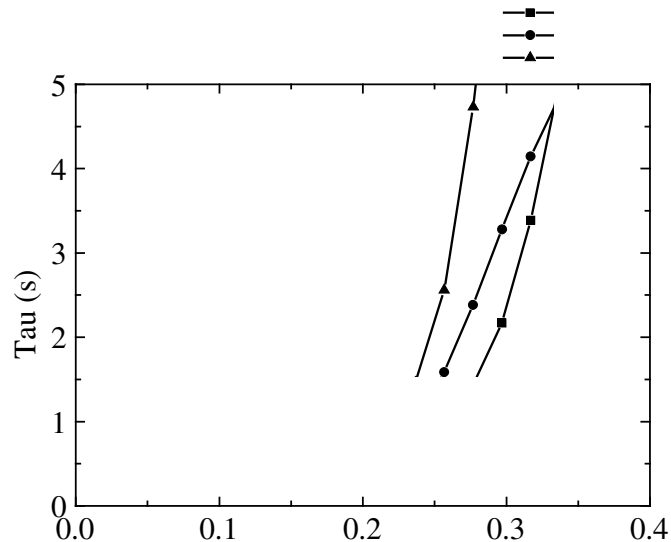


FIGURA 10 - A variável óptica τ (s), gerada com base na aproximação dos pontos do quadril, joelho e tornozelo do sujeito atacante ao plano do olho do sujeito defensor, em função do TC (s).

O chute *mae gueri*, inicialmente, mostrou uma aproximação do tronco do atacante, com a transferência do centro de gravidade a frente, antes mesmo que o pé do chute deixasse o solo. Neste período a referência foi o ponto da articulação do quadril, representando esta aproximação do tronco. A seguir, a informação de TC preponderante foi a do joelho que estava se elevando rapidamente. A referência para o cálculo de τ , então, passou a ser o ponto do joelho, representando a aproximação do segmento da coxa. Finalmente, após o joelho atingir seu ponto de maior elevação, a referência passou a ser o ponto do tornozelo, representando a aproximação do segmento da canela.

Desta forma, as curvas de τ apresentadas anteriormente foram compostas por este método. A Figura 10 exemplifica uma tomada com as curvas do τ calculado a partir dos pontos de referência do quadril, joelho e tornozelo, em função de TC. A curva final de τ utilizou partes das curvas de cada ponto de referência (Veja, em anexo, as curvas de todas as tomadas) .

As características biomecânicas das ações *mae gueri* e *guedan barai* também indicaram a particularidade das tarefas dos sujeitos, assim como a complexidade da análise da estratégia τ no Karatê-dô. As 10 tomadas filmadas apresentaram sucesso na tarefa de *timing* antecipatório, pois o objetivo do defensor de evitar que o chute o atingisse na região abdominal, foi alcançado em todas as ações. Um aspecto importante a ser mencionado com relação a tarefa de *timing* em questão, foi a forte interdependência entre o atacante e o defensor. A tarefa de defender um chute é imensamente diferente da tarefa de rebater uma bola, por exemplo, porque o chute, a cada instante, pode ser alterado, dada a intencionalidade e a variabilidade de controle das ações do atacante; já a bola, após deixar quem a lançou está sujeita não só à constância da ação da gravidade, mas à regularidade da trajetória e à sua condição inanimada.

As Figuras 11, 12, 13, 14, 15 e 16 apresentam as posições angulares normalizadas, velocidades angulares e acelerações angulares do joelho do atacante e do cotovelo do defensor, respectivamente, das 10 tomadas filmadas. As linhas pontilhadas representam o momento do contato entre perna do sujeito atacante e braço do sujeito defensor (Veja, em anexo, as curvas individuais).

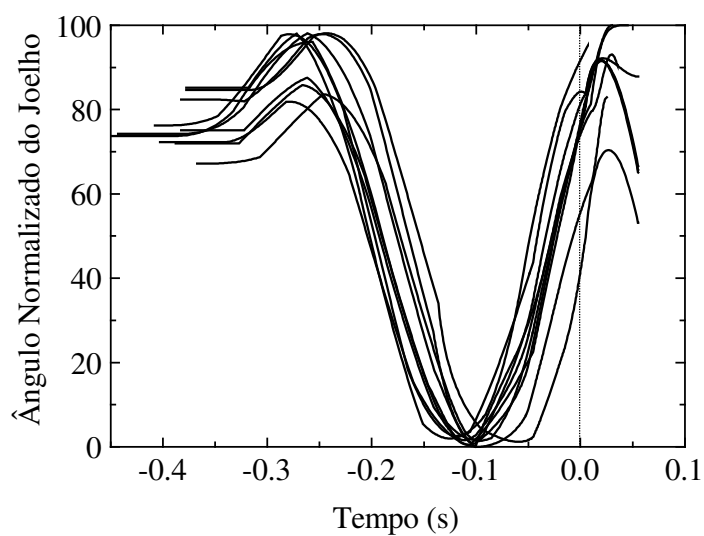


FIGURA 11 - Ângulo (normalizado de zero a 100) do joelho do sujeito atacante durante o *mae gueri*, nas 10 tomadas, em função do tempo (s).

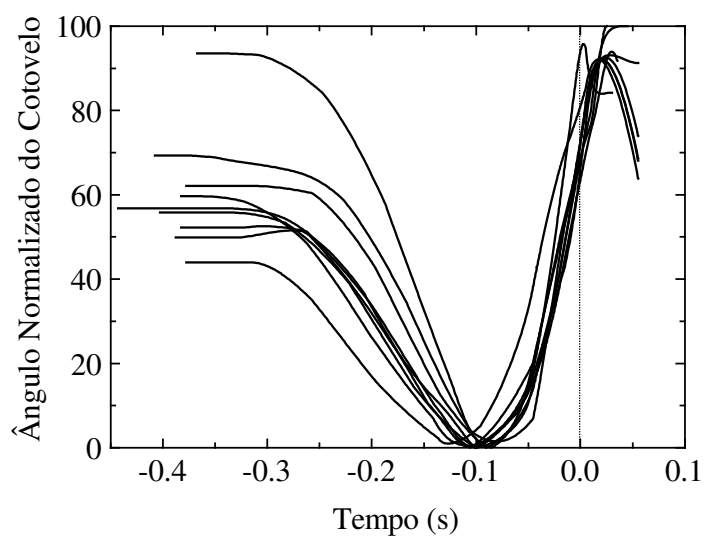


FIGURA 12 - Ângulo (normalizado de zero a 100) do cotovelo do sujeito defensor durante o *guedan barai*, nas 10 tomadas, em função do tempo (s).

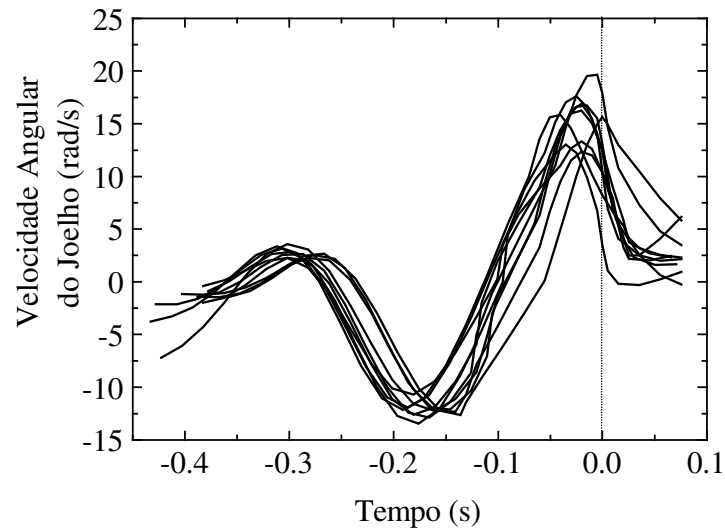


FIGURA 13 - Velocidade angular (rad/s) do joelho do sujeito atacante durante o *mae gueri*, nas 10 tomadas, em função do tempo (s).

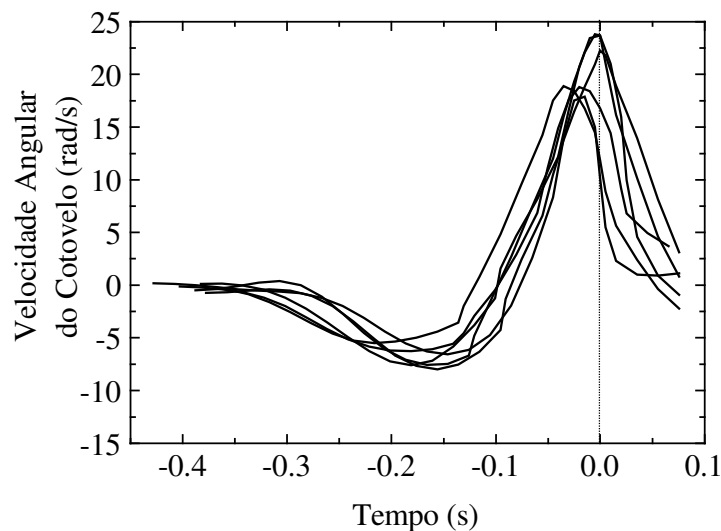


FIGURA 14 - Velocidade angular (rad/s) do cotovelo do sujeito defensor durante o *guedan barai*, nas 10 tomadas, em função do tempo (s).

Os padrões de variação da ação *guedan barai*, neste estudo, foram razoavelmente semelhantes às variações das ações envolvidas na batida da bola (movimentos das articulações do joelho e cotovelo) no estudo de LEE et al (1983). O desvio padrão máximo dos ângulos normalizados do cotovelo do sujeito defensor foi 15.1, enquanto os desvios padrão encontrados por Lee variaram entre 8 e 28 (todos valores normalizados de zero a 100).

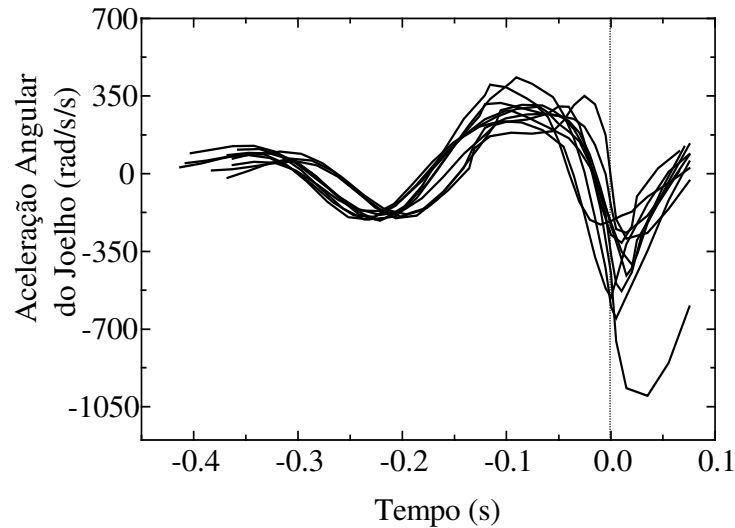


FIGURA 15 - Aceleração angular (rad/s/s) do joelho do sujeito atacante durante o *mae gueri*, nas 10 tomadas, em função do tempo (s).

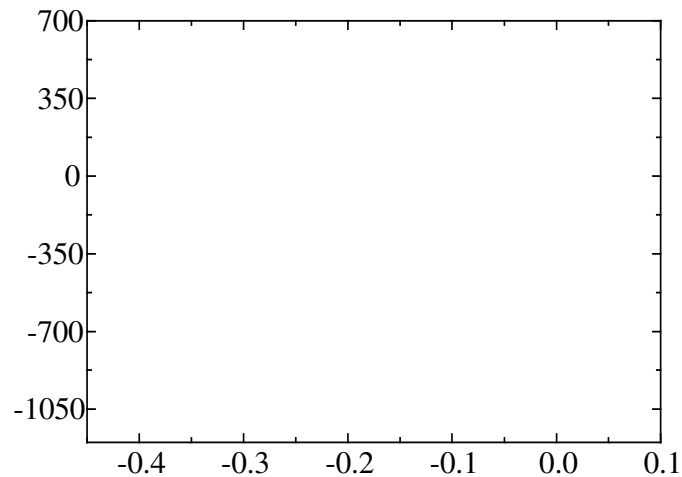


FIGURA 16 - Aceleração angular (rad/s/s) do cotovelo do sujeito defensor durante o *guedan barai*, nas 10 tomadas, em função do tempo (s).

Outro aspecto interessante, nas ações estudadas, reside na duração do chute *mae gueri* e defesa *guedan barai*. A tabela 1 mostra as durações destas duas ações nas 10 tomadas. O estudo de LEE et al (1983) observou a ação de bater em uma bola em queda livre, com duração aproximada de 0.7 s; BOOTSMA & SARDINHA (1993) estudaram a batida do voleibol, com duração de aproximadamente 0.4 s; BOOTSMA & van WIERINGEN (1990) e BOOTSMA (1988) estudaram a ação da batida do tênis de mesa de aproximadamente 0.2 s de duração. O presente estudo analisou a ação *guedan barai* com duração aproximada de 0.3 s.

TABELA 1 - Durações (s) das ações *Mae gueri* e *Guedan barai* em cada tomada

| Tomada | Duração do <i>mae gueri</i> (s) | Duração do <i>guedan barai</i> (s) |
|--------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 0.407 | 0.307 |
| 2 | 0.377 | 0.276 |
| 3 | 0.422 | 0.322 |
| 4 | 0.407 | 0.307 |
| 5 | 0.402 | 0.302 |
| 6 | 0.447 | 0.347 |
| 7 | 0.397 | 0.296 |
| 8 | 0.402 | 0.302 |
| 9 | 0.442 | 0.342 |
| 10 | 0.453 | 0.352 |

O estudo de LEE et al (1983) constatou que para os 0.3 s anteriores ao contato não houve diferenças entre as informações do τ e do TC. Este dado, válido para a situação de aceleração constante, sugere que os sujeitos dos estudos de BOOTSMA & van WIERINGEN (1990), BOOTSMA (1988) e SARDINHA & BOOTSMA (1993) tiveram a informação do τ muito próxima do TC, ao longo da ação toda (0.2 s) ou grande parte dela (0.3 s dos 0.4 s da duração total), respectivamente.

Para a situação de aceleração variada, o presente estudo observou que as informações do τ e do TC foram muito semelhantes apenas 0.15 s anteriores ao contato (conforme Figura 8), o que correspondeu a metade final de suas ações (0.15 s dos 0.3 s da duração total).

Outro aspecto que poderia ter influenciado a utilização ou não da estratégia τ é o período de tempo no qual a informação de aproximação do objeto (ou chute) esteve disponível para os sujeitos, anteriormente ao início de suas ações. Nas ações mais longas este período de disponibilidade é maior, como no estudo de LEE et al (1983), no qual as bolas foram soltas 0.78, 1.01 e 1.21 s antes do contato (para as respectivas alturas de 3, 5 e 7.2 m), ou mesmo no estudo de SARDINHA & BOOTSMA (1993), no qual as bolas foram lançadas aproximadamente 1.4 s antes do contato. No presente estudo, a informação de aproximação do *mae gueri* esteve muito pouco tempo a

disposição do sujeito defensor, antes do início do *guedan barai*. Este tempo de disponibilidade desta informação (equivalente a diferença entre as durações do *mae gueri* e do *guedan barai* da Tabela 1) foi aproximadamente 0.1 s nas 10 tomadas.

Estes dois aspectos levantados, relativos a duração das ações (o período de semelhança entre τ e TC durante as ações e a disponibilidade da informação de aproximação da bola/chute) são úteis para caracterizar as diferenças entre os resultados dos estudos citados, com relação a confirmação ou não da estratégia τ . É importante frisar que os estudos de BOOTSMA & van WIERINGEN (1990), BOOTSMA (1988) e SARDINHA & BOOTSMA(1993) assumiram as previsões da estratégia τ , mas não objetivaram averiguar as diferenças entre gerar ações para o τ e gerá-las para o TC, de modo distinto. LEE et al (1983) se ateve a este problema, onde confirmaram a hipótese de utilização da estratégia τ , porém em ações de duração mais longa que a do presente estudo.

Em síntese, este trabalho não obteve a confirmação da hipótese de utilização da estratégia τ , pois as variações apresentadas pelas ações *guedan barai* em função da variável óptica τ , com um retardo viso-motor de 0.165 s, foram maiores que as variações apresentadas pelas mesmas ações em função do TC. Para esta específica situação de aproximação do chute *mae gueri*, as informações do τ e do TC foram muito semelhantes nos 0.15 s antes do contato. As peculiaridades da multiplicidade informacional, da situação de aceleração variada e da duração das ações mostraram características exclusivas deste estudo, que devem ser lembradas ao compará-lo com a literatura.

5. CONCLUSÕES

Frente aos resultados e discussão apresentados neste trabalho, conclui-se que não ficou evidente a utilização da estratégia τ no timing da ação interceptiva *guedan barai*. É importante, no entanto, levantar neste momento alguns pontos de reflexão sobre esta conclusão. Primeiramente, vale lembrar a confirmação da utilização da variável óptica τ

na absoluta maioria dos estudos sobre o assunto, como por exemplo LEE et al. (1983), LEE & REDDISH (1981), LEE et al (1977, 1982), BOOTSMA (1988), BOOTSMA & van WIERINGEN (1990), SARDINHA & BOOTSMA (1993) e SAVELSBERGH et al (1991), entre outros.

Um segundo ponto foi a utilização de parâmetros metodológicos semelhantes ao de LEE et al (1983) no teste da estratégia τ numa situação com as seguintes diferenças: 1) a aproximação do chute *mae gueri* em relação ao sujeito defensor apresentou aceleração variada; 2) a duração da ação interceptiva observada foi aproximadamente 0.3 ms; e 3) a multiplicidade de fontes de informação, solucionada neste estudo pela composição de τ . As citadas diferenças refletem um aumento na complexidade do problema a ser investigado, se comparado com a literatura sobre o assunto; No entanto, convém frisar que a metodologia e análises podem não terem sido adequadas para tal nível de complexidade.

Neste sentido de aprofundamento metodológico, são feitas algumas sugestões para futuras pesquisas: 1) que para as situações de aproximação em aceleração variada seja estabelecido com maior rigor matemático o padrão de variação da aceleração das ações, através, por exemplo, do estabelecimento de funções que definam o movimento variado em estudo; 2) que para a aproximação de movimentos angulares de distintos planos (segmentos), como neste caso do *mae gueri*, seja investigada especificamente a forma de expansão da imagem na retina, como no estudo de SAVELSBERGH et al (1991); e 3) que seja investigada também a variável óptica *tau-dot*, que representa a quantidade de mudança de τ , como na teoria de LEE (1976) sobre a frenagem de veículos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERNETHY, B., BURGESS-LIMERICK, R. Visual information for timing of skilled movements: a review. In: SUMMERS, J. J. (Ed.). Approaches to the Study of Motor Control and Learning. Amsterdam: Elsevier Science, 1992.

- BECKER, W., FUCHS, A. T. Further properties of the human saccadic system: eye movements and correction with and without fixation points. Vision Research, v. 9, p. 1247-1258. 1969.
- BERNSTEIN, N. The co-ordination and regulation of movement. Oxford: Pergamon, 1967.
- BOOTSMA, R. J. The timing of rapid interceptive actions: perception-action coupling in the control and acquisition of skill. Amsterdam: Free University, 1988.
- ___ Accuracy of perceptual process subserving different perception-action systems. Quarterly Journal of Experimental Psychology, v. 41A, p. 489-500. 1989.
- BOOTSMA, R. J., van WIERINGEN, P. C. W. Visual control of an attacking forehand drive in table tennis. In: MEIJER, O. G., ROTH, K. (Eds.). Complex Movement Behaviour: The 'Motor-Action' Controversy. Amsterdam: North-Holland, 1988.
- ___ Timing an attacking forehand drive in table tennis. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, v. 16, n. 1, p. 21-29. 1990.
- BRUCE, V., GREEN, P. Visual perception: physiology, psychology and ecology. London: Lawrence Erlbaum, 1985.
- CAMPBELL, D. T., STANLEY, J. C. Experimental and quasi-experimental designs for research. Chicago: Rand McNally College, 1966.
- CANFIELD, J. T. A intencionalidade e os sistemas dinâmicos. Kinesis, v. 7, p. 31-40. 1991.

CARLTON, L. G. Processing visual feedback information for movement control. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, v. 7, p. 1019-1030. 1981.

CAVALLO, V., LAURENT, M. Visual information and skill level in time-to-collision estimation. Perception, v. 17, p. 623-632. 1988.

DAVID, A. C. Um novo método fotogramétrico adequado a análises biomecânicas: comparação com o método DLT (transformação linear direta). Santa Maria: UFSM, 1992. Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Federal de Santa Maria, 1992.

DIETZ, V., NOTH, J. Pre-innervation and stretch responses of triceps brachii in man falling with and without visual control. Brain Research, v. 142, p. 576-579. 1978.

FITCH, H. L., TULLER, B., TURVEY, M. T. The Bernstein perspective III: tuning of coordinative structures with special reference to perception. In: KELSO, J. A. S. (Ed.). Human motor behavior: an introduction. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1982.

FITCH, H. L., TURVEY, M. T. On the control of activity: some remarks from an ecological point of view. In: LANDERS, D. M., CHRISTINA, R. W. (Eds.). Psychology of Motor Behavior and Sport. Champaign, IL: Human Kinetics, 1977.

FODOR, J. A., PYLYSHIN, Z. W. How direct is visual perception? some reflections on Gibson's "ecological approach". Cognition, v. 9, p. 139-196. 1981.

GIBSON, J. J. Ecological optics. Vision Research, v. 1, p.253-262. 1961.

____ The senses considered as perceptual systems. Boston: Houghton-Mifflin. 1966.

___ The theory of affordance. In: SHAW, R., BRANSFORD, J. (Eds.). Perceiving, acting and knowing. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1977.

___ The ecological approach to visual perception. Boston: Houghton-Mifflin, 1979.

KELSO, J. A. S., HOLT, K. G., KUGLER, P. N. et al. On the concept of coordinative structures as dissipative structures II: empirical lines of convergence. In: STELMACH, G. E., REQUIN, J. (Eds.). Tutorials in motor behavior. Amsterdam: North-Holland, 1980.

KUGLER, P. N., KELSO, J. A. S., TURVEY, M. T. On the concept of coordinative structures as dissipative structures I: theoretical lines of convergence. In: STELMACH, G. E., REQUIN, J. (Eds.). Tutorials in motor behavior. Amsterdam: North-Holland, 1980.

LEE, D. N. Visual information during locomotion. In: Mac LEOD, R. B., PICK Jr, H. L. (Ed.). Perception: essays in honor of James J. Gibson. London: Cornell University, 1974.

___ A theory of visual control of braking based on information about time-to-collision. Perception, v. 5, p. 437-459. 1976.

___ The optic flow field: the foundation of vision. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, v. 290, p.169-179. 1980a.

___ Visuo-motor coordination in space-time. In: STELMACH, G. E., REQUIN, J. (Eds.). Tutorials in motor behavior. Amsterdam: North-Holland, 1980b.

LEE, D. N., ARONSON, E. Visual proprioceptive control of standing in human infants. Perception and Psychophysics, v. 15, p.529-532. 1974.

- LEE, D. N., LISHMAN, J. R. Visual Proprioceptive Control of Stance. Journal of Human Movement Studies, v. 1, p. 87-95. 1975.
- ___ Visual Control of Locomotion. Scandinavian Journal of Psychology, v. 18, p. 224-230. 1977.
- LEE, D. N., LISHMAN, J. R., THOMSON, J. Visual guidance in the long jump. Athletics Coach, v.11, p. 26-30 . 1977.
- ___ Regulation of gait in long jumping. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, v. 8, n. 3, p. 448-459. 1982.
- LEE, D. N., REDDISH, P. E. Plummeting gannets: a paradigm of ecological optics. Nature, v. 293, n. 5840, p. 93-294. 1981.
- LEE , D. N., YOUNG, D. S. Visual timing of interceptive action. In: INGLE, D., JEANNEROD, M., LEE, D. N. (Eds.). Brain mechanisms ans spatial vision. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1985.
- ___ Gearing action to the enviroment. In: HEUER, H., FROMM, C. (Eds.). Gearing and Modulation of Action Patterns. Berlim: Springer-Verlag, 1986.
- LEE, D. N., YOUNG, D. S., REDDISH, P. E. et al. Visual timing in hitting and accelerating ball. Quarterly Journal of Experimental Psychology, v. 35A, p. 333-346. 1983.
- LISHMAN, J. R., LEE, D. N. The autonomy of visual kinaesthesia. perception, v. 2, p. 287-294. 1973.

LOMBARDO, T. J. The reciprocity of perceiver and environment: the evolution of James J. Gibson's ecological psychology. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1987.

MARR, D. Vision: a computational investigation into the human representation and processing of visual information. San Francisco: W.H. Freeman & Co, 1982.

MICHAELS, C. F., CARELLO, C. Direct perception. New Jersey: Prentice- Hall, 1981.

REED, E. Descarte's corporeal hypothesis and the origin of scientific psychology. Review of Metaphysics, v.35, p. 731-752. 1982.

SARDINHA, L. F., BOOTSMA, R. J. Controlling hand velocity in spiking a ball. In: VALENTI, S. S., PITTENGER, J. B. (Eds.). Studies in perception and action II. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1993.

SAVELSBERGH, G. J. P. Catching Behaviour. Meppel: Krips, 1990.

SAVELSBERGH, G. J. P., WHITING, H. T. A., BOOTSMA, R. J. Grasping tau. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, v. 17, n. 2, p. 315-322. 1991.

SAVELSBERGH, G. P. J., WHITING, H. T. A., CANFIELD, J. T. Abordagens cognitiva (processamento de informações) e ecológica na ação interceptiva da pegada: uma revisão. Kinesis, v. 5, n.2, p. 179-195. 1989.

SHAW, R. E., PITTENGER, J. Perceiving change. In: PICK, H. L., SALTZMAN, E. (Eds.). Modes of Perceiving and Processing Information. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1978.

- TODD, J. T. Visual information about moving objects. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, v. 7, n. 4, p. 795-810. 1981.
- TULLER, B., TURVEY, M. T., FITCH, H. L. The Bernstein perspective II: the concept of muscle linkage or coordinative structure. In: KELSO, J. A. S. (Ed.). Human motor behavior: an introduction. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. 1982.
- TURVEY, M. T., CARELLO, C. The ecological approach to perceiving-acting: a pictorial essay. Acta Psychologica, v. 63, p. 133-155. 1986.
- TURVEY, M. T., FITCH, H. L., TULLER, B. The Bernstein perspective I: The problems of degrees of freedom and context-conditioned variability. In: KELSO, J. A. S. (Ed.). Human motor behavior: an introduction. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. 1982.
- TURVEY, M. T., SHAW, R. E., REED, E. S. et al. Ecological laws of perceiving and acting: in reply to Fodor and Phylyshyn. Cognition, v.9, p. 237-304. 1981.
- TYLDESLEY, D. A., WHITING, H. T. A. Operational timing. Journal of Human Movement Studies, v. 1, p. 172-177. 1975.
- WARREN Jr., W. H. Perceiving affordances: visual guidance of stair climbing. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, v. 10, n. 5, p. 683-703. 1984.
- ___ Action modes and laws of control for the visual guidance of action. In: MEIJER, O. G., ROOTH, K. (Eds.). Complex movement behaviour: the motor-action controversy. Amsterdam: Elsevier Science, 1988.

WARREN Jr., W. H., SHAW, R. E. Events and encounters as units of analysis for ecological psychology. In: WARREN Jr., W. H., SHAW, R. E. (Eds.). Persistence and change. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. 1985.

WARREN Jr., W. H., YOUNG, D. S., LEE, D. N. Visual control of step length during running over irregular terrain. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, v. 12, p. 259-266. 1986.