UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA E ESPORTE DE RIBEIRÃO PRETO

Jônatas Augusto Cursiol

Efeito da fadiga sobre o desempenho no goalball

Ribeirão Preto

2020

JÔNATAS AUGUSTO CURSIOL

Efeito da fadiga sobre o desempenho no goalball

Versão corrigida

(Versão original encontra-se na unidade que aloja o Programa de Pós-graduação)

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação Educação Física e Esporte

Área de concentração: Atividade Física e Esporte

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Augusto Barbieri

Ribeirão Preto

2020

Autorizo a divulgação parcial ou total deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo ou pesquisa, desde que citada a fonte.

Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

Cursiol, Jônatas Augusto

Efeito da fadiga sobre o desempenho no goalball/ Jônatas Augusto Cursiol, orientador, Ricardo Augusto Barbieri - Ribeirão Preto, 2020. 97p.

Dissertação de mestrado - Programa de Pós-Graduação da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.
Área de concentração: Atividade Física e Esporte.

1. Goalball. 2. Fadiga. 3. Twitch Interpolation. 4. Penalidade. 5.
Cinemática tridimensional. I. Efeito da fadiga sobre o desempenho no goalball.

Nome: Cursiol, Jônatas Augusto

Título: Efeito da fadiga sobre o desempenho no goalball

Dissertação apresentada à Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre em Ciências, Programa de Pós-Graduação Educação Física e Esporte

Aprovado em: 13 de novembro de 2020

Banca Examinadora

Prof. Dr. Ciro Winckler de Oliveira Filho

Instituição: Universidade Federal de São Paulo/Departamento de Ciências do Movimento Humano

Julgamento: Aprovado

Profa. Dra. Fúlvia de Barros Manchado Gobatto

Instituição: Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Ciências Aplicadas/Departamento de Ciências do Esporte

Julgamento: Aprovado

Prof. Dr. Márcio Pereira Morato

Instituição: Universidade de São Paulo/ Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto

Julgamento: Aprovado

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que foram meus professores, em especial àqueles que me abriram as portas durante o mestrado para explorar e me aprofundar em conhecimentos singulares para o meu amadurecimento acadêmico e condução da minha pesquisa.

Agradeço à minha mãe Regina Bernadeti Cursiol, por ser a minha maior incentivadora, por querer o meu bem mais do que ninguém e fazer tudo o que tiver ao seu alcance para tal.

À minha namorada Bruna Rodrigues Prior, por estar comigo durante todo o período do mestrado, sempre paciente, compreensível, uma companheira maravilhosa a quem pude desabafar abertamente e receber compaixão, carinho e apoio.

Ao Prof. Dr. Ricardo Augusto Barbieri, meu orientador, que sempre me encorajou e orientou para fazer o melhor trabalho possível, mostrando os caminhos e me possibilitando concluir com sucesso cada etapa do mestrado.

Ao Luiz Henrique Palucci Vieira, o Nerd, que foi meu companheiro de graduação e hoje, no doutorado, é um excelente pesquisador conhecedor da biomecânica aplicada ao esporte, pela paciência ao me ensinar os procedimentos de análise cinemática.

Aos colegas do grupo de estudos em ciências fisiológicas e exercício (GECIFEX): Marcelo Papoti, Carlos Kalva-Filho, Danilo Bertucci, Vitor Andrade, João Paulo Loures, Matheus Silva Norberto, Gabriel Luches, Carlos Dellavechia, Felipe Alves, Leonardo Rocha, Vitor Serrano, Camila Gardim, Julia Andreossi, Yan Figueiredo, Ronaldo Gobbi, Marçal Vieira, e especialmente à Tarine Botta de Arruda, minha amiga e grande colaboradora na execução dos estudos deste trabalho, e Isabella Alves, que possibilitou o meu ingresso no universo do goalball e tanto colaborou para este pesquisa.

Aos meus amigos, Leonardo Serrano Rodrigues, Nayara Pansardis Lisboa Almeida, que juntamente com a Tarine e minha namorada Bruna, compartilharam comigo durante o período de mestrado as mais sinceras risadas, desabafos, ajuda com os mais diversos assuntos, e comilanças, fazendo com que eu sempre me sentisse bem acompanhado e amparado.

À Associação dos Deficientes Visuais de Ribeirão Preto e Região (ADEVIRP), por me proporcionar a oportunidade de realizar um trabalho que me dá muita satisfação, e à sua equipe masculina de goalball, por confiarem no meu trabalho, por tudo que me ensinam sobre eficiência e sobre a vida, e por se empenharem ao máximo nos treinamentos, competições e coletas para as minhas investigações.

RESUMO

Cursiol J.A. (2020). *Efeito da fadiga sobre o desempenho no goalball* (Dissertação de Mestrado). Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

A presente dissertação é composta por dois estudos com participação voluntária de treze jogadores homens de goalball com o objetivo de examinar os parâmetros neuromusculares, fisiológicos e de desempenho técnico do jogo (DTJ) em três jogos simulados de goalball consecutivos, e a influência da fadiga induzida por um teste incremental específico para o goalball (TIEG) sobre a acurácia e velocidade da bola (V_{BOLA}) em arremessos de um protocolo de cobranças de penalidade. O primeiro estudo contou com avaliações em repouso e em três jogos simulados de goalball de parâmetros neuromusculares por meio de contrações isométricas voluntárias máximas dos músculos extensores de joelho (CIVM) e da técnica *Twitch Interpolation*, concentração de lactato sanguíneo ($[La^-]$), e frequência cardíaca (FC), percepção subjetiva de esforço (PSE) e desempenho técnico de jogo (DTJ). O segundo estudo consistiu em avaliações pré e pós de $[La^-]$, PSE, força pico e força média em CIVM, acurácia e V_{BOLA} através de análises cinemáticas bidimensional e tridimensional, respectivamente. As comparações foram realizadas através de estatísticas bayesianas. Os principais resultados do estudo um foram: (i) a força muscular diminuiu significativamente após os jogos 2 e 3, indicando a presença de fadiga neuromuscular; (ii) o comportamento da FC se mantém predominantemente em uma faixa equivalente a atividade de intensidade moderada; (iii) PSE e FC explicam mais sobre a variabilidade em parâmetros do DTJ do que variáveis neuromusculares. O estudo dois mostrou que a fadiga aguda induzida pelo TIEG não alterou os parâmetros de desempenho do arremesso. Esses resultados sugerem que atletas com menor força muscular nos membros inferiores e maior percepção subjetiva de esforço são susceptíveis a arremessar menos durante o jogo, demandando um maior tempo de recuperação entre jogos de goalball em uma competição. Além disso, embora curtos intervalos de recuperação entre as partidas possam ser responsáveis pela instauração de fadiga central em músculos extensores do joelho, estados avançados de fadiga podem não impactar negativamente a acurácia e V_{BOLA} no arremesso da cobrança de penalidade do goalball.

Palavras-chave: Goalball; Fadiga; *Twitch Interpolation*; Penalidade; Cinemática tridimensional.

ABSTRACT

Cursiol, J. A. (2020). *Effect of fatigue on goalball performance* (Dissertação de Mestrado). Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

The present dissertation consists of two studies with voluntary participation of thirteen male goalball players in order to examine the neuromuscular, physiological and game technical performance parameters in three simulated consecutive goalball games, as well as the influence of an incremental test specific to goalball (ITSG) on the accuracy and ball velocity (V_{BALL}) in a penalty throwing protocol. The first study had assessments at rest and in three simulated goalball games of neuromuscular parameters through isometric maximal voluntary contractions (IMVC) of the knee extensor muscles and the Twitch Interpolation technique, blood lactate concentration ($[La^-]$), heart rate (HR), rating of perceived exertion (RPE) and game technical performance (GTP). The second study consisted of pre and post evaluations of $[La^-]$, RPE, peak force and mean force in IMVC, and accuracy and V_{BALL} through two-dimensional and three-dimensional kinematic analyses, respectively. Comparisons were made using Bayesian statistics. The main results of study one were: (i) muscle strength decreased significantly after games 2 and 3, indicating the presence of neuromuscular fatigue; (ii) the behaviour of HR remains predominantly in a range equivalent to the activity of moderate intensity; (iii) RPE and HR explain more about the variability in GTP parameters than neuromuscular variables. Study two showed that the acute fatigue induced by ITSG did not alter the performance parameters of penalty throws. These results suggest that athletes with lower muscle strength in the lower limbs and greater ratings of perceived exertion are likely to throw less during the game, requiring a longer recovery time between goalball games in a competition. In addition, although short recovery intervals between games may be responsible for the establishment of central fatigue in the knee extensor muscles, advanced fatigue states may not negatively impact accuracy and V_{BALL} in the goalball penalty shootout.

Keywords: Goalball; Fatigue; Twitch Interpolation; Penalty shootout; Three-dimensional kinematics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Quadra de goalball	21
Figura 2.2 - Arremesso frontal	28
Figura 2.3 - Arremesso com giro.....	29
Figura 2.4 - Arremesso entre pernas.....	29
Figura 2.5 - Divisão setorial da quadra	30
Figura 2.6 - Trajetória dos arremessos	31
Figura 2.7 - Ilustração suavizada da resposta em força quando é aplicada a técnica <i>Twitch Interpolation</i> : (A) conjunto de TC + TS; e (B) conjunto TS + TP. Sendo TC – <i>Twitch Control</i> ; TS - <i>Twitch Superimposed</i> ; TP - <i>Twitch Potentiated</i>	39
Figura 3.1 - Desenho experimental da série de trabalhos que compõem a presente dissertação de mestrado.....	43
Figura 4.1 - Organograma das avaliações dos jogos simulados de goalball.....	49
Figura 4.2 - Desenho representativo do protocolo utilizado para a avaliação neuromuscular .	51
Figura 4.3 - Imagens da quadra (câmeras 1 e 2).....	54
Figura 4.4 - Porcentagens de tempo gasto em diferentes faixas de frequência cardíaca durante os jogos 1, 2 e 3	57
Figura 4.5 - Porcentagens de tempo gasto em baixa atividade (< 65% FC _{MÁX}), atividade moderada (65 – 85% FC _{MÁX}) e atividade muito vigorosa (> 85% FC _{MÁX}) durante os jogos 1, 2 e 3	58
Figura 5.1 - Organograma da avaliação das cobranças de penalidade no goalball.....	70
Figura 5.2 - Trajetórias dos arremessos propostas no presente protocolo de cobranças de penalidade.....	71
Figura 5.3 - Referenciais do posicionamento das câmeras e da área calibração utilizada para mensuração da velocidade da bola	73
Figura 5.4 - Enquadramento da câmera 1, posicionada frontalmente ao plano do gol, pontos utilizados para a calibração 2-D e identificação dos setores de destino do arremesso.....	74

Figura 5.5 - Posicionamento do bastão topográfico para a realização da calibração	75
Figura 5.6 - Imagem das câmeras 2 e 3 retratando o deslocamento de dez quadros a partir do centroide da bola para mensuração da velocidade.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Médias e desvio padrão da idade, tempo de experiência na modalidade e características antropométricas dos atletas	44
Tabela 4.1 - Comparação dos momentos pré e jogos simulados pela ANOVA bayesiana. Dados apresentados como média $\pm$ DP (N = 10).....	56
Tabela 4.2 - Correlações bayesianas entre variáveis neuromusculares, fisiológicas, percepção subjetiva de esforço e desempenho técnico do jogo (N = 23)	59
Tabela 5.1 - Procedimentos referentes ao incremento de intensidade no teste incremental específico para o goalball.....	72
Tabela 5.2 - Comparação dos momentos pré e pós pelo teste t bayesiano. Dados apresentados como média $\pm$ DP e TE padronizado com intervalo de confiança de 95%	79
Tabela 5.3 - Comparação da precisão dos arremessos do protocolo de cobranças de penalidade nos momentos pré e pós a partir da sua distância em metros em relação ao alvo. Dados apresentados como média $\pm$ DP e TE padronizado com intervalo de confiança de 95%	80
Tabela 5.4 - Estatísticas descritivas das características dos arremessos (percentual de arremessos que resultaram em gol no alvo, gol fora do alvo e fora do gol nos protocolos de cobranças de penalidade pré e pós)	81

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

[La⁻] - Concentração de lactato sanguíneo

2-D - Cinemática bidimensional

3-D - Cinemática tridimensional

ADEVIPAR - Associação de Deficientes Visuais do Paraná

AMR - Ângulo mínimo de resolução

ANOVA - Análise de variância

AV – Percentual de ativação voluntária

BF – Fator de Bayes

BF₁₀ – Fator de Bayes favorável a H₁

CADEVI - Clube de Apoio ao Deficiente Visual

CIVM - Contrações isométricas voluntárias máximas

DP - Desvio padrão

DTJ - Desempenho técnico do jogo

EMG - Eletromiografia de superfície

FC - Frequência cardíaca

FC_{MÁX} - Frequência cardíaca máxima

FC_{MÁXJOGO} - Frequência cardíaca máxima do jogo

FC_{MÉDIA} - Frequência cardíaca média

F_{MÉDIA} - Força média

F_{PICO} - Força pico

H₀ - Hipótese nula

H₁ - Hipótese alternativa

IBSA - *International Blind Sports Federation*

IC - Intervalo credível

ICC - Coeficiente de correlação intraclass

MAR - *Minimal angle of resolution*

M-Wave - Resposta eferente no músculo

NCBI - *National Center for Biotechnology Information*

PCP - Protocolo de cobranças de penalidade

PCP_{PÓS} - Protocolo de cobranças de penalidade pós

PCP_{PRÉ} - Protocolo de cobranças de penalidade pré

PSE - Percepção subjetiva de esforço

RMS - Quadrado médio da raiz

TC - *Twitch Control*

TCLE - Termo de Consentimento “Livre e Esclarecido”

TE - Tamanho do efeito padronizado

TI - *Twitch Interpolation*

TIEG – Teste incremental específico para o goalball

TP - *Twitch Potentiated*

TS - *Twitch Superimposed*

V_{BOLA} - Velocidade da bola

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1. Breve histórico do goalball.....	18
2.2. Características do jogo.....	20
2.3. Os jogadores	21
2.4. Principais regras	22
2.5. As demandas fisiológicas do goalball	25
2.6. O arremesso	28
2.7. Penalidade: Fator decisivo para o resultado de uma partida	33
2.8. Análise cinemática aplicada ao arremesso no goalball	35
2.9. Protocolos de avaliação da fadiga central e periférica	37
3. PLANO DE TRABALHO.....	43
4. ESTUDO 1: EFEITO DE PARTIDAS CONSECUTIVAS DE GOALBALL SOBRE OS PARÂMETROS NEUROMUSCULARES, FISIOLÓGICOS E DE DESEMPENHO TÉCNICO DO JOGO.....	45
4.1. Resumo	45
4.2. Introdução.....	46
4.3. Métodos	48
4.4. Resultados.....	55
4.5. Discussão	60
4.6. Conclusão	64
5. ESTUDO 2: EFEITO DA FADIGA SOBRE O DESEMPENHO NA COBRANÇA DE PENALIDADE DO GOALBALL.....	66
5.1. Resumo	66
5.2. Introdução.....	67
5.3. Métodos	68

5.4. Resultados.....	79
5.5. Discussão	81
5.6. Conclusão	84
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
REFERÊNCIAS	86

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A presente pesquisa surge da inquietação do pesquisador ao se deparar frequentemente com a aparente queda no desempenho dos jogadores de goalball por ele treinados em competições em que jogavam mais de uma partida por dia. A análise dos escaltes das partidas mostrava uma clara diminuição da frequência de arremessos realizados e aumento de gols sofridos pela equipe na segunda e terceira partidas do dia em comparação com a primeira. Muitas vezes, o descanso entre os jogos era inferior a uma hora, pois as partidas que ocorriam neste intervalo encerravam rapidamente devido à equipe vencedora ter aplicado uma vantagem de dez gols no placar, adiantando o retorno do time a quadra para o jogo seguinte. Além da observada redução no desempenho, os jogadores constantemente relatavam cansaço. Portanto, o processo de instauração da fadiga era evidente e por consequência havia a curiosidade e interesse em mensurá-lo.

O goalball é uma modalidade esportiva coletiva criada especificamente para pessoas com deficiência visual após a 2ª Guerra Mundial inicialmente com a finalidade de reabilitar soldados com sequelas visuais (Castro, 2005; Eddy & Mellalieu, 2003). O desenvolvimento da modalidade é notável no Brasil, visto que o país vem se consolidando como uma potência internacional graças aos expressivos resultados conquistados nos principais eventos da modalidade. Além disso, a modalidade já é praticada em mais de 90 países de todos os continentes (IBSA, 2020b). Porém, o primeiro trabalho científico publicado e indexado na plataforma NCBI (*National Center for Biotechnology Information*) data somente de maio de 2006 e soma atualmente 17 publicações, demonstrando a carência de estudos relacionados a modalidade. Portanto, o entendimento dos aspectos fisiológicos e neuromusculares referentes ao desempenho no goalball se torna cada vez mais relevante na tentativa de especificar e adaptar o treinamento de maneira mais adequada às demandas metabólicas deste esporte.

A posição de destaque ocupada pelo Brasil no cenário mundial de goalball, primeiro colocado na categoria masculina e terceiro na feminina, em ranking divulgado em 30 de junho de 2020 (IBSA, 2020b), se deve a seguidas conquistas da equipe masculina, como a medalha de prata nos Jogos Paralímpicos de Londres em 2012, a medalha de bronze nos Jogos Paralímpicos do Rio de Janeiro em 2016, os ouros conquistados nas edições do campeonato mundial da Finlândia, em 2014, e da Suécia, em 2018, bem como os ouros conquistados pelas equipes masculina e feminina nos Jogos Parapan-americanos de Toronto, 2015, e de Lima, em 2019 (CBDV, 2020; IBSA, 2019a).

Oficialmente, o jogo de goalball é composto por dois tempos de 12 minutos separados por um intervalo de 3 minutos, com três jogadores em cada equipe com olhos totalmente vendados e guiados somente pelo estímulo sonoro dos guizos presentes na bola e pelo estímulo tátil das linhas demarcadas no piso e pela baliza (Morato, Gomes, & Almeida, 2012). Porém, devido a constantes paradas no cronômetro, o jogo pode ter uma duração superior a 60% a mais do que os 24 minutos programados (IBSA Goalball, n.d.). Isso varia de acordo com as possibilidades dadas pelas regras: penalidades, pedidos de tempo, substituições, limpeza de quadra, e assim por diante. Além disso, é permitido que cada equipe jogue por até três vezes em um mesmo dia (IBSA, 2019b).

O goalball é caracterizado por ações de ataque e defesa intermitentes de curta duração e alta intensidade, com predominância do metabolismo aeróbio para a manutenção e recuperação dos esforços, e disponibilização energética pela via anaeróbia alática para a realização das ações determinantes do jogo (Alves et al., 2018). Embora a concentração de lactato no sangue seja baixa em partidas de goalball (Alves et al., 2018; Theophilos, Antonios, Helen, Antonios, & Savvas, 2005), o jogo demonstra uma alta intensidade a partir da análise da frequência cardíaca (Ikeda et al., 2019; Laredo, Bies, & Lluch, 2019; Theophilos et al., 2005). Consequentemente, quando associada a um dia de competição de goalball com mais até três jogos, e à grande demanda cognitiva inerente à atletas com deficiência visual (Eddy & Mellalieu, 2003; Powis, 2018), essa alta demanda fisiológica pode contribuir para a indução do processo de fadiga neuromuscular, causando diminuição nos níveis de força (Gandevia, 2001) e uma redução no desempenho técnico do jogo a partir de indicadores de desempenho (e.g., frequência de arremessos) comumente verificados através da análise sistemática de vídeo (Hughes & Bartlett, 2002).

A ausência de estudos que tenham investigado parâmetros neuromusculares no goalball possibilita a comparação com outros esportes de característica intermitente, fato este que, muitos treinadores utilizam modelos de outras modalidades no treinamento e estratégia do goalball, como por exemplo, através do estímulo auditivo (Agostini, Righi, Galmonte, & Bruno, 2004; Schaffert & Mattes, 2012; Woods, Hernandez, Wagner, & Beilock, 2014). Do ponto de vista da possibilidade de jogos consecutivos no goalball, Le Mansec e colaboradores (2017) identificaram significativa instauração de fadiga neuromuscular em atletas de tênis de mesa em jogos consecutivos de um campeonato simulado a partir de contrações isométricas voluntárias máximas e aplicação da técnica *Twitch Interpolation* (Gandevia, 2001). Além disso, Nuño e colaboradores (2016) verificaram que o desempenho da acurácia e velocidade da bola (V_{BOLA}) nos arremessos de 7 metros do handebol, comumente verificadas por meio de técnicas de

análise cinemática avançadas, como é o caso da cinemática bidimensional (2-D) e tridimensional (3-D) (Barbieri, Gobbi, Santiago, & Cunha, 2010; Milioni et al., 2016; Vieira et al., 2016), foi negativamente impactado pela repetição sistemática de habilidades motoras específicas da modalidade (Nuño et al., 2016).

No entanto, o processo de instauração da fadiga neuromuscular no goalball, bem como a influência da fadiga sobre o desempenho no arremesso, especificamente em cobranças de penalidade, ação decisiva para o resultado de uma partida por ser muito recorrente e apresentar uma porcentagem de conversão superior ao jogo efetivo (Magalhães, 2015; Molik et al., 2015; Morato, 2012), ainda são desconhecidos. O entendimento do comportamento da fadiga e sua influência no desempenho no goalball pode contribuir para que treinadores e profissionais do esporte concebam programas de treinamento bem-sucedidos e preparação adequada para competições. Portanto, a presente investigação apresenta a seguinte pergunta central:

Parâmetros neuromusculares, fisiológicos e de desempenho técnico do jogo estão relacionados à fadiga induzida por um dia de competição simulada de goalball e como a indução da fadiga pode interferir no desempenho do arremesso em cobranças de penalidade?

Deste modo, transcrevendo a pergunta central, essa dissertação teve como objetivo principal examinar os parâmetros neuromusculares, fisiológicos e de desempenho técnico do jogo dos atletas em três jogos simulados de goalball consecutivos, bem como a influência da fadiga sobre a acurácia e velocidade da bola em arremessos de um protocolo de cobranças de penalidade.

Os objetivos específicos foram:

- ✓ Verificar o comportamento da fadiga neuromuscular em jogadores experientes em três jogos simulados de goalball consecutivos a partir de contrações isométricas voluntárias máximas e aplicação da técnica *Twitch Interpolation* nos músculos extensores do joelho da perna dominante;
- ✓ Analisar as respostas fisiológicas em jogadores experientes em três jogos simulados de goalball consecutivos por meio da concentração de lactato sanguíneo e do perfil da atividade associado ao esforço físico através da análise da frequência cardíaca;

- ✓ Analisar o desempenho técnico do jogo caracterizado pela frequência de ataques, defesas, tempo de recuperação e densidade das ações de jogadores experientes em três jogos simulados de goalball consecutivos por meio da análise sistemática de vídeo;
- ✓ Verificar o efeito da fadiga induzida por um teste incremental específico para o goalball sobre o desempenho da acurácia e velocidade da bola nos arremessos de jogadores experientes em um protocolo de cobranças de penalidade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Durante todo o desenvolvimento desta dissertação, a literatura foi revisada utilizando uma sintaxe elaborada por meio da plataforma NCBI contendo as seguintes palavras e expressões chave: “((goalball) OR handball) OR volleyball) OR water polo) OR football) OR soccer) OR cricket) OR team sport) OR paralympic sport) OR throwing performance) OR kicking performance) OR penalty shootout) AND fatigue) OR central fatigue) OR peripheral fatigue) OR neuromuscular fatigue) OR twitch interpolation) OR heart rate variability) OR mental fatigue) NOT supplementation) OR oral health) OR obesity) OR obese) OR diabetes) OR disease) OR cancer) OR virus) OR atherosclerosis) OR clinical) OR patient) OR sleep) OR Cold Water Immersion) OR pig) OR rat) OR mice) OR dog) OR rabbit) OR cow) OR run) OR runs) OR runner”. Tal sintaxe foi realizada ao longo do desenvolvimento desta revisão (2018-2020), com sua última atualização em setembro de 2020, resultando em um número de 976 artigos. Destes trabalhos, uma seleção por conveniência baseada na temática da presente dissertação foi feita, sendo excluídos trabalhos com as seguintes características: estudos sobre influência do sono e de suplementação esportiva no desempenho esportivo, e que envolvessem animais e doenças. Após esta triagem, restaram 52 artigos relacionados com a temática da presente dissertação. Os artigos foram divididos em 3 grandes grupos, sendo 17 artigos com temas pertinentes ao desempenho no goalball, 15 estudos que investigaram a influência da fadiga no desempenho em ações técnicas de finalização no alvo em esportes coletivos e 20 artigos envolvendo análises de variáveis neuromusculares em esportes de característica intermitente.

2.1. Breve histórico do goalball

Diferente de outras modalidades esportivas do programa paralímpico, o goalball não foi adaptado de nenhum outro esporte convencional. Seu surgimento ocorreu em 1946, na Alemanha, tendo como criadores o austríaco Hanz Lorenzen e o alemão Sepp Reindle, com o intuito de reabilitar os veteranos da 2ª Guerra Mundial que tiveram comprometimento visual ou se tornaram cegos, com a finalidade de desenvolver todas as suas capacidades de concentração e qualidades físicas (Castro, 2005; Eddy & Mellalieu, 2003). As percepções táteis, auditivas e orientação espacial dos jogadores são os principais aspectos que dão dinamismo ao jogo (Winckler, de Almeida, Morato, Matsui, & Von Munster, 2008; Winnick, 2005).

Nascimento e Morato (2006) desenvolveram um trabalho contendo informações detalhadas sobre o contexto histórico do goalball a nível nacional e internacional. De acordo com os autores, a modalidade foi exibida pela primeira vez em uma edição de Jogos Paralímpicos em 1972, em Heidelberg, Alemanha, e sua incorporação ao programa paralímpico ocorreu na edição seguinte do evento, em Toronto, Canadá, 30 anos depois de sua criação e inicialmente somente na categoria masculina. O primeiro campeonato mundial da modalidade aconteceu em 1978, na Áustria, e apenas em 1984, nos Jogos sediados em Stoke Mandeville, Grã-Bretanha (somente sediou esportes para pessoas com deficiência física), e em Nova Iorque, Estados Unidos (sede do goalball), foi incluída a categoria feminina. A chegada deste esporte ao Brasil ocorreu em 1985, com as primeiras partidas realizadas no Clube de Apoio ao Deficiente Visual (CADEVI) e na Associação de Deficientes Visuais do Paraná (ADEVIPAR). A primeira conquista de medalha do Brasil em um evento internacional ocorreu em 1994, com a prata nos Jogos Parapan-Americanos de Buenos Aires. A estreia em Jogos Paralímpicos da seleção brasileira feminina se deu em Atenas/2004, e da masculina em Pequim/2008. Desde então, o Brasil vem se destacando no cenário internacional da modalidade, tendo conquistado inúmeros títulos expressivos tanto na categoria masculina quanto na feminina (CBDV, 2020; Winckler et al., 2008).

Embora ainda haja uma carência na produção científica com temas relacionados a esportes coletivos para pessoas com deficiência, como é o caso do goalball (Aquino, Alves, Padilha, Garganta, & Marques, 2017), as expressivas conquistas internacionais podem contribuir para uma maior difusão da modalidade no Brasil, país que apresenta uma grande quantidade de pessoas com deficiência visual. De acordo com a releitura com os dados de pessoas com deficiência no Censo Demográfico 2010 à luz das recomendações do Grupo de Washington (IBGE, 2018), 6,7% do total da população brasileira da população brasileira apresentava pelo menos um tipo de deficiência, sendo que desse total 3,4% correspondia a deficiência visual, a mais representativa se comparada as outras (motora: 2,3%; auditiva: 1,1%). Portanto, o goalball tornou-se um aliado através do estímulo à prática de exercício físico para pessoas com deficiência visual por contribuir significativamente para a melhora do tempo de reação (Silva, Pereira, & Gorla, 2010), equilíbrio postural (da Silva et al., 2018), sociabilidade (Velasco, Santos, & Souza, 2017) e qualidade de vida de seus praticantes (Guerra et al., 2018; Schröder, Cantorani, Vargas, & Vargas, 2015; Velasco et al., 2017).

2.2. Características do jogo

As ações técnicas de uma partida de goalball são caracterizadas pela troca de arremessos entre as equipes com o objetivo de fazer o gol. As ações ofensivas correspondem aos arremessos da bola em direção à baliza adversária, enquanto as ações defensivas dizem respeito às tentativas de bloquear a progressão da bola até o gol, situado sobre as linhas de fundo da quadra (Nascimento & Morato, 2006).

A quadra de jogo tem dimensões semelhantes a uma quadra de voleibol, com formato retangular medindo 18 x 9 metros (Figura 2.1). Todas as linhas que constituem a quadra devem ser em alto relevo, criado por um fio de barbante colocado sob a fita que demarca a quadra, a fim de permitir que os jogadores a percebam através do tato. Cada metade da quadra, onde estão alocadas cada uma das equipes para a disputa, são divididas em três áreas distintas (3 x 9 metros): a área de orientação, a área de lançamento e a área neutra. As equipes não devem invadir o lado adversário e tem apenas o seu espaço para arremessar a bola, seja rasteira ou quicando. Para um arremesso ser considerado válido, a bola obrigatoriamente deve tocar o chão ao menos uma vez em sua área de lançamento e outra na área neutra, pois assim se evita bolas aéreas, que reduzem drasticamente o som emitido pela bola, impossibilitando sua interceptação. As traves estendem-se por todo o fundo da quadra, medindo 9 x 1,30 metros (IBSA, 2019b).

A área de orientação é o principal referencial para a orientação espacial dos jogadores. Existem diferentes marcações em seu interior diferenciando-a das demais áreas, que apresentam somente a marcação externa retangular. Tais marcações internas da área de orientação servem de referência tátil e relacionam-se com as posições dos jogadores: ala direito, central (ou pivô) e ala esquerdo. As áreas de orientação são separadas por duas faixas de três metros, cada uma situada dentro da área de uma equipe, denominadas áreas neutras. Os jogadores podem utilizar a respectiva área neutra para recuperar a bola, porém, o arremesso deve ser feito dentro da respectiva área de lançamento. A área neutra tem por objetivo aumentar a distância entre as equipes para que os defensores tenham tempo suficiente de ouvir e perceber a trajetória da bola arremessada pelos adversários, além de ser uma medida de segurança a favor da integridade física dos atletas contra o impacto da bola.

A bola oficial tem tamanho análogo à bola de basquetebol. Feita de borracha espessa, mede 76 cm de circunferência, pesando 1,250 kg. A bola é oca e tem em seu interior oito guizos e oito orifícios que potencializam o som por eles emitidos, o que favorece sua localização pelos jogadores (IBSA, 2019b; Morato et al., 2012; Nascimento & Morato, 2006).

Figura 2.1 - Quadra de goalball

Fonte: Adaptado de Nascimento & Morato (2006, p. 13).

2.3. Os jogadores

As equipes são compostas por até seis jogadores, sendo três jogadores em quadra com um máximo de três reservas. O sistema de classificação da *International Blind Sports Federation* (IBSA, 2019b), válido para o goalball e todas as outras modalidades regidas pela entidade, é utilizado para determinar o grau de comprometimento da visão a partir de um processo chamado classificação visual. Esse processo considera a acuidade e o campo visual dos jogadores, no olho de melhor visão e pode legitimar, ou não, a participação de um jogador nas competições oficiais para pessoas com deficiência visual. Devido aos diferentes graus de comprometimento visual permitidos, os jogadores devem ter seus olhos cobertos com gaze e esparadrapo ou tampões oftalmológicos sob seus óculos opacos para impossibilitar qualquer vantagem em função da visão residual (IBSA, 2019b).

A acuidade visual pode ser entendida como a capacidade de discriminar formas e detalhes dos objetos e o campo visual corresponde a quantos graus lateralmente podemos enxergar (Bicas, 2002). Sua avaliação ocorre através de uma escala oftalmológica (Carta de medida de Snellen) e são comumente baseadas no ângulo mínimo de resolução (AMR, ou “MAR, *minimal angle of resolution*” em inglês) a partir de medidas logarítmicas (decimais) do

AMR (= log a) (Bicas, 2002). Esta classificação só poderá ser feita por médicos oftalmologistas em clínicas ou consultórios especializados e deverá considerar ambos os olhos, mesmo com melhor correção, ou seja, todos os atletas que usarem lentes de contato ou lentes corretivas deverão usá-las para classificação (Çolak, Bamaç, Aydın, Meriç, & Özbek, 2004).

Existem três classes (B1, B2 e B3) em que a letra B significa *Blind* (cego). B1: acuidade visual inferior a LogMAR 2,6; B2: acuidade visual variando de LogMAR 1,5 a 2,6 (inclusive) e/ou campo visual restrito a um diâmetro inferior a 10 graus; e B3: acuidade visual variando de LogMAR 1,4 a 1,0 (inclusive) e/ou campo visual restrito a um diâmetro inferior a 40 graus (IBSA, 2020a). Apesar dos diferentes tipos de comprometimento, as três diferentes categorias competem juntas em igualdade de condições, pois os atletas têm os olhos devidamente vendados para impossibilitar o uso de qualquer resquício visual (IBSA, 2019b). Além disso, o grau de comprometimento visual dos atletas pode tornar o treinamento do goalball ainda mais complexo, uma vez que a abordagem com um atleta classificado como B1 poderá ser diferente em comparação com um atleta B3, por exemplo, bem como seu desempenho durante o jogo (Molik et al., 2015).

Segundo o regulamento, os jogadores não podem receber nenhuma informação verbal enquanto ações de jogo são executadas. Além disso, não está prevista nenhuma orientação sobre a composição da equipe e a classificação dos atletas, como em outros esportes paralímpicos coletivos. Eles podem ser classificados quanto a sua posição na equipe, de acordo com a região ocupada na quadra, onde cada posição desempenha taticamente funções diferentes na equipe (Molik et al., 2015; Morato et al., 2012).

2.4. Principais regras

As regras do goalball são determinadas pela *International Blind Sports Federation* (IBSA), que desde de 1982 é responsável pela gestão da modalidade. O conjunto de regras vem se modificando desde então, visto que o atual tem duração prevista para o período entre 2018 e 2021 (IBSA, 2019b), mantendo a base já estabelecida e incluindo modificações importantes em relação ao que era preconizado anteriormente, visando tornar o jogo mais fluido e competitivo.

Atualmente, as partidas são divididas em dois tempos de 12 minutos (o tempo de jogo é parado quando a bola ultrapassa os limites da quadra de jogo, e continua apenas após a bola ser reposta aos jogadores), com 3 minutos de intervalo. Os jogos são encerrados quando uma equipe abre uma vantagem de 10 gols no placar exigindo que o jogo seguinte tenha início em 5

minutos. Durante a partida, instruções aos atletas são permitidas apenas quando a bola não está em jogo, ou nos pedidos de tempos técnicos ou dos árbitros. Cada equipe tem direito a quatro tempos técnicos, desde que o primeiro seja realizado no primeiro tempo de jogo, caso contrário serão admitidos apenas até três no segundo tempo. Cada equipe tem direito a quatro substituições, e de forma análoga ao tempo técnico, com a primeira devendo ser utilizada no primeiro tempo da partida. As substituições feitas durante o intervalo são livres e não contam destas quatro.

Em jogos decisivos, isto é, que necessitam de uma equipe vencedora, ao persistir o empate após o tempo regulamentar, adicionalmente são conferidos mais dois tempos de 3 minutos com 3 minutos de intervalo (*overtime*), vencendo a primeira equipe que marcar um gol. Cada equipe tem direito a mais um tempo técnico e uma substituição. Persistindo o empate após a prorrogação, a partida é decidida através de cobranças alternadas (*extra throws*), com apenas um jogador de cada lado, no qual um arremessa e o outro tenta defender, e vice-versa, sendo vencedora a equipe que ao final da rodada (após todos os jogadores terem atacado e defendido) fizer o maior número de gols. Ao persistir o empate ao final das cobranças alternadas, as cobranças alternadas de morte súbita (*sudden death extra throws*) decidirão o vencedor.

A modalidade prevê a utilização de dez árbitros para aplicação e controle das regras durante as partidas: dois árbitros principais, um em cada corredor lateral da quadra, responsáveis por orientar a dinâmica do jogo por intermédio da utilização de comandos padronizados na língua inglesa; quatro juízes de linha, posicionados um em cada canto da quadra, responsáveis pela reposição rápida da bola e interferindo o mínimo possível no tempo de posse de bola das equipes; e quatro mesários com funções de cronometragem, substituições, tempos técnicos, e posse de bola das equipes. Essa composição de arbitragem indica que a realização operacional da partida de goalball é provavelmente muito mais complexa do que em outras modalidades coletivas.

O comando utilizado pela arbitragem quando necessário fazer interrupções no jogo é o *Officials time out*, com três principais finalidades: *clarification* (esclarecimentos entre árbitros/ árbitros e técnicos/ árbitros e atletas), *equipment check* (reparos na quadra, tênis desamarrado, chão molhado) e *noise* (barulho externo). O comando simples apenas de *officials time out* ocorre em situações nas quais a paralisação é rápida.

As regras do jogo preveem infrações e penalidades, pensadas para assegurar integridade física aos jogadores, dar dinamicidade ao jogo, e promover igualdade de condições aos jogadores, já que competem juntos jogadores com diferentes níveis de deficiência visual.

Nas infrações, a posse de bola é revertida a outra equipe, dando a vantagem do ataque à equipe adversária. Alguns exemplos de infrações são: quando (após qualquer interrupção da partida) os jogadores não esperam a autorização do árbitro para arremessar (*premature throw* - arremesso prematuro); realizar um passe para fora da quadra (*pass out* - passe fora); quando após a defesa a bola retrocede até a meia quadra adversária (*ball over* - bola perdida). Toda bola bloqueada pela defesa que sair pela lateral da quadra já na área neutra será considerada *ball over*, já que anteriormente seria considerada *blocked out* (bloqueada). O espaço que anteriormente era chamado de “área de defesa ou equipe”, agora é denominada “área de orientação”, mudança que ocorreu devido à alteração na regra de defesa ilegal (*illegal defense*), que anteriormente limitava o atleta a realizar a defesa até a linha dos 3 metros e atualmente permite que os jogadores possam defender até a linha dos 6 metros, também conhecida como “linha do *high ball*”, desde de que pelo menos uma parte do corpo do atleta defensivo esteja tocando a linha. Toda bola arremessada será considerada fora (*out*) quando a sua maior parte (circunferência) passar pela linha lateral e não “toda a bola”, como antes. Além disso, caso aconteça um gol contra (*own goal*) em situação de penalidade, com a equipe favorecida, o comando será *out* (para fora) e esta equipe perderá a posse de bola.

As penalidades podem ser individuais ou coletivas e podem ocorrer em grandes quantidades ao longo da partida, tornando esta situação (ação) extremamente determinante para o placar do jogo. A ocorrência de um pênalti obriga que somente um jogador da equipe infratora permaneça em quadra para defender a cobrança. Nas penalidades individuais, o jogador que a cometeu deve permanecer em quadra para defendê-la. Em caso de penalidades coletivas, o técnico adversário escolhe qual o jogador em quadra irá defender, só podendo ser escolhidos um dos três atletas que estiverem em quadra, exceto a penalidade que acontece antes do início da partida, na qual qualquer atleta poderá ser escolhido.

Como exemplos de penalidades individuais temos: se a bola arremessada tiver seu primeiro contato com o solo após a área de lançamento (*high ball*), ou não tocar pelo menos uma vez em uma das áreas neutras (*long ball*), ou não chegar à área de defesa adversária (*short ball*); se o primeiro contato defensivo é realizado com todo o corpo à frente da área de orientação (*illegal defense*); quando o jogador toca em sua venda sem a autorização do árbitro (*eyeshades*), podendo retirar a venda quando encerrado o anúncio de sua substituição ou com autorização da arbitragem, atrasa o jogo (*personal delay of game*), faz excessivo barulho após seu arremesso (*noise*) ou apresenta conduta antidesportiva (*personal un-sportsmanlike conduct*), caracterizada por ações em que o atleta diga palavras ofensivas ou de baixo calão, esteja molhando ou amassando a bola propositalmente, passando-a pelo corpo, sendo que a

reincidência da atitude (duas vezes), pelo mesmo atleta em uma partida, acarretará na expulsão do mesmo (*ejection*).

As penalidades coletivas ocorrem quando: a equipe demora mais de 10 segundos para arremessar a bola após o primeiro contato defensivo com ou sem controle de bola (*ten seconds*), visto que o cronômetro será zerado apenas quando a bola cruzar o centro da quadra; fazer barulho excessivo enquanto seu companheiro realiza o arremesso (*noise*); atraso do início ou recomeço da partida provocado pelos jogadores ou comissão técnica (*team delay of game*); qualquer componente da equipe apresenta conduta antidesportiva fora de quadra (*team unsportsmanlike conduct*); ou passam instruções em momentos em que não são permitidos (*illegal coaching*). A penalidade *illegal coaching* também será passiva de expulsão quando ocorrer pela segunda vez na mesma partida, e caso a arbitragem não tenha a certeza de qual integrante tenha vindo a instrução ilegal (na certeza de que veio do banco), a ejeção será aplicada na seguinte ordem: 1º) Técnico; 2º) Auxiliar técnico; 3º) Outro *staff* que esteja no banco; 4º) Atleta sendo escolhido do menor para o maior número do uniforme.

2.5. As demandas fisiológicas do goalball

O entendimento das principais características fisiológicas no goalball se faz necessário para que melhor se possa avaliar, prescrever e monitorar o treinamento da modalidade. Além disso, adquirir conhecimento sobre ciência especializada no esporte, como é o caso da fisiologia do treinamento, pode influenciar positivamente na avaliação do desempenho do treinador, denotando um maior nível de qualificação dos mesmos (Abdolmaleki, Mirzazadeh, Allahyari, & Ramezani, 2015), bem como para a evolução da modalidade.

Apesar da demanda do metabolismo aeróbio ser maior e predominante durante uma partida de goalball, é a contribuição anaeróbia alática que é determinante no jogo devido as ações intermitentes de curta duração e alta intensidade nos ciclos de ataque e defesa, com longos intervalos de recuperação (Alves et al., 2018). Além de estimular a percepção auditiva, espacial e temporal (Nascimento & Morato, 2006), a prática de goalball aprimora a aptidão motora e física, como demonstraram Çolak e colaboradores (2004) ao identificarem melhores parâmetros de flexibilidade, mobilidade, salto vertical, força isocinética, força manual e força de membros inferiores com o teste de sentar e levantar em crianças com diferentes níveis de acuidade visual que praticavam goalball em comparação a não praticantes. Similarmente, outros estudos identificaram que jovens praticantes de goalball quando comparados a seus pares sedentários

tendem a apresentar perfil lipídico mais baixo, maior força no tronco e nos membros superiores, e maior potência aeróbia em testes de corrida (Karakaya, Aki, & Ergun, 2009); melhor desempenho no teste de salto vertical, salto horizontal e preensão manual com o braço direito (Atan & Ayca, 2015); maior força nos músculos do abdômen, aumento da potência anaeróbia alática em *sprints* de corrida, melhor orientação espacial e localização por som (Krzak, Ślężyńska, & Ślężyński, 2015). No entanto, a capacidade cardiovascular e a força muscular, dependentes do programa e nível de treinamento, parecem ser menos susceptíveis de melhora no contexto do goalball (Furtado, Morato, Potenza, & Gutierrez, 2016).

Apenas recentemente tiveram início as investigações referentes a participação dos metabolismos aeróbio e anaeróbio no goalball. Theophilos e colaboradores (2005) foram pioneiros ao realizar mensurações tanto da frequência cardíaca (FC) quanto da contribuição anaeróbia láctica a partir da concentração de lactato sanguíneo ($[La^-]$) em jogadores da seleção grega. Por meio da realização de dois jogos simulados com dois tempos de 10 minutos separados por 3 minutos de intervalo, foi realizada a análise da frequência cardíaca durante toda a partida, e após 3 minutos do término foram coletadas amostras de sangue para a identificação de $[La^-]$. Os resultados apontam para altos valores de frequência cardíaca, indicando que 40% do jogo é realizado a uma alta intensidade (85 - 100% da frequência cardíaca máxima ($FC_{MÁX}$)), e 35% a uma intensidade que varia de 50 a 75% da $FC_{MÁX}$. Em contrapartida, os valores referentes a $[La^-]$, coletados imediatamente após o final dos jogos, foram baixos ($3,6 \pm 1,6$ mM e $2,9 \pm 0,8$ mM, respectivamente), sugerindo uma predominância do metabolismo anaeróbio alático durante os esforços intermitentes presentes no goalball, responsável pelos esforços de curta duração e alta intensidade (Glaister, 2005), que tem sua recuperação garantida pelo metabolismo aeróbio, responsável por manter os esforços ao longo do jogo (Spencer, Bishop, Dawson, & Goodman, 2005).

Em um estudo que analisou a frequência cardíaca de 12 jogadores da liga espanhola em quatro partidas simuladas de goalball, Laredo e colaboradores (2019) verificaram que a frequência cardíaca média durante a realização de ataques é cerca de 75% da $FC_{MÁX}$, enquanto que para ações de defesa esse número chega a aproximadamente 64%. Além disso, ao investigar o comportamento da frequência cardíaca em jogadores japoneses durante uma partida de goalball, Ikeda e colaboradores (2019) demonstraram que a frequência cardíaca média foi de ~154 bpm e durante 60% do tempo a frequência cardíaca dos atletas se manteve a uma intensidade entre 80 e 90% da $FC_{MÁX}$. Tais informações vão ao encontro dos achados de Theophilos e colaboradores (2005), que já haviam demonstrado que o goalball apresenta uma alta intensidade a partir da análise da frequência cardíaca.

Tendo em vista a necessidade de propor uma avaliação que fosse fidedigna com a real demanda energética necessária durante uma partida de goalball, Gulick e Malone (2011) foram precursoras em verificar a capacidade aeróbia de atletas da seleção feminina norte-americana ao adaptarem um teste incremental que melhor se aproximou das especificidades do goalball. Elas compararam os resultados de um tradicional teste incremental realizado em ciclo ergômetro com um teste sonoro modificado (*Modified beep test*). Neste teste, as participantes realizaram uma sequência padronizada de exercícios presentes no jogo, que consistia em gestos de ataque, defesa e deslocamentos, em uma quadra própria para o goalball. Neste modelo de teste incremental, o estágio inicial era composto por dez séries da sequência proposta com duração de 12 segundos cada. A cada estágio o tempo para execução da série diminuiu em um segundo até que a participante fosse incapaz de concluir a sequência de gestos. Apesar da ausência de gestos característicos do goalball no que diz respeito ao gesto motor realizado em um ciclo ergômetro, os resultados do teste sonoro modificado apresentaram uma alta correlação positiva com o teste incremental realizado em ciclo ergômetro ($r = 0,77$), demonstrando ser uma boa ferramenta para determinação da aptidão aeróbia em atletas de goalball.

Alves e colaboradores (2018) foram ao encontro desta mesma linha de pesquisa ao compararem os parâmetros fisiológicos obtidos em um teste incremental realizado em laboratório com os parâmetros fisiológicos obtidos em jogos simulados de goalball em atletas de elite do Brasil. Em comparação aos resultados obtidos por Gulick e Malone (2011), foram verificados índices mais elevados da capacidade dos atletas de absorver, transportar e utilizar oxigênio para a produção de energia do que os valores na condição laboratorial, o que pode ser explicado pela composição amostral com atletas do sexo masculino, e também pelas diferenças dos procedimentos e do gesto motor utilizados no teste realizado em esteira ergométrica. Além disso, os valores referentes a $[La^-]$ das amostras coletadas durante os jogos simulados foram semelhantes aos encontrados por Theophilos e colaboradores (2005), evidenciando a predominância da participação da via anaeróbia alática, sendo este um forte indicativo para prescrição de um maior volume de treinamento com o objetivo de aprimorar o fornecimento de energia rápida nos esforços intermitentes.

Monitorar o comportamento dos parâmetros fisiológicos pode ser um grande aliado para a avaliação do estado de fadiga nos esportes coletivos. De acordo com as regras do goalball (IBSA, 2019b), uma mesma equipe pode jogar até três partidas em um mesmo dia em competições da modalidade. Além disso, é comum que em eventos de goalball, seja de nível amador ou profissional, a mesma equipe jogue mais de uma partida por dia em dias consecutivos, dependendo da disponibilidade de tempo para realização do evento e da

quantidade de equipes participantes. Desta forma, se faz necessário o conhecimento sobre quais são as alterações promovidas por uma partida de goalball com a finalidade de auxiliar na utilização de estratégias que ajudem a minimizar os efeitos deletérios da fadiga no decorrer de uma competição, bem como na prescrição dos treinamentos durante a temporada.

2.6. O arremesso

Constitui-se no ato de jogar a bola contra o gol adversário com o objetivo de pontuar. Pode ser classificado quanto a técnica de execução, tipo de bola e trajetória. A técnica de execução é o modo como o jogador arremessa a bola. Diz respeito ao tipo de movimentação feita pelo jogador para acelerar a bola e dispará-la contra os adversários. Até o momento, encontram-se descritos na literatura três técnicas de arremesso (Bowerman, Davis, Ford, & Nichols, 2011; Morato, 2012; Nascimento & Camargo, 2012).

Arremesso frontal – o atleta segura a bola ao lado do tronco, realiza um movimento de pêndulo com o braço de arremesso, como no lançamento do boliche (Figura 2.2).

Figura 2.2 - Arremesso frontal

Fonte: Nascimento & Camargo (2012, p. 71).

Arremesso com giro – o atleta posicionando-se de frente para a quadra adversária realiza um giro de até 360°, como no lançamento de disco (Figura 2.3).

Figura 2.3 - Arremesso com giro

Fonte: Nascimento & Camargo (2012, p. 72).

Arremesso entre pernas - o atleta posiciona-se de costas em relação a quadra adversária, e realizando um movimento de inclinação do tronco a frente, arremessa a bola por entre as pernas que estão afastadas lateralmente (Figura 2.4).

Figura 2.4 - Arremesso entre pernas

Fonte: Nascimento & Camargo (2012, p. 73).

Nas três técnicas, os arremessos podem contar com uma corrida de aproximação antes do arremesso da bola em direção ao limite da área adversária. O tipo de bola caracteriza o arremesso quanto ao tipo de contato com o solo durante o seu trajeto. Divide-se em três tipos (Morato, 2012):

Lisa – quando a bola desenvolve uma trajetória rasteira, tocando na quadra durante todo (ou quase todo) seu trajeto;

Quicada – quando a bola apresenta uma trajetória saltitante, tocando apenas em alguns pontos da quadra;

Efeito – quando a bola apresenta uma trajetória não retilínea durante seu trajeto.

A trajetória classifica os arremessos quanto ao percurso da bola, considerando os setores de origem (saída da mão do atacante) e destino (interceptação pelo defensor) dos arremessos.

Morato e colaboradores (2017) propuseram a classificação dos setores da quadra em faixas de 1,5 metros, a fim de auxiliar tanto na pedagogia do ensino do goalball quanto estrategicamente no alto nível, permitindo a identificação de setores (alvos) mais frágeis na defesa adversária, onde seria mais fácil pontuar. Os setores são divididos de um a seis, orientados sempre da direita para a esquerda, independente do lado da equipe, isto é, são invertidos de uma equipe em relação a outra (Figura 2.5).

Figura 2.5 - Divisão setorial da quadra

Fonte: Morato (2012, p. 148).

Desta forma, é possível classificar os arremessos em paralelos (ex. origem 1 para destino 6; origem 3 para destino 4, etc.), e diagonais, subdivididas em diagonais curtas, médias, longas e extremas (Figura 2.6).

Diagonal curta – considerando sua origem, em sua trajetória a bola desloca-se de um setor em relação ao que corresponderia a um arremesso paralelo (ex. origem 1 para destino 5; origem 2 para destino 4 ou destino 6; origem 4 para destino 2 ou 4; e assim por diante).

Diagonal média – em relação a sua origem a bola desloca-se 2 setores (ex. origem 1 para destino 4; origem 3 para destino 2 ou 6; origem 4 para destino 1 ou 5; e assim por diante).

Diagonal longa – em relação a sua origem a bola desloca-se 3 setores (ex. origem 1 para destino 3; origem 4 para destino 6; origem 2 para destino 2; e assim por diante).

Diagonal extrema – em relação a sua origem a bola desloca-se 4 ou mais setores (ex. origem 1 para destino 2 ou 1; origem 2 para destino 1; origem 6 para destino 5 ou 6; e assim por diante).

Figura 2.6 - Trajetória dos arremessos

TRAJETÓRIAS	ORIGEM 6	ORIGEM 5	ORIGEM 4	ORIGEM 3	ORIGEM 2	ORIGEM 1
PARALELO						
DIAGONAL CURTA						
DIAGONAL MEDIA						
DIAGONAL LONGA						
DIAGONAL EXTREMA						

Fonte: Morato (2012, p. 182).

A força nos músculos da articulação do ombro e estabilização glenoumeral são cruciais para o sucesso em modalidades como o beisebol, handebol, dardo, vôlei e polo aquático, configurando-se entre os fatores mais importantes para o desenvolvimento da velocidade da bola no arremesso (van den Tillaar & Ettema, 2003). Porém, apesar de esse grupo muscular ser amplamente recrutado e contribuir significativamente para o desempenho dos arremessos no goalball (De Campos et al., 2020), os músculos dos membros inferiores também são essenciais. De fato, a força explosiva de membros inferiores e o desempenho do *sprint* estão fortemente correlacionados à velocidade da bola no arremesso do goalball (Goulart-Siqueira et al., 2019; Jorgić, Grbović, Đorđević, Stanković, & Stanković, 2019), pois os jogadores de goalball devem ser capazes de acelerar e desacelerar rapidamente a uma curta distância para realizar o

arremesso (Monezi et al., 2018), causando fortes contrações estáticas e dinâmicas dos músculos dos membros inferiores.

A utilização das filmagens de experimentos realizados em ambientes controlados e também de jogos de grandes campeonatos de goalball à nível nacional e internacional possibilitam a identificação de informações relevantes a respeito das principais características dos arremessos realizados no que diz respeito da velocidade, técnicas utilizadas, trajetória, e tipo de bola. A observação sistemática por vídeo, método que possibilita o conhecimento sobre a demanda técnica e tática do jogo (Hughes & Bartlett, 2002), principalmente por meio de uma análise descritiva que propõe identificar, descrever e caracterizar desempenho (Marcelino, Sampaio, & Mesquita, 2011), é um dos métodos mais comumente empregados para tais investigações.

Ao comparar as técnicas de arremesso frontal e com giro de atletas norte-americanos experientes de ambos os sexos a partir da análise de vídeo, Bowerman e colaboradores (2011) identificaram que embora o tempo total para a realização do arremesso fosse semelhante (1,16 segundos para o arremesso frontal e 1,18 segundos para o arremesso com giro), a velocidade média da bola no arremesso com giro é 23% maior que na técnica frontal.

Link e Weber (2018) verificaram que atletas de elite de campeonatos europeus na categoria masculina arremessam mais vezes utilizando a técnica com giro quando comparada a técnica frontal (59,4% e 40,6%, respectivamente), enquanto que as mulheres utilizam predominantemente a técnica frontal (75,2% contra 24,8% da técnica com giro). Entretanto, para ambas as categorias, a técnica de arremesso que apresenta maior índice de gols é a técnica com giro. Em relação ao tipo de bola, os autores identificaram que a maior parte dos arremessos dos homens durante o jogo efetivo é de bola quicada (62,6%) enquanto que para as mulheres a maioria é de bola lisa (73,5%). Quanto aos alvos, os mais buscados em ambas as categorias foram os dos cantos, mais próximos as traves laterais (equivalente aos setores 1 e 6), enquanto que os alvos com maior incidência de gols foram os que compreendem a intersecção entre o pivô e os alas (setores 2 e 5).

Já no cenário brasileiro, a análise de vídeo de jogos de disputa de medalhas de ouro e bronze na categoria masculina de um torneio nacional realizado por Monezi e colaboradores (2018), também identificou a predominância da técnica de arremesso com giro em comparação com a frontal (54,5 e 29,9%), porém, também identificou a incidência do uso da técnica entre as pernas (15,6%).

Morato e colaboradores (2018) verificaram a velocidade da bola no arremesso é dependente de sua trajetória a partir da análise de 20 partidas de Jogos Paralímpicos

selecionadas aleatoriamente. Seus achados mostram que a probabilidade de marcar gol de acordo com a trajetória da bola para mulheres é maior para arremessos na diagonal longa e para homens na diagonal curta e paralela. Em relação ao tipo de bola, tanto mulheres quanto homens tendem a marcar mais gols quando aplicam efeito no arremesso e a bola realiza uma curva. Além disso, os autores verificaram que em ambas as categorias as trajetórias paralelas e diagonais curtas são as mais utilizadas, bem como os ataques de bola quicada.

2.7. Penalidade: Fator decisivo para o resultado de uma partida

Através da observação dos vídeos de 20 partidas de goalball dos Jogos Paralímpicos de Pequim, 2008, sendo dez de partidas da categoria masculina e dez da feminina, Morato (2012) constatou que cometer uma penalidade aumenta significativamente as chances de o adversário pontuar devido a maior facilidade em converter a cobrança à defende-la, visto que esse é um momento em que apenas fica em quadra um defensor (1 vs. 1). Essa informação é evidenciada por Magalhães (2015), que ao observar partidas do campeonato paulista de goalball, constatou que a conversão em gols nas penalidades é significativamente maior que no jogo efetivo (88,89% versus 7,53%, no jogo efetivo).

De acordo com Morato (2012), as chances de se converter um arremesso em uma penalidade, quando comparadas aos arremessos de jogo efetivo, na categoria masculina aumentam em dez vezes, enquanto que na feminina em quase vinte. Além disso, o autor mostra que os gols de pênalti representaram aproximadamente um quarto dos gols nos jogos analisados. Na categoria feminina, caracteristicamente mais defensiva, se saíram vitoriosas as equipes com melhor rendimento nas cobranças de penalidade, enquanto que na categoria masculina, as equipes medalhistas foram também as que apresentaram melhor aproveitamento nas cobranças de penalidade (Morato, 2012).

A velocidade do arremesso em simulações de cobranças de penalidade tem sido verificada em diferentes contextos. Com o objetivo descrever as diferentes fases do arremesso no goalball, a partir da análise de vídeo de arremessos realizados por atletas norte-americanos de ambos os sexos, Bowerman e colaboradores (2011) mostraram que a velocidade média da bola no arremesso frontal foi de $20,68 \pm 5,34 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e no arremesso com giro de $25,52 \pm 6,42 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Por outro lado, ao tentar descrever o desempenho de atletas de elite brasileiros de ambos os sexos em diferentes testes físicos, Goulart-Siqueira e colaboradores (2019) identificaram a

partir do uso de um radar esportivo, padronizando a técnica de arremesso frontal, que a velocidade média da bola dos participantes foi de $14,21 \pm 1,89 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

O grau de comprometimento visual pode ser um dos fatores que influenciam na incidência e efetividade da defesa em cobranças de penalidade. Isso pode ser comprovado por Molik e colaboradores (2015), que ao observarem partidas de goalball da categoria masculina nos Jogos Paralímpicos de Londres 2012, identificaram que jogadores com baixa visão (B2 e B3), que geralmente jogam na posição de ala (Morato, 2012), posição responsável pela maioria dos arremessos executados durante uma partida (Monezi et al., 2018), são mais susceptíveis de cometer penalidades, aumentando as chances de o adversário pontuar. Portanto, devido ao fato de que esses jogadores atacam mais, eles tem maiores chances de cometer penalidades e, conseqüentemente, defende-las, mesmo que os jogadores cegos (B1) tenham na maioria dos casos melhor desempenho defensivo nos arremessos do jogo efetivo (Molik et al., 2015). Além disso, as penalidades individuais (e.g., *high ball*, *long ball*) são as de maior incidência em uma partida de goalball (Molik et al., 2015; Morato, 2012).

Outro fator que pode ser determinante para a ocorrência e efetividade na conversão de cobranças de penalidade no goalball é a fadiga. A acurácia e velocidade da bola (V_{BOLA}) são os parâmetros mais comumente investigados no contexto em que há indução da fadiga e análise de seu efeito sobre ações determinantes para o resultado de uma partida em esportes coletivos. Embora a influência da fadiga sobre a acurácia e a V_{BOLA} no chute de finalização no futebol seja amplamente investigada (Bacvarevic et al., 2012; Barbieri et al., 2010; Ferraz, Van Den Tillaar, & Marques, 2012; Milioni et al., 2016; Vieira et al., 2018), a comparação com modalidades coletivas que tem suas ações determinantes realizadas por membros superiores se faz pertinente ao contexto do goalball.

O método de indução da fadiga no contexto do handebol tem mostrado diferentes efeitos sobre o desempenho do arremesso de 7 metros, que corresponde a cobrança de penalidade. Andrade e colaboradores (2016) demonstraram que, embora jogos simulados de handebol provoquem redução significativa de força na musculatura glenoumeral, visto que a articulação do ombro é crucial para a efetividade dos arremessos, a V_{BOLA} parece não ser prejudicada. Além disso, o desempenho do arremesso não diminui no segundo tempo de partidas oficiais (Zapardiel Cortés, Ferragut Fiol, Manchado, Abraldes Valeiras, & Vila Suárez, 2018) ou após a indução de fadiga aguda a partir de um teste de corrida intermitente (Akyüz, Avşar, Bilge, Deliceoğlu, & Korkusuz, 2019). Entretanto, Nuño e colaboradores (2016) identificaram reduções significativas na acurácia e V_{BOLA} à medida que os intervalos para descanso entre séries de exercícios com habilidades motoras específicas em uma sessão de treinamento eram

diminuídos progressivamente. Embora as diferenças em relação as regras, campo de jogo, gestos técnicos e demanda energética entre modalidades esportivas tornem as comparações limitadas, a hipótese de que a fadiga induzida pela repetição sistemática das habilidades motoras do goalball possa inferir no desempenho do arremesso, especificamente no contexto da cobrança de penalidade, não pode ser descartada e, portanto, é relevante que seja testada.

2.8. Análise cinemática aplicada ao arremesso no goalball

O estudo dos movimentos do corpo humano a partir da obtenção de variáveis cinemáticas é possível por meio da cinemetria, método biomecânico que permite a determinação da posição, velocidade e aceleração do corpo a cada instante através de uma rigorosa descrição matemática (Amadio et al., 2002; Figueroa, Leite, & Barros, 2003). Por meio da utilização de fotografias e filmagens realizadas durante a execução de movimentos, diversas metodologias baseadas neste método têm sido desenvolvidas e utilizadas em várias modalidades esportivas individuais (Barros, Mercadante, et al., 2007), coletivas (Vieira et al., 2019) e para pessoas com deficiência (Sarro, Misuta, Burkett, Malone, & Barros, 2010).

Sistemas de medição e técnicas de análise cinemática avançadas tem sido empregas a partir da utilização de sistemas de câmeras digitais de vídeo e posterior transferência das filmagens para processamento no computador. Uma dessas técnicas é a análise cinemática tridimensional (3-D), muito utilizada para verificação de desempenho de modalidades esportivas coletivas, sejam as em que membros inferiores realizam os gestos decisivos para o resultado de uma partida, como é o caso do chute no futebol (Vieira et al., 2019; Vieira et al., 2016), ou as que tem membros superiores como responsáveis por gestos decisivos, como é o caso de estudos que investigaram o arremesso ao gol no polo aquático (Whiting, Puffer, Finerman, Gregor, & Maletis, 1985), handebol (Wagner, Pfusterschmied, von Duvillard, & Müller, 2011) e também da rebatida no críquete (Krishna, Alwar, Sayed, Gnanavel, & Sivaraman, 2018).

A análise cinemática requer que ao menos duas câmeras sejam posicionadas em pontos específicos do local de avaliação para a realização das filmagens. Além disso, são necessários calibradores que permitam a transformação das coordenadas nas imagens capturadas em valores no espaço real. Especificamente para a análise 3-D, é necessária a designação do volume de calibração à estrutura composta por marcas colocadas a uma distância conhecida entre elas como o objetivo de posteriormente ser realizada a calibração estática das imagens capturadas.

Para a realização da calibração dinâmica, coloca-se um elemento em “L” com dimensões conhecidas nos eixos x, y e z, e usa-se outro elemento com dimensões conhecidas para definir o volume de calibração (Miloni et al., 2016). Após a calibração (estática ou dinâmica) é necessária a reconstrução das coordenadas obtidas das imagens provenientes da cinemática bidimensional (2-D), para que sejam transformadas em coordenadas espaciais através do método *Direct Linear Transformation* (DLT) (Abdel-Aziz & Karara, 1971), um procedimento padronizado e geralmente realizado a partir de softwares específicos, muito utilizado na comunidade científica (Barros et al., 2007; Vieira et al., 2016).

Especificamente para o goalball, Bowerman e colaboradores (2011) foram pioneiros ao utilizar análise cinemática para investigar a correlação entre o tempo das fases do arremesso e a velocidade da bola. A partir da filmagem de arremessos de atletas experientes dos Estados Unidos, os autores determinaram a velocidade da bola pela divisão da distância da zona de lançamento pelo tempo e concluíram que a velocidade da bola se correlaciona com a fase de abordagem ao arremesso e produção de energia, pois a velocidade da bola é geralmente maior quando essas fases de arremesso levam mais tempo para serem realizadas. Os autores explicam que quanto maior o deslocamento do jogador para realização do arremesso, mais tempo o atleta tem para ganhar impulsão e transferi-la para a velocidade da bola ao arremessar.

Embora o maior tempo e deslocamento para a execução do arremesso sejam importantes para uma maior velocidade da bola, o jogador de goalball deve se atentar as linhas demarcadoras no solo para evitar cometer penalidades. A partir da análise cinemática dos jogos de disputa das medalhas de bronze e ouro de um importante campeonato de goalball no Brasil, Monezi e colaboradores (2018) verificaram que a velocidade de deslocamento do jogador quando está realizando o ataque diminui no momento em que irá liberar a bola. Segundo os autores, essa estratégia pode contribuir para melhor acurácia do arremesso e evita penalidades como o *highball* e *longball*.

Magalhães (2015) realizou a análise 3-D do arremesso no goalball a partir de vídeos de jogos oficiais do campeonato paulista de goalball, especificando a influência da posição do jogador, técnica de arremesso e tipo de bola. O autor identificou a predominância de trajetórias diagonais, em sua maioria as diagonais curtas, maior quantidade de arremessos utilizando a técnica de giro, também identificada como a que produz um arremesso mais veloz, e que os alas têm arremessos mais rápidos e recorrentes que os pivôs.

Portanto, conhecendo-se uma variedade de informações relevantes quanto a utilização da análise cinemática no goalball, como a compreensão dos parâmetros cinemáticos das técnicas de arremesso, considera-se relevante a aplicação de tais ferramentas no âmbito do

desempenho esportivo, especificamente sobre o quanto a acurácia e velocidade da bola podem ser afetados pelo status de fadiga dos jogadores.

2.9. Protocolos de avaliação da fadiga central e periférica

A fadiga é um estado complexo com múltiplas origens fisiológicas e psicológicas. Embora a fadiga em esportes coletivos tenha sido tradicionalmente investigada sob uma perspectiva fisiológica, como é o caso do futebol (Smith et al., 2016, 2018), a literatura ainda carece de informações a respeito da caracterização da fadiga no goalball ou qualquer outra modalidade praticada por pessoas com deficiência visual.

A fadiga pode ser dimensionada como fadiga geral, física, mental, redução da motivação e da atividade (Smets, Garssen, Bonke, & de Haes, 1995), porém, existem muitas definições para a fadiga que variam quanto a descrição do fenômeno, mecanismos, fatores relacionados e como podem ser atenuadas (Ream & Richardson, 1996; Trendall, 2000). De forma geral, fadiga muscular pode ser definida como uma queda na produção de força levando a uma queda de desempenho (Asmussen, 1979). Edwards (1983) define fadiga como a incapacidade de manter a produção de força necessária requerida durante um determinado exercício, reconhecendo que para se manter uma dada capacidade de trabalho sem queda de desempenho é necessária a manutenção da força e velocidade. Portanto, a fadiga parece ser um fenômeno limitante no desempenho seja de exercícios físicos quanto em tarefas diárias (Edwards, 1983).

Diversos testes detectam o momento da falha, ou incapacidade de manutenção da intensidade da tarefa proposta, tais como contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM), velocidade do ciclo alongamento-encurtamento e até mesmo a potência gerada (Cairns, Knicker, Thompson, & Sjøgaard, 2005). De acordo com Gandevia (2001), durante o exercício, a possibilidade de sustentação da força inicial aplicada é multifatorial e depende da capacidade de manutenção da homeostase do músculo ativo e essencialmente da eficiência dos motoneurônios em entregar os estímulos neurais na fenda neuromuscular (i.e., fadiga periférica), somando-se também a incapacidade do drive motor em manter voluntariamente o nível ótimo das taxas de disparos dos estímulos neurais (i.e., fadiga central), tanto em nível cortical (córtex motor – fadiga supra espinhal), quanto em nível espinhal, gerando a falha durante a tarefa.

A utilização de técnicas não invasivas como a eletromiografia de superfície (EMG) e eletroestimulação têm sido metodologias valiosas na identificação de algumas manifestações

de fadiga neuromuscular (Ascensão, Magalhães, Oliveira, Duarte, & Soares, 2003). Existem evidências de que condições voluntárias de emprego da força máxima são na verdade condições submáximas de esforço, ou seja, não atingem a real capacidade de produção de força, isso devido a uma “reserva” teórica existente e acessada somente em circunstâncias especiais (Gandevia, 2001).

Uma das maneiras mais recorrentes de investigação da capacidade de ativação voluntária é a utilização da técnica denominada *Twitch Interpolation* (TI), ou técnica do pulso interpolado, que consiste em estimular eletricamente em níveis supra máximos o nervo motor de determinado grupamento muscular em dois momentos. Desenvolvida por Merton (1954), esta técnica é considerada o padrão ouro para avaliar de forma não invasiva a capacidade de ativar ao máximo as unidades motoras em populações saudáveis e clínicas e é o método mais comumente utilizado para avaliar alterações centrais (neurais) durante o exercício (Gandevia, 2001; Millet, 2011).

Entretanto, algumas limitações devem ser consideradas e cuidados serem tomados ao utilizá-la. Evidências indicam que indivíduos sem experiência prévia com a técnica podem não ser capazes de exercer a força máxima na musculatura avaliada devido a expectativa de desconforto da eletroestimulação que, conseqüentemente, prejudica seu desempenho na execução do teste (Button & Behm, 2008). Além disso, a literatura indica que é inerente a aplicação da técnica na musculatura extensora do cotovelo o "fenômeno de co-contração", quando há contração simultânea dos músculos agonistas e antagonistas da musculatura braquial durante a estimulação, um processo comumente identificado como uma limitação (Norberto, de Arruda, & Papoti, 2020).

Inicialmente, o participante executa CIVM e durante a contração muscular é aplicada uma estimulação na musculatura alvo. A diferença entre a força das CIVM e a força evocada pelo estímulo é denominada *Twitch Superimposed* (TS), enquanto que a segunda etapa é voltada a gerar um “estímulo controle” para a resposta muscular superimposta, e neste sentido, um estímulo também é dado com a musculatura relaxada, chamado de *Twitch Control* (TC) quando realizado antes das CIVM, e *Twitch Potentiated* (TP) quando o estímulo controle é dado após a CIVM (Merton, 1954) (Figura 2.7).

Figura 2.7 - Ilustração suavizada da resposta em força quando é aplicada a técnica *Twitch Interpolation*: (A) conjunto de TC + TS; e (B) conjunto TS + TP. Sendo TC – *Twitch Control*; TS – *Twitch Superimposed*; TP – *Twitch Potentiated*

Fonte: Norberto (2018, p. 10).

Além do monitoramento da força gerada pelo estímulo elétrico, outro viés de análise se dá por meio da EMG. Em condições de estimulação submáxima o estímulo elétrico viaja pelas fibras aferentes Ia, em função de seu maior diâmetro se comparado ao *pool* de motoneurônios- α , diretamente para a espinha, gerando nesse nível uma resposta pós-sináptica e provocando o desencadeamento de potenciais de ação que percorrem os motoneurônios- α em uma resposta eferente direto no músculo denominada Reflexo-H (Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson, & Dyhre-Poulsen, 2002). Essa técnica é comumente usada para o monitoramento da capacidade de transmissão do impulso neural pelo *pool* de motoneurônios- α (Perrey, Racinais, Saimouaa, & Girard, 2010; Racinais, Girard, Micallef, & Perrey, 2007).

À medida que a intensidade dos estímulos aumentam, até mesmo os axônios mais finos do *pool* de motoneurônios- α são excitados, gerando tanto uma resposta eferente no músculo (*M-Wave*), quanto a propagação antidrômica desse estímulo, o qual também viaja pelos axônios dos motoneurônios- α no sentido da espinha, e chocam-se com a resposta pós-sináptica gerada na mesma, anulando gradualmente o Reflexo-H. Quando esse fenômeno ocorre em intensidades supramáximas de estimulação elétrica, ocorre a *Mmax*, que trata-se da máxima manifestação da *M-Wave* e significa a máxima capacidade de excitação (potencial de ação) do músculo monitorado (Aagaard et al., 2002).

Dessa forma, basicamente, a técnica TI consiste em aplicar estímulos elétricos sobre o ponto de maior sensibilidade do nervo motor do grupamento muscular a ser investigado, até a determinação de uma intensidade em que o estímulo elétrico não seja capaz de gerar aumento da força evocada no músculo relaxado, torna-se possível a identificação do platô da *M-Wave* ou até o limite de desconforto do avaliado em tolerar o estímulo elétrico, e então superimpor essa intensidade entre 100 a 150%, para ser aplicada tanto no músculo relaxado, quanto durante o platô da força desenvolvida durante as CIVM (Girard, Bishop, & Racinais, 2013; Perrey et al., 2010).

Comumente, o nível percentual de ativação voluntária é calculado a partir da fórmula “ $AV = (1 - (TS / TP) \times 100)$ ” (Gandevia, 2001). Entretanto, o percentual de ativação voluntária (AV) também pode ser estimado a partir da fórmula “ $AV = (1 - (TS \times (\text{nível de força no momento da estimulação} / \text{Força pico}) / TP)) \times 100$ ”, que foi proposta por Allen, Gandevia e McKenzie (1995) e utilizada por Strojnik e Komi (1998) e Neyroud e colaboradores (2014) para a correção de casos em que o estímulo elétrico foi aplicado ligeiramente antes ou depois do platô do pico de força.

Avaliações realizadas em momentos antes e após uma condição fatigante tem demonstrado que as alterações provenientes dessas medidas geram um feedback quanto ao percentual de ativação central (i.e., decréscimo de 3% no AV após série de *sprints* repetidos) verificado a partir de um decréscimo significativo na atividade do quadrado médio da raiz (RMS) do vasto lateral (Girard et al., 2013).

A amplitude do sinal de força adicional gerado durante a TS é associada com padrões de fadiga central (Behm, St-Pierre, & Perez, 1996; Kooistra, Ruiter, & Haan, 2008) enquanto que a diminuição da TP é uma evidência de fadiga periférica (Gandevia, 2001; Merton, 1954; Millet et al., 2011; Place, Casartelli, Glatthorn, & Maffiuletti, 2010). Além disso, a diminuição da razão RMS/*M-Wave* é associada à falha da capacidade de transmissão do impulso neural no nível da fenda sináptica neuromuscular (diminuição do RMS), além da perda de amplitude do

potencial de ação evocado (diminuição da *M-Wave*), significando instauração da fadiga periférica (Girard et al., 2013; Perrey et al., 2010; Racinais et al., 2007).

Apesar das possibilidades de análise e ferramentas fornecidas a partir da utilização da técnica TI, ainda não há um consenso na literatura sobre em que nível exercícios fatigantes podem perturbar, a nível neuromuscular, a manutenção da tarefa (e.g., *sprints* repetidos). Racinais e colaboradores (2007) encontraram diminuição tanto no AV (fadiga central), quanto na razão RMS/*M-Wave* (fadiga periférica) após uma série de 10 *sprints* de 6 segundos em ciclo ergômetro em intensidades de “*all out*” com 30 segundos de intervalo.

Contrariamente, Girard e colaboradores (2013) não encontraram alterações significativas nos padrões citados anteriormente após 10 *sprints* de 6 segundos em ciclo ergômetro em intensidades de “*all out*” com 30 segundos de intervalo, seguidos de 6 minutos de intervalo e mais 5 *sprints* de 6 segundos com 30 segundos de intervalo. Entretanto, os autores verificaram uma queda significativa da TC (> 40%), indicando que a queda de desempenho durante os *sprints* sofreu forte influência da fadiga periférica.

Em um contexto em que ocorrem prolongados períodos de significativa atividade cognitiva, o atleta pode ser acometido por um estado de fadiga mental (Marcora, Staiano, & Manning, 2009). A fadiga mental, comumente estimulada nos estudos presentes na literatura por meio de longos períodos realizando leituras, respondendo a testes de raciocínio ou assistindo a vídeos com conteúdo emocionalmente neutro (Van Cutsem et al., 2017), demonstra um efeito negativo sobre a detecção e correção de erros (Lorist, Boksem, & Ridderinkhof, 2005), piora no desempenho em jogos reduzidos de futebol, (Badina, Smith, Conte, & Coutts, 2016), e em aspectos físicos e técnicos do futebol (Smith et al., 2016). Além disso, embora evidências indiquem que a fadiga mental não exacerbe a fadiga central ocasionada por exercícios de endurance (Pageaux, Marcora, Rozand, & Lepers, 2015), a fadiga mental é associada ao aumento da percepção subjetiva de esforço em exercícios autorregulados (Brownsberger, Edwards, Crowther, & Cottrell, 2013).

Especificamente no contexto do goalball, a ausência de visão estimula nos atletas a realização de um considerável esforço cognitivo durante o treinamento e jogos devido a demanda sensorial proveniente das referências táteis e sonoras. De acordo com Eddy e Mellalieu (2003), jogadores de goalball relatam fazer uso de imagens mentais, de maneira subconsciente, com o objetivo de localizar as traves, adversários, colegas de time e bola, a partir de lembranças relacionadas a sua experiência e também através dos estímulos auditivos proporcionados pelo jogo. Além disso, Powis (2018) identificou que durante a prática de

modalidades coletivas atletas com deficiência visual utilizam os estímulos auditivos também como forma de criarem um mapa mental para a localização dos elementos essenciais do jogo.

Em função do desacordo da literatura específica e até mesmo do baixo número de estudos que verificaram a composição da fadiga (central, periférica ou ambos) durante esforços intermitentes de alta intensidade, como é o caso do goalball, mais estudos que se utilizem de técnicas padronizadas de TI se fazem necessários visando o entendimento dos fatores neuromusculares que envolvem esse tipo de tarefa. Além disso, a demanda cognitiva presente na prática do goalball é susceptível de ser identificada a partir da investigação da percepção subjetiva de esforço dos jogadores e posteriormente correlacionada com os parâmetros neuromusculares.

3. PLANO DE TRABALHO

A presente dissertação de mestrado foi composta de dois trabalhos científicos para responder à pergunta central. Cada trabalho contempla pelo menos um dos objetivos específicos apresentados anteriormente. Inicialmente, o enfoque foi direcionado para o aprimoramento metodológico e aperfeiçoamento do uso das técnicas que seriam empregadas nos experimentos. Posteriormente foram conduzidos os procedimentos referentes aos dois estudos principais (Figura 3.1), que consistem na verificação dos parâmetros neuromusculares, fisiológicos e de desempenho técnico do jogo no momento do esforço em três jogos simulados de goalball consecutivos (estudo 1), e a análise da influência da fadiga induzida por um teste incremental específico para o goalball sobre a acurácia e velocidade da bola em arremessos de um protocolo de cobranças de penalidade (estudo 2).

Participaram dos experimentos um total de 13 jogadores experientes de uma mesma equipe de goalball do estado de São Paulo, sendo que 10 deles se voluntariaram para o estudo 1 e 11 para o estudo 2. As características dos participantes podem ser verificadas na Tabela 3.1.

Figura 3.1 - Desenho experimental da série de trabalhos que compõem a presente dissertação de mestrado

Tabela 3.1 - Médias e desvio padrão da idade, tempo de experiência na modalidade e características antropométricas dos atletas

	Idade (anos)	Tempo de experiência (anos)	Massa corporal (kg)	Altura (m)	IMC (kg.m⁻²)
Total (n=13)	40 ± 12	6 ± 4	88,2 ± 18,2	1,73 ± 0,1	29,4 ± 5,4
Estudo 1 (n=10)	37 ± 9	5 ± 3	90,3 ± 18,1	1,75 ± 0,1	29,5 ± 5,6
Estudo 2 (n=11)	41 ± 12	6 ± 4	85,2 ± 16,9	1,73 ± 0,1	28,5 ± 5,3

Estudo 1 - participaram dos jogos simulados de goalball; Estudo 2 - participaram do protocolo de cobranças de penalidades

4. ESTUDO 1: EFEITO DE PARTIDAS CONSECUTIVAS DE GOALBALL SOBRE OS PARÂMETROS NEUROMUSCULARES, FISIOLÓGICOS E DE DESEMPENHO TÉCNICO DO JOGO

4.1. Resumo

Proposta: Este estudo teve como objetivo examinar as respostas neuromusculares, fisiológicas e de desempenho técnico do jogo, bem como suas correlações, em três jogos consecutivos de goalball.

Método: Dez jogadores homens (37 ± 9 anos; $90,3 \pm 18,1$ kg; $1,75 \pm 0,1$ metros) disputaram três jogos simulados de goalball. Avaliações de parâmetros neuromusculares usando contrações voluntárias isométricas máximas e a técnica *Twitch Interpolation*, concentração de lactato sanguíneo e percepção subjetiva de esforço usando a escala CR-10, foram realizadas em repouso e imediatamente após cada partida. A frequência cardíaca foi registrada em repouso e durante todo o tempo dos jogos. Além disso, todas as ações durante os jogos foram inteiramente filmadas para posterior análise do desempenho técnico do jogo.

Resultados: A análise de variância bayesiana relatou diminuições significativas após o segundo jogo para a força pico (402 ± 132 N para 359 ± 80 N) e porcentagem de ativação voluntária ($84 \pm 13\%$ para $73 \pm 20\%$). A faixa de frequência cardíaca predominante em todas as partidas foi < 130 bpm ($\sim 41\%$ do tempo) enquanto a intensidade principal foi aquela correspondente à zona entre 65 e 85% da frequência cardíaca máxima ($\sim 75\%$ do tempo). A percepção subjetiva de esforço apresentou correlação negativa significativa com a frequência de arremessos ($r = -0,58$, $BF_{10} = 48$, *muito forte*) e densidade de ações ($r = -0,53$, $BF_{10} = 17$, *forte*), e a frequência cardíaca pico do jogo com o tempo de recuperação entre as ações ($r = -0,63$, $BF_{10} = 70$, *muito forte*).

Conclusão: Jogos consecutivos de goalball induziram fadiga central aguda a partir do segundo jogo. Além disso, a participação do atleta no jogo parece depender de sua percepção subjetiva de esforço e frequência cardíaca pico do jogo.

Palavras-chave: goalball; ativação muscular; *twitch interpolation*; frequência cardíaca; análise do desempenho.

4.2. Introdução

O goalball é um esporte em crescente popularidade já praticado em mais de 90 países de todos os continentes (IBSA, 2020b). Uma partida tem dois períodos de 12 minutos e pode ser encerrada antes caso uma das equipes abra uma vantagem de dez gols de diferença no placar. Entretanto, devido a constantes paradas no cronômetro, o jogo pode ter uma duração superior a 60% a mais do que os 24 minutos programados (IBSA Goalball, n.d.). O tempo total de jogo pode variar de acordo com as possibilidades dadas pelas regras: paradas oficiais (e.g., barulho, checagem de equipamento, esclarecimento), penalidades, pedidos de tempo, substituições, limpeza de quadra, dentre outros. Além disso, uma mesma equipe pode jogar até três partidas em um mesmo dia (IBSA, 2019b), sendo comum que em competições de goalball a mesma equipe jogue mais de uma partida por dia, demandando dos atletas um grande nível de esforço cognitivo (Eddy & Mellalieu, 2003) e cardiovascular (Ikeda et al., 2019; Laredo et al., 2019; Theophilos et al., 2005), podendo levar ao processo de instauração da fadiga.

A fadiga é classicamente definida como uma redução da força máxima induzida pelo exercício físico produzida por um músculo ou grupo muscular (Asmussen, 1979; Gandevia, 2001). A avaliação da fadiga neuromuscular é comumente verificada a partir de contrações isométricas voluntárias máximas (Cairns et al., 2005) e percentual de ativação voluntária através da técnica denominada *Twitch Interpolation*, que consiste em estimular eletricamente em níveis supra máximos o nervo motor de determinado grupamento muscular durante e imediatamente antes ou após as contrações isométricas voluntárias máximas. A redução da força nas contrações isométricas voluntárias máximas pós-exercício pode ser desencadeada por prejuízos na função contrátil (fadiga periférica) e/ou na capacidade do sistema nervoso central de ativar o músculo (fadiga central), que pode ser verificada através da redução progressiva no percentual de ativação voluntária (Gandevia, 2001). Não obstante, a demanda cognitiva dos atletas é muito alta, uma vez que atletas com deficiência visual se utilizam dos outros sistemas sensoriais para suprir a demanda visual (Eddy & Mellalieu, 2003; Powis, 2018).

Caraterizado por um ciclo de sucessivas ações de ataque e defesa (Morato et al., 2012), o goalball tem no arremesso, especialmente nos mais rápidos (Morato et al., 2018), uma ação técnica determinante para o resultado de uma partida. Todavia, apesar de a força da musculatura dos membros superiores ser essencial durante a execução dos arremessos (De Campos et al., 2020), a força explosiva de membros inferiores e o desempenho do *sprint* apresentam forte correlação com a velocidade da bola (Goulart-Siqueira et al., 2019; Jorgić et al., 2019), pois os jogadores devem ser capazes de acelerar e desacelerar rapidamente a uma curta distância para

realizar o arremesso (Monezi et al., 2018), causando fortes contrações estáticas e dinâmicas dos músculos dos membros inferiores. Diante dessas informações, parece particularmente relevante investigar a fadiga neuromuscular dos músculos extensores do joelho induzida por jogos consecutivos de goalball.

Adicionalmente, a análise da frequência cardíaca e a observação sistemática por vídeo podem fornecer informações importantes sobre o processo de instauração da fadiga em partidas de goalball. Embora a contribuição do metabolismo anaeróbio láctico seja pequena ou inexistente em uma partida (Alves et al., 2018; Theophilos et al., 2005), o tempo de jogo desempenhado com a frequência cardíaca acima de 85% da frequência cardíaca máxima pode superar os 40% (Ikeda et al., 2019; Theophilos et al., 2005), evidenciando a alta demanda cardiovascular promovida pelo jogo. Além disso, a análise sistemática por vídeo possibilita a verificação de oscilações no desempenho (Hughes & Bartlett, 2002) a partir da frequência das ações ofensivas e defensivas da modalidade (Morato et al., 2017). Esses elementos constituem o desempenho técnico do jogo (Hughes & Bartlett, 2002; O'Donoghue, 2009), que pode ser afetado de acordo com a capacidade de manutenção do esforço durante uma partida (Alves et al., 2018).

Desse modo, nossa primeira hipótese é de que jogos simulados de goalball consecutivos podem induzir uma redução significativa na força das contrações isométricas voluntárias máximas dos músculos extensores do joelho devido a alterações periféricas e centrais. Nossa segunda hipótese é de que as variáveis neuromusculares, fisiológicas e percepção subjetiva de esforço se correlacionarão significativamente com o desempenho técnico do jogo.

Portanto, a partir de três jogos simulados de goalball consecutivos, os objetivos do presente estudo foram: (i) examinar o comportamento da fadiga neuromuscular; (ii) examinar o perfil de atividade e as demandas fisiológicas provenientes da frequência cardíaca associadas ao esforço; e (iii) investigar a relação entre parâmetros neuromusculares, fisiológicos, percepção subjetiva de esforço e desempenho técnico do jogo. Consequentemente, o conhecimento sobre as alterações neuromusculares (ainda desconhecidas no goalball) e fisiológicas promovidas por partidas consecutivas de goalball poderão auxiliar treinadores e profissionais do esporte na utilização de estratégias que ajudem a minimizar os efeitos deletérios da fadiga no decorrer de uma competição, bem como na prescrição dos treinamentos durante a temporada.

4.3. Métodos

4.3.1. Participantes

Dez jogadores homens (37 ± 9 anos; $90,3 \pm 18,1$ kg; $1,75 \pm 0,1$ metros), sem histórico de lesões músculo-esqueléticas crônicas, foram recrutados de um mesmo time de goalball do estado de São Paulo disputando o campeonato estadual. Os participantes treinavam de três a quatro vezes por semana por aproximadamente 150 minutos, no período da manhã, e seu tempo de experiência na modalidade participando de competições estaduais e nacionais era de 5 ± 3 anos. Sete jogadores eram classificados como B1 (acuidade visual inferior a LogMAR 2,6), um jogador como B2 (acuidade visual variando de LogMAR 1,5 a 2,6 (inclusive) e/ou campo visual restrito a um diâmetro inferior a 10 graus) e dois jogadores como B3 (acuidade visual variando de LogMAR 1,4 a 1,0 (inclusive) e/ou campo visual restrito a um diâmetro inferior a 40 graus) (IBSA, 2020a).

Todos os jogadores participaram voluntariamente do estudo e foram devidamente informados sobre os procedimentos experimentais. Após concordarem com a participação, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (nº 03121318.3.0000.5659).

4.3.2. Desenho experimental

As avaliações foram realizadas durante o período competitivo e ocorreram em uma quadra esportiva com todas as especificações necessárias para a prática de goalball. Todos os participantes foram previamente familiarizados com os procedimentos da coleta que tiveram duração total de 5 horas. Os procedimentos tiveram início pela manhã, no mesmo horário em que os atletas realizavam o treinamento. Foram realizadas avaliações da percepção subjetiva de esforço, concentração de lactato sanguíneo ($[La^-]$) e dos parâmetros neuromusculares por meio de contrações isométricas voluntárias máximas e da técnica *Twitch Interpolation*, em repouso e imediatamente após cada partida. As avaliações levaram 5 minutos por participante em cada momento. A frequência cardíaca foi registrada em repouso e durante todo o tempo dos jogos. Os participantes jogaram um total de três jogos simulados com duração de 40 minutos e intervalos de 30 minutos simulando um dia de competição com jogos consecutivos, e todas as

suas ações foram integralmente filmadas por duas câmeras digitais posicionadas em locais específicos da quadra para que posteriormente fosse realizada a observação sistemática por vídeo para determinação dos parâmetros do desempenho técnico do jogo. Todo o procedimento referente a coleta dos jogos simulados de goalball pode ser observado na Figura 4.1:

Figura 4.1 - Organograma das avaliações dos jogos simulados de goalball

Ordem dos procedimentos de coleta nos momentos pré e imediatamente após os três jogos simulados de goalball: 1) percepção subjetiva de esforço; 2) coleta de sangue [La⁻]; 3) *Twitch Interpolation*.

4.3.3. Avaliações neuromusculares

A avaliação neuromuscular foi realizada por meio de contrações isométricas voluntárias máximas de extensão do joelho (Cairns et al., 2005), e o monitoramento do percentual de ativação voluntária ocorreu por meio da técnica *Twitch Interpolation* (Gandevia, 2001). Todos os esforços foram realizados contra uma célula de carga de 200 kg (CSR-1T, MK Controle®, São Paulo, Brasil) e a aquisição dos dados foi feita em ambiente Labview 2015 (National Instruments®) com uma taxa de amostragem de 1000 Hz e filtrada digitalmente por um filtro *Butterworth* de quarta ordem com uma frequência de corte de 15 Hz, assumida após a análise de resíduos do sinal. A força pico das contrações isométricas voluntárias máximas foi assumida como a média de 100 milissegundos durante o platô de força.

Para tanto, os avaliados foram posicionados em um ergômetro desenhado especificamente para essa análise, onde o participante permaneceu com o tronco preso a cadeira, com o quadril e os joelhos flexionados em 80° e 90°, respectivamente, e firmemente preso ao assento por dois cintos cruzados na altura do peito e na altura da cintura. A perna dominante do avaliado foi acoplada ao equipamento a aproximadamente 3 centímetros acima

do maléolo lateral através de uma fita com velcro presa a um fio de metal atrelada a célula de carga.

Pulsos elétricos duplos (doubletes) (duração do pulso de 100 Hz – 1 milissegundo, intervalo de 10 milissegundos entre os pulsos) foram aplicados nos locais mais sensíveis do triângulo femoral (cátodo) e na dobra glútea (ânodo) por um estimulador elétrico de alta tensão (Bioestimulador 200 V pico-a-pico - Insight®, Ribeirão Preto – Brasil) através de eletrodos de borracha de carbono (5 x 7 centímetros, Eletrodos Autoadesivos CF3200 ValuTrode®). A intensidade do limiar de estimulação foi determinada previamente às isométricas voluntárias máximas por meio da aplicação de doubletes incrementais consecutivos (incrementos de 10 microampères) no músculo relaxado até o limite voluntário de sensação de desconforto do participante ou até a determinação de uma intensidade na qual mesmo com o incremento de intensidade não houvesse aumento do torque produzido pelo músculo relaxado (Girard et al., 2013). A corrente elétrica máxima alcançada foi assumida e a intensidade foi superestimada em 110% para garantir estimulações supramáximas (Scaglioni & Martin, 2009).

Os jogadores realizaram duas contrações isométricas voluntárias máximas com duração de 5 segundos separados por 60 segundos, com aplicação dos doubletes a 2-3 segundos das contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) (superimposição das CIVM – *twitch superimposed* (TS)) e 3 segundos após as CIVM (músculo relaxado – *twitch potentiated* (TP)) (Figura 4.2). O aumento da TS é associado com padrões de fadiga central (Behm et al., 1996; Kooistra et al., 2008) enquanto que a diminuição da TP é uma evidência de fadiga periférica (Gandevia, 2001; Merton, 1954; Millet et al., 2011; Place et al., 2010). O percentual de ativação voluntária (AV) foi calculado como $VA = [1 - (TS / TP)] \times 100$ (Allen et al., 1995). No entanto, quando o TS foi eliciado um pouco antes ou depois do platô de força das CIVM, a correção $VA = [1 - (TS \times (\text{nível de força no momento da estimulação} / F_{\text{PICO}}) / TP)] \times 100$ (Neyroud et al., 2014; Strojnik & Komi, 1998) foi aplicada. As CIVM com o maior valor de força durante as tentativas foram assumidas para a determinação das variáveis relativas ao sinal de força (força pico, *twitch superimposed*, *twitch potentiated* e percentual de ativação voluntária).

Figura 4.2 - Desenho representativo do protocolo utilizado para a avaliação neuromuscular

4.3.4. Avaliações fisiológicas e percepção subjetiva de esforço

Amostras de sangue $[La^-]$ do lóbulo da orelha (25 μ L) foram coletadas em repouso e imediatamente após o final de cada partida, depositadas em tubos com fluoreto de sódio (1%) e analisadas usando um lactímetro eletroquímico YSI 2300 STAT (Yellow Springs, OH, USA) (Astles, Sedor, & Toffaletti, 1996). A determinação da percepção subjetiva de esforço foi feita pela escala CR-10 de Borg (Borg, 1982) de maneira verbal, adaptado por Foster e colaboradores (2001).

A frequência cardíaca foi registrada batimento-a-batimento em repouso e durante todo o tempo dos jogos por meio de frequencímetro cardíaco – Polar Team (Polar ®Kempele, Finlândia) - de maneira contínua e, posteriormente transmitida para o computador por meio de interface modelo – IR interface (Polar ®, Finlândia). A cinta do monitor cardíaco foi colocada na altura do peito, que foi reforçado com esparadrapo para que não se soltasse durante o jogo. Essa estratégia foi adotada pois os jogadores participantes não relataram na sessão de familiarização qualquer desconforto em relação ao monitor cardíaco, visto que o mesmo pode ser atingido pela bola e, conseqüentemente, causar algum ferimento.

A frequência cardíaca média ($FC_{MÉDIA}$) foi assumida como o valor médio da frequência cardíaca e o valor mais alto da frequência cardíaca registrado durante os jogos foi assumido como frequência cardíaca máxima do jogo ($FC_{MÁXJOGO}$). A frequência cardíaca máxima ($FC_{MÁX}$) foi considerada a frequência mais alta obtida ao final de um teste incremental específico para o goalball (Gulick & Malone, 2011) a que os atletas foram submetidos previamente, já que esse valor foi superior ao da $FC_{MÁXJOGO}$ obtido nos jogos simulados de goalball do presente estudo.

Como sugerido por Ekelund e colaboradores (2001), os valores de frequência cardíaca acima 160 batimentos por minuto (bpm) foram considerados como a frequência cardíaca

absoluta correspondente a "muito vigoroso." O tempo relativo foi determinado em três zonas de intensidade com base nas recomendações do American College of Sports Medicine (2010): atividade sub-aeróbia ou baixa atividade ($< 65\%$ da $FC_{MÁX}$), zona aeróbia ou atividade moderada ($65 - 85\%$ $FC_{MÁX}$) e acima do limiar ou muito vigorosa ($> 85\%$ $FC_{MÁX}$).

4.3.5. Jogos simulados de goalball e desempenho técnico do jogo

O protocolo dos jogos simulados de goalball consistiu em um sistema de jogos ininterruptos em que cada participante jogou três períodos de 40 minutos consecutivos, que já consideraram as paradas previstas pelas regras (penalidades, substituições, limpeza de quadra, dentre outros), com intervalo de 30 minutos entre eles. O respectivo tempo de duração do jogo foi adotado porque em uma partida de goalball oficial, que tem dois tempos de 12 minutos, o cronômetro é parado constantemente e, portanto, sua duração total chega a aproximadamente 40 minutos, como pode ser observado nos vídeos das partidas de goalball dos Jogos Paralímpicos do Rio de Janeiro/2016, presentes no canal da *International Blind Sports Federation* na plataforma YouTube (IBSA Goalball, n.d.). Portanto, considerando a relação esforço-pausa e a densidade do jogo (Alves et al., 2018), buscou-se com esse modelo experimental estimular a fadiga por meio da maior proximidade possível com o contexto real.

Além disso, o emprego desta estratégia permitiu que todos os participantes fossem avaliados imediatamente após jogar seus respectivos 40 minutos, minimizando a chance de restabelecimento da homeostase muscular. Em relação ao intervalo de 30 minutos entre os jogos, estimamos que este corresponde ao intervalo mínimo de recuperação em um dia de competição de goalball se levarmos em consideração que, de acordo com a tabela da evento, a partida que ocorre entre dois jogos de uma mesma equipe seja encerrada rapidamente devido à uma diferença de 10 gols no placar, exigindo que o próximo jogo tenha início em 5 minutos (IBSA, 2019b).

A ordem de entrada em quadra dos atletas avaliados foi definida aleatoriamente, iniciando com um atleta e mais cinco jogadores com a função de *staff*. Esses jogadores eram integrantes da equipe que optaram por não serem submetidos as avaliações propostas no estudo e, portanto, tiveram como função substituir participantes avaliados nos momentos de avaliação e durante seus intervalos. O tempo em quadra foi cronometrado individualmente para cada jogador avaliado e ao completar 40 minutos o mesmo era substituído pelo participante na sequência, ou por um *staff*, quando ainda não tivesse sido completado o intervalo de 30 minutos,

garantindo que o jogo se mantivesse em uma alta intensidade e os atletas fossem avaliados nos períodos corretos. Todo o equipamento de avaliação foi armazenado ao lado da quadra, na área de bancada da equipe, a uma curta distância em relação a posição em quadra (comprimento ~ 4 segundos).

O desempenho técnico do jogo foi utilizado para a quantificação das ações ofensivas e defensivas dos atletas em cada período jogado. Nenhum requisito específico foi exigido para que a validade do jogo fosse preservada, estimulando assim a alta competitividade sem influenciar na situação, contexto ou variáveis posicionais. Todas as regras oficiais foram aplicadas e todo o período de jogos simulados de goalball foi integralmente filmado por duas câmeras GoPro HERO 3+ (Woodman Labs Inc., USA) ajustadas a uma frequência de 60 Hz em *full HD*, totalizando 4 horas de filmagens. As câmeras foram posicionadas no ponto mais alto da arquibancada do ginásio, presas a estruturas metálicas, de forma a enquadrar toda a quadra (Figura 4.3).

Dois pesquisadores analisaram e registraram o desempenho técnico do jogo usando a observação sistemática por vídeo em software específico (Kinovea 0.8.25). Considerando os três momentos de medição para cada participante, as medidas técnicas compreenderam ao seguinte conjunto de critérios de análise: frequência de arremessos, defesas e tempo de recuperação (segundos) entre cada ação (arremesso ou defesa). A densidade das ações (soma dos arremessos e defesas por minuto) também foi calculada em cada momento da medição. Os pesquisadores acordaram que seriam consideradas como defesas todas as ações em que o jogador realizasse o movimento de transferência, quando direciona o seu corpo para o sentido em que a bola está se deslocando, e posteriormente concluísse a ação com o deslize defensivo, com o objetivo de bloquear a bola, independentemente de a bola tocar em seu corpo. Os indicadores de desempenho técnico foram selecionados de acordo com os princípios ofensivos e defensivos que compõem a auto-organização no goalball (Morato et al., 2017).

A confiabilidade das respostas do desempenho técnico do jogo foi avaliada usando os primeiros 50 minutos da filmagem dos jogos simulados de goalball (20% da amostra), analisado duas vezes, em diferentes momentos (15 dias de intervalo) por dois observadores, um técnico de goalball e um pesquisador experiente em análise observacional por vídeo. O índice Kappa foi utilizado para variáveis categóricas (Fleiss, Levin, & Paik, 2013) e o coeficiente de correlação intraclass (ICC) para variáveis numéricas (Hopkins, 2000). O índice Kappa foi superior a 0,8 para as ações analisadas tanto para a confiabilidade intra-observador quanto para a inter-observador. O ICC foi próximo de 1,0 para intra e inter-observador nas recuperações.

Figura 4.3 - Imagens da quadra (câmeras 1 e 2)

4.3.6. Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas usando planilhas do Microsoft Office Excel 2016 e o software JASP (JASP Team, 2020) versão 0.12.2. O teste de hipóteses bayesiano foi utilizado, pois oferece uma alternativa útil, principalmente quando se trata de interpretar o suporte relativo de um modelo nulo contra um modelo alternativo (Lakens, McLatchie, Isager, Scheel, & Dienes, 2020; Quintana & Williams, 2018). O pacote de software JASP (JASP Team, 2020) oferece alternativas bayesianas a muitos dos testes inferenciais mais usados.

Inicialmente a normalidade da distribuição dos dados foi confirmada pelo teste de Shapiro Wilk. Os dados foram analisados por análise de variância (ANOVA) de uma via e correlação de Pearson. O cálculo da ANOVA bayesiana foi realizado para comparar as diferenças entre variáveis neuromusculares (força pico, *twitch superimposed*, *twitch potentiated* e percentual de ativação voluntária), percepção subjetiva de esforço, $[La^-]$ e $FC_{MÉDIA}$ nos momentos pré, pós jogo 1, 2 e 3, e entre $FC_{MÁXJOGO}$ e variáveis do desempenho técnico do jogo (arremessos, defesas, recuperação e densidade) nos jogos 1, 2 e 3. O fator de Bayes (BF) foi calculado para todas as variáveis usando os efeitos fixos da escala r pré-definidos pelo JASP, largura anterior de 0,5 para a distribuição anterior. As correlações bayesianas de Pearson foram usadas para verificar possíveis associações entre as variáveis neuromusculares, fisiológicas, percepção subjetiva de esforço e do desempenho técnico do jogo. Foi utilizado um beta “anterior” pré-definido pelo JASP de largura 1, que atribui probabilidade anterior igual a todos os valores de correlação entre -1 e 1. Para a comparação das frequências cardíacas registradas foram utilizados os 40 minutos registrados de cada partida.

O BF calcula a probabilidade de a hipótese nula (H_0) ou alternativa (H_1) ser verdadeira a partir dos dados presentes. Se um fator de Bayes favorável à H_1 (BF_{10}) significativo foi identificado, foi realizado um post-hoc (Westfall, Johnson, & Utts, 1997). A evidência para H_1 foi estabelecida como $BF_{10} > 1$, e a evidência para a H_0 foi definida como $BF_{10} < 1/3$. Foi relatado que BF_{10} indica a força da evidência para cada análise (dentro e entre) e interpretado usando as seguintes categorias de evidência: $1 < BF_{10} < 3 = \text{evidência anedótica}$ para H_1 ; $BF_{10} \geq 3 = \text{moderado}$; $BF_{10} \geq 10 = \text{forte}$; $BF_{10} \geq 30 = \text{muito forte}$; $BF_{10} \geq 100 = \text{extremo}$ (Wagenmakers et al., 2018).

4.4. Resultados

As médias, desvio padrão (DP) e BF_{10} relacionadas às diferenças entre os momentos pré, jogos 1, 2 e 3 para as variáveis neuromusculares, fisiológicas, percepção subjetiva de esforço e desempenho técnico do jogo estão apresentados Tabela 4.1.

A ANOVA bayesiana reportou evidência para H_1 para variáveis neuromusculares força pico e percentual de ativação voluntária. A diminuição significativa na força das contrações isométricas voluntárias máximas é demonstrada pela força pico na comparação entre os momentos pré vs jogo 2 ($BF_{10} = 4,5$, *moderado*) e pré vs jogo 3 ($BF_{10} = 2,6$, *anedótico*), e de fatores centrais através da diminuição significativa do percentual de ativação voluntária nas comparações entre o os momentos pré vs jogo 2 ($BF_{10} = 3,2$, *moderado*) e pré vs jogo 3 ($BF_{10} = 1,5$, *anedótico*).

Percepção subjetiva de esforço, $[La^-]$ e $FC_{MÉDIA}$ aumentaram significativamente ao longo das três partidas. O teste post-hoc apontou evidência para H_1 para percepção subjetiva de esforço entre os momentos pré vs jogo 1 ($BF_{10} = 1867,5$, *extremo*), pré vs jogo 2 ($BF_{10} = 3859,1$, *extremo*) e pré vs jogo 3 ($BF_{10} = 40554,3$, *extremo*); $[La^-]$ entre pré vs jogo 1 ($BF_{10} = 4,9$, *moderado*), pré vs jogo 2 ($BF_{10} = 4,8$, *moderado*) e pré vs jogo 3 ($BF_{10} = 1,2$, *anedótico*); e $FC_{MÉDIA}$ entre pré vs jogo 1 ($BF_{10} = 575661,4$, *extremo*), pré vs jogo 2 ($BF_{10} = 5.333e+6$, *extremo*) e pré vs jogo 3 ($BF_{10} = 3.552e+6$, *extremo*).

Tabela 4.1 - Comparação dos momentos pré e jogos simulados pela ANOVA bayesiana.
Dados apresentados como média $\pm$ DP (N = 10)

Variável	Pré	Jogo 1	Jogo 2	Jogo 3	BF ₁₀	Interpretação qualitativa
F _{PICO} (N)	401,90 $\pm$ 132,54	403,62 $\pm$ 113,48	359,02 $\pm$ 79,78	374,10 $\pm$ 79,04	1,28	<i>Anedótico</i>
TS (N)	18,43 $\pm$ 18,08	23,92 $\pm$ 24,45	39,96 $\pm$ 41,37	32,54 $\pm$ 40,57	0,36	<i>Anedótico para H₀</i>
TP (N)	101,81 $\pm$ 38,90	103,14 $\pm$ 36,32	103,77 $\pm$ 35,83	101,49 $\pm$ 30,66	0,18	<i>Moderado para H₀</i>
AV (%)	84,23 $\pm$ 12,67	80,70 $\pm$ 13,57	73,06 $\pm$ 20,08	77,61 $\pm$ 16,87	1,01	<i>Anedótico</i>
PSE (u.a)	0,70 $\pm$ 1,34	5,90 $\pm$ 2,28	6,30 $\pm$ 2,31	7,10 $\pm$ 2,13	147721,53	<i>Extremo</i>
[La ⁻] (mM)	1,80 $\pm$ 0,41	3,61 $\pm$ 1,98	3,29 $\pm$ 1,61	2,61 $\pm$ 1,34	1,87	<i>Anedótico</i>
FC _{MÉDIA} (bpm)	76 $\pm$ 8	131 $\pm$ 14	137 $\pm$ 14	138 $\pm$ 15	3.677e +9	<i>Extremo</i>
FC _{MÁXJOGO} (bpm)	-	172 $\pm$ 22	166 $\pm$ 13	174 $\pm$ 28	0,29	<i>Moderado para H₀</i>
Arremessos (ações)	-	25 $\pm$ 10	22 $\pm$ 10	20 $\pm$ 8	0,34	<i>Anedótico para H₀</i>
Defesas (ações)	-	70 $\pm$ 23	58 $\pm$ 30	54 $\pm$ 34	0,34	<i>Anedótico para H₀</i>
Recuperação (seg)	-	31,38 $\pm$ 11,48	35,36 $\pm$ 12,27	33,99 $\pm$ 15,67	0,25	<i>Moderado para H₀</i>
Densidade (número.tempo ⁻¹)	-	2,37 $\pm$ 0,70	2,12 $\pm$ 0,96	2,16 $\pm$ 1,01	0,24	<i>Moderado para H₀</i>

F_{PICO}: força pico das contrações isométricas voluntárias máximas; TS: amplitude da *twitch superimposed*; TP: amplitude da *twitch potentiated*; AV: percentual da ativação voluntária; PSE: percepção subjetiva de esforço; [La⁻]: concentração de lactato sanguíneo; FC_{MÉDIA}: média da frequência cardíaca; FC_{MÁXJOGO}: frequência cardíaca máxima do jogo; Arremessos: frequência de ações; Defesas: frequência de ações; Recuperação: tempo em segundos entre cada ação; Densidade: soma dos arremessos e defesas por minuto; BF₁₀: fator de Bayes favorável a H₁; N: newtons; u.a.: unidades arbitrárias; mM: milimolar; bpm: batimentos por minuto.

A FC_{MÁX} obtida no teste incremental foi de 190 $\pm$ 18,32 bpm. Em todas as partidas, a FC_{MÉDIA} manteve-se na faixa entre 130 a 140 bpm, equivalente a uma intensidade média nos jogos de 71,2 $\pm$ 2,0% da FC_{MÁX} e 79,2 $\pm$ 3,2% da FC_{MÁXJOGO}. Observa-se que nos três jogos a

maior porcentagem de tempo identificada encontra-se na faixa < 130 bpm, e que a frequência cardíaca excedeu 160 bpm (atividade vigorosa) por 3,8% do tempo no jogo 1, 13,1% no jogo 2 e 9,7% no jogo 3.

As distribuições de frequência para a frequência cardíaca durante os três jogos e as porcentagens de tempo gasto em cada faixa de frequência cardíaca durante os jogos são mostradas na Figura 4.4. Todas as comparações entre os três jogos para cada faixa de frequência cardíaca apontaram evidência para H_0 , e as comparações entre as faixas de frequência cardíaca registradas durante os jogos apontaram evidência para H_1 ($BF_{10} = 4.182e+9$, *extremo*). O teste de post-hoc mostrou que a faixa < 130 bpm foi diferente de todas as outras, com evidência *anedótica* na comparação com as faixas 130 - 140 e 140 - 150 ($BF_{10} = 2,4$ e $BF_{10} = 2,5$, respectivamente), *moderada* com 150 - 160 ($BF_{10} = 3,9$), *forte* com 160 - 170 ($BF_{10} = 20,7$), *muito forte* com 170 - 180 ($BF_{10} = 71,1$), e *extrema* com 180 - 190 ($BF_{10} = 121,9$), 190 - 200 ($BF_{10} = 124,9$) e > 200 ($BF_{10} = 125,9$).

Figura 4.4 - Porcentagens de tempo gasto em diferentes faixas de frequência cardíaca durante os jogos 1, 2 e 3

A primeira linha imediatamente abaixo ao gráfico de barras se refere as faixas de frequência cardíaca. As demais linhas se referem as porcentagens de tempo gastas em cada faixa de frequência cardíaca.

Em relação as porcentagens estabelecidas em diferentes zonas de intensidades em relação à $FC_{MÁX}$ de cada participante, os seguintes valores médios foram obtidos:

- *Baixa atividade*: o tempo gasto abaixo de 65% da $FC_{MÁX}$ foi de $21 \pm 9,4\%$ do tempo dos jogos;
- *Atividade moderada*: o tempo gasto entre 65 e 85% da $FC_{MÁX}$ foi de $74,6 \pm 9,8\%$ do tempo dos jogos;
- *Atividade muito vigorosa*: o tempo gasto acima de 85% da $FC_{MÁX}$ foi de $4,4 \pm 0,8\%$ do tempo dos jogos.

Também foi identificada evidência para H_1 nas comparações entre o tempo gasto em cada intensidade ($BF_{10} = 1.061e + 8$, *extremo*) (Figura 4.5). O teste post-hoc mostrou evidência *extrema* na comparação entre o tempo relativo gasto na intensidade entre 65 e 85% da $FC_{MÁX}$ e as intensidades $< 65\%$ ($BF_{10} = 2458,8$) e $> 85\%$ ($BF_{10} = 1.419e + 8$), e *anedótica* entre $< 65\%$ e $> 85\%$ ($BF_{10} = 2,5$).

Figura 4.5 - Porcentagens de tempo gasto em baixa atividade ($< 65\%$ $FC_{MÁX}$), atividade moderada (65 – 85% $FC_{MÁX}$) e atividade muito vigorosa ($> 85\%$ $FC_{MÁX}$) durante os jogos 1, 2 e 3

A primeira linha imediatamente abaixo ao gráfico de barras se refere as zonas de frequência cardíaca. As demais linhas se referem as porcentagens de tempo gastas em cada zona de frequência cardíaca.

A correlação bayesiana mostrou que a percepção subjetiva de esforço apresentou uma correlação positiva com a $FC_{MÉDIA}$, $r = 0,77$ ($BF_{10} = 285512,66$, *extremo*), e negativa com variáveis do desempenho técnico do jogo, como é o caso da frequência de arremessos, $r = -0,58$ ($BF_{10} = 48,66$, *muito forte*), e densidade $r = -0,53$ ($BF_{10} = 17$, *forte*). A $FC_{MÁXJOGO}$ se correlacionou negativamente com a recuperação entre as ações do desempenho técnico do jogo, $r = -0,63$ ($BF_{10} = 66,99$, *muito forte*), e positivamente com a densidade, $r = 0,55$ ($BF_{10} = 13,12$, *forte*). Uma lista completa das correlações é apresentada na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Correlações bayesianas entre variáveis neuromusculares, fisiológicas, percepção subjetiva de esforço e desempenho técnico do jogo (N = 23)

Variável		[La ⁻]	$FC_{MÉDIA}$	$FC_{MÁXJOGO}$	PSE	AR	DE	RE	DS
F_{PICO}	r	0,18	-0,06	0,15	0,02	0,25	0,21	-0,27	0,31
	BF₁₀	0,36	0,23	0,32	0,21	0,50	0,41	0,56	0,77
TS	r	-0,12	0,25	0,02	0,07	-0,25	-0,20	0,13	-0,25
	BF₁₀	0,26	0,55	0,26	0,23	0,51	0,38	0,29	0,50
TP	r	-0,09	0,20	0,17	0,14	-0,19	0,12	-0,06	0,02
	BF₁₀	0,24	0,39	0,34	0,28	0,36	0,29	0,25	0,24
AV	r	0,06	-0,19	-0,01	-0,01	0,16	0,24	-0,16	0,26
	BF₁₀	0,22	0,38	0,26	0,21	0,32	0,47	0,32	0,55
[La⁻]	r	—	0,30	0,03	0,43	-0,04	-0,25	0,10	-0,16
	BF₁₀	—	0,94	0,25	7,22	0,23	0,52	0,26	0,32
$FC_{MÉDIA}$	r		—	0,54*	0,77***	-0,14	0,28	-0,30	0,17
	BF₁₀		—	11,09	285512,66	0,30	0,58	0,70	0,34
$FC_{MÁXJOGO}$	r			—	-0,21	0,31	0,42	-0,63**	0,55*
	BF₁₀			—	0,41	0,75	2,16	66,99	13,12
PSE	r				—	-0,58**	-0,49	0,46	-0,53*
	BF₁₀				—	48,66	8,65	5,19	17,00

Nota: * $BF_{10} > 10$, ** $BF_{10} > 30$, *** $BF_{10} > 100$. **F_{PICO}**: força pico das contrações isométricas voluntárias máximas; **TS**: amplitude da *twitch superimposed*; **TP**: amplitude da *twitch potentiated*; **AV**: percentual da ativação voluntária; **[La⁻]**: concentração de lactato sanguíneo; **$FC_{MÉDIA}$** : média da frequência cardíaca; **$FC_{MÁXJOGO}$** : frequência cardíaca máxima do jogo; **PSE**: percepção subjetiva de esforço; **AR**: arremessos; **DE**: defesas; **RE**: recuperação; **DS**: densidade.

4.5. Discussão

Os objetivos deste estudo foram examinar as respostas neuromusculares de três jogos simulados de goalball consecutivos, o perfil de atividade através do monitoramento da frequência cardíaca e a correlação entre parâmetros neuromusculares, fisiológicos, percepção subjetiva de esforço e desempenho técnico do jogo. Até onde sabemos, este é o primeiro estudo que avalia parâmetros neuromusculares em uma amostra de jogadores de goalball. Os principais resultados foram: (i) a força das contrações isométricas voluntárias máximas dos músculos extensores do joelho diminuíram significativamente, indicando a presença de fadiga neuromuscular; (ii) o comportamento da frequência cardíaca se mantém predominantemente em uma faixa equivalente à atividade de intensidade moderada; e (iii) a percepção subjetiva de esforço e frequência cardíaca máxima do jogo explicam mais sobre a variabilidade em parâmetros do desempenho técnico do jogo do que variáveis neuromusculares. Coletivamente, esses dados confirmam as hipóteses do estudo e introduzem a evidência de que o estímulo provocado por jogos consecutivos de goalball parece causar prejuízos na capacidade do sistema nervoso central de ativar os músculos extensores do joelho, e que o comportamento da percepção subjetiva de esforço e frequência cardíaca pode estar ligado ao esforço cognitivo realizado pelos atletas nas partidas, podendo ter implicações importantes para a otimização do processo de treinamento de capacidades cognitivas.

Devido à ausência de estudos prévios que tenham investigado parâmetros neuromusculares no goalball, algumas comparações úteis serão feitas com outros esportes de característica intermitente. No presente estudo, após a segunda partida foi observada uma diminuição média significativa na força das contrações isométricas voluntárias máximas (~11%) e do percentual de ativação voluntária (~13%), em linha com o que foi demonstrado por Le Mansec e colaboradores (2017) ao avaliarem jogadores de tênis de mesa que disputaram quatro partidas em uma competição simulada. No entanto, as mudanças nas propriedades mecânicas de contração e perdas significativas na força voluntária máxima decorrentes do acúmulo de jogos são suscetíveis de serem maiores no tênis de mesa devido aos curtos intervalos entre os ralis, que chegam a ~9 segundos (Zagatto, Morel, & Gobatto, 2010), enquanto que no goalball pode superar 35 segundos entre as ações técnicas determinantes (Tabela 4.1).

Os jogadores avaliados apresentaram um valor médio de força pico relativamente baixo em repouso (~402 N) se comparado a atletas de esportes coletivos como jogadores semi profissionais de futebol de campo (~630 N) (Thomas, Dent, Howatson, & Goodall, 2017) e

jogadores profissionais de futsal (~840 N) (Milioni et al., 2016). Isso pode ser explicado por diferenças no nível de experiência em treinamento de resistência e demandas físicas das modalidades, visto que jogadores de futebol de campo podem percorrer mais de 10.000 metros e tem uma frequência de corridas de intensidade muito alta superior a 170 em um jogo (Bradley, Di Mascio, Peart, Olsen, & Sheldon, 2010), e jogadores de futsal tem curtos intervalos de recuperação e chegam a percorrer ~4.000 metros em uma partida, (Milioni et al., 2016). Por outro lado, no goalball, em que não há invasão territorial, jogadores de elite apresentam uma frequência de ações de recuperação superior a soma das ações de ataque e defesa (Alves et al., 2018).

O longo tempo de recuperação entre as ações no goalball também pode estar relacionado aos baixos níveis de $[La^-]$. A concentração de lactato no sangue é um dos fatores metabólicos que afetam a fadiga muscular ao aumentar com a intensidade do exercício (Wan, Qin, Wang, Sun, & Liu, 2017). Entretanto, os valores de $[La^-]$ observados no presente estudo são maiores que os identificados por Alves e colaboradores (2018) ($3,61 \pm 1,98$ mM após o primeiro jogo do presente estudo vs $2,0 \pm 0,9$ mM). Além disso, a valor médio da densidade das ações no presente estudo foi maior que duas ações por minuto em todos três jogos avaliados, enquanto que no estudo de Alves e colaboradores (2018) foi de aproximadamente 0,11 ações por minuto em dois jogos simulados disputados por atletas da elite do goalball brasileiro. Isso demonstra que a intensidade dos jogos no presente estudo foi alta, mesmo que o tempo de duração de arremessos e defesas (inferior a 3 segundos) (Alves et al., 2018; Monezi et al., 2018) seja evidência da dependência do metabolismo alático, e mesmo no caso dos jogadores mais susceptíveis ao aumento da participação do metabolismo anaeróbio lático, como aqueles em que observamos maior densidade de ações nos jogos (~4 ações por minuto), o lactato é rapidamente removido durante as ações de recuperação ativa (Ribeiro, Gonçalves, Kater, Lima, & Gobatto, 2009).

Tanto a $FC_{MÉDIA}$ quanto o perfil de atividade identificado a partir das porcentagens da $FC_{MÁX}$ foram diferentes das registradas previamente (Ikeda et al., 2019; Theophilos et al., 2005). A diferença na $FC_{MÉDIA}$ pode estar relacionada ao tempo de jogo, que no presente estudo foi de 40 minutos, mais próximo do contexto real do goalball, enquanto no estudo de Ikeda e colaboradores (2019) foi de exatamente 24 minutos (2 x 12 minutos), provavelmente estimulando um menor intervalo entre as ações e consequente aumento da demanda cardiovascular ($154,8 \pm 5$ bpm vs $130,94 \pm 14$ bpm no primeiro jogo do presente estudo). Em relação ao perfil de atividade, a menor porcentagem de tempo em atividade muito vigorosa (frequência cardíaca acima de 85% da $FC_{MÁX}$ em ~5% do tempo dos jogos) pode estar associada

ao método utilizado para estimar a $FC_{MÁX}$. Em termos relativos, enquanto no presente estudo utilizamos como referência a frequência mais alta obtida ao final de um teste incremental, Theophilos e colaboradores (2005) consideraram como $FC_{MÁX}$ a frequência cardíaca máxima do jogo registrada durante as partidas. De fato, a $FC_{MÁXJOGO}$ foi ~8% menor que a $FC_{MÁX}$ obtida no teste incremental no presente estudo, sugerindo que os autores podem ter subestimado a real $FC_{MÁX}$ dos atletas avaliados e, consequentemente, identificaram intensidade muito vigorosa em 40% do tempo (Theophilos et al., 2005).

Fortes correlações foram verificadas entre a percepção subjetiva de esforço e $FC_{MÁXJOGO}$ com variáveis do desempenho técnico do jogo, demonstrando que a fadiga relacionada a jogos consecutivos de goalball está associada ao comprometimento do desempenho técnico como ilustrado pela diminuição média, embora não significativa, da frequência de arremessos e defesas na comparação entre o primeiro e terceiro jogos (20% e 23%, respectivamente), e aumento do tempo médio de recuperação entre as ações (~8%) na comparação entre o primeiro e segundo jogos. É importante salientar que a diminuição na frequência de ações de defesa com o passar dos jogos está relacionada à não execução do movimento de transição e deslize defensivo pelos atletas posicionados ao lado do setor de destino da bola, ou seja, esses atletas em muitas ocasiões já não realizavam a cobertura defensiva como auxílio ao companheiro de equipe a que a bola arremessada foi destinada. Esses resultados indicam que a percepção subjetiva de esforço e a frequência cardíaca explicam mais sobre a variabilidade em parâmetros do desempenho técnico do jogo do que parâmetros neuromusculares.

Além disso, a percepção subjetiva de esforço e $FC_{MÉDIA}$ apresentaram uma significativa correlação positiva que vai ao encontro de evidências que indicam que o aumento na frequência cardíaca é proporcional ao esforço cognitivo (Sadler & Woody, 2006) e que o aumento da percepção subjetiva de esforço indica uma fadiga geral que pode afetar o desempenho (McMorris, Barwood, Hale, Dicks, & Corbett, 2018). De fato, atletas com deficiência visual realizam um forte trabalho cognitivo durante a prática esportiva para alcançar resultados psicológicos em vários contextos de treinamento e competição (Eddy & Mellalieu, 2003), especialmente a partir de estímulos auditivos (Powis, 2018).

No contexto do goalball, a informação auditiva está diretamente ligada ao som emitido pela bola e afeta diretamente mecanismos do controle motor, como o tempo de reação e a tomada de decisão (Silva et al., 2010). De acordo com Powis (2018), a informação auditiva é essencial em esportes coletivos para que atletas com deficiência visual elaborem mapas cognitivos que os possibilite identificar a localização de companheiros de equipe, adversários, e o que está acontecendo na partida. Isso ocorre devido a ativação das áreas pré-motoras e

motoras do cérebro com base na familiaridade com o esporte (Pizzamiglio et al., 2005; Woods et al., 2014). Evidências apontam para um impacto positivo no desempenho através do treinamento utilizando a informação auditiva (Schaffert, Janzen, Mattes, & Thaut, 2019), seja em esportes para atletas com deficiência visual (Schaffert & Mattes, 2012) ou sem deficiência (Agostini et al., 2004; Sors, Murgia, Santoro, & Agostini, 2016; Sors et al., 2017).

Existem algumas limitações no presente estudo que devem ser observadas. Primeiramente, mesmo que a força dos membros inferiores seja fundamental para que a velocidade da bola no arremesso seja maior (Goulart-Siqueira et al., 2019; Jorgić et al., 2019), deve-se reconhecer que a fadiga dos músculos extensores do joelho não é necessariamente representativa da fadiga do corpo todo e não representa totalmente o desempenho no goalball. Embora a aplicação da técnica *Twitch Interpolation* em membros inferiores esteja validada (Gandevia, 2001) e nos membros superiores ainda apresente limitações (Norberto et al., 2020), um método simples e de fácil execução como o da dinamometria de preensão manual (Gunha et al., 2020) poderia ter sido utilizado. De fato, como demonstrado por De Campos e colaboradores (2020), atletas que apresentam maior força nos membros superiores tendem a arremessar bolas mais rápidas, o que permite sugerir que a fadiga muscular é maior nos membros superiores do que nos membros inferiores devido à grande quantidade de arremessos executados pelos jogadores em uma partida, que pode exceder 40 em atletas da elite (Alves et al., 2018), especificamente entre os alas (Monezi et al., 2018). Além disso, 92% das lesões reportadas por jogadores de goalball ocorre nos membros superiores (Zwierzchowska, Rosolek, Celebańska, Gawlik, & Wójcik, 2020).

Adicionalmente, considerando que o desempenho individual em esportes coletivos é afetado por colegas de equipe e adversários (Carron & Chelladurai, 2016), a intensidade em uma simulação enfrentando adversários que são companheiros de equipe pode ser menor que no contexto em que se enfrenta adversários de outras equipes em competições. De acordo com Brownstein e colaboradores (2017), jogos simulados não necessariamente possibilitam a replicação das demandas cognitivas, habilidades e movimentos realizados em um jogo de uma competição. Além disso, as respostas da carga interna (Moreira, McGuigan, Arruda, Freitas, & Aoki, 2012), fisiológicas (Chaabène et al., 2014) e de recuperação neuromuscular (Brownstein et al., 2017) tendem a ser maiores em jogos competitivos, apontando para uma maior intensidade em comparação a jogos simulados.

Portanto, estudos adicionais que investiguem a fadiga induzida por jogos de goalball em músculos dos membros superiores bem como a instauração da fadiga em um contexto real de competição devem ser realizados para melhor compreensão da fadiga neuromuscular na

modalidade. Além disso, devido a predominância do sistema anaeróbico alático durante a execução das ações determinantes do jogo, estudos futuros poderiam investigar o efeito da suplementação com creatina em uma competição de goalball, visto que essa estratégia tem se mostrado efetiva para a manutenção do desempenho em esforços realizados por membros superiores com duração inferior a 3 minutos (Lanthers et al., 2017).

Os resultados deste estudo indicam algumas aplicações práticas. Atletas com menor força muscular nos membros inferiores e maior percepção subjetiva de esforço são susceptíveis a arremessar menos durante o jogo, demandando um maior tempo de recuperação entre partidas de goalball em uma competição. Técnicos e profissionais do esporte que atuam com o goalball podem incluir uma rotina de treinamento de resistência de força para membros inferiores, visto que já na segunda partida de goalball de um dia de competição pode ocorrer diminuição da força das contrações isométricas voluntárias máximas nos músculos extensores do joelho. Além disso, a demanda cognitiva para a manutenção da atenção durante os jogos demonstra um impacto significativo em atletas de goalball, como observado através do comportamento da percepção subjetiva de esforço e a frequência cardíaca. Portanto, também deve ser considerada a inclusão de exercícios que através de estímulos auditivos aprimorem em atletas de goalball a capacidade de discriminar e utilizar as informações do ambiente para aumentar a eficiência do tempo de reação, tomada de decisão e manutenção da atenção durante o jogo de goalball.

Complementarmente, algumas estratégias práticas podem ser apontadas a respeito de um contexto pertinente a competições reais. Considerando que há uma tendência de a frequência de arremessos diminuir durante os jogos em um dia de competição com até três jogos, é sugerido que o treinador promova um sistema de rodízio de arremessadores, ou seja, os três jogadores em quadra se revezam na realização dos arremessos para que possam descansar e se preservar para as próximas partidas. Além disso, devido a susceptibilidade à fadiga e consequente diminuição da participação de alguns atletas durante os jogos, o treinador pode solicitar que seus atletas foquem o alvo de seus arremessos em somente um dos defensores da equipe adversária, podendo assim exacerbar sua fadiga e com isso aumentar a quantidade de gols marcados.

4.6. Conclusão

Conclui-se que partidas consecutivas podem induzir fadiga neuromuscular nos músculos extensores do joelho em jogadores de goalball. Além disso, o perfil de atividade em

partidas consecutivas é de intensidade moderada e as correlações significativas entre percepção subjetiva de esforço, $FC_{MÁXJOGO}$ e variáveis do desempenho técnico do jogo apontam para um grande esforço cognitivo responsável pela manutenção do desempenho, indicando que quanto mais fadigado maior será a necessidade de recuperação do atleta e menor será a sua participação no jogo.

5. ESTUDO 2: EFEITO DA FADIGA SOBRE O DESEMPENHO NA COBRANÇA DE PENALIDADE DO GOALBALL

5.1. Resumo

Proposta: As demandas fisiológicas e neuromusculares do jogo de goalball podem ocasionar quedas significativas no desempenho em ações técnicas determinantes para o resultado de uma partida, como é o caso do arremesso na cobrança de penalidade. Portanto, o presente estudo teve como objetivo investigar a influência da fadiga induzida por um teste incremental específico para o goalball (TIEG) sobre o desempenho da acurácia dos arremessos e velocidade da bola (V_{BOLA}) em um protocolo de cobranças de penalidade (PCP).

Método: Onze jogadores homens (41 ± 12 anos; $85,18 \pm 16,85$ kg; $1,73 \pm 0,07$ metros) foram avaliados em uma quadra oficial completando o PCP antes e após a execução do TIEG, que consiste na realização do ciclo defensivo-ofensivo do goalball com crescente aumento da intensidade. A acurácia dos arremessos e V_{BOLA} foram mensuradas utilizando cinemática bidimensional e tridimensional, respectivamente. Antes do PCP pré e imediatamente após o PCP pós TIEG, foram verificadas a percepção subjetiva de esforço por meio da escala CR-10, concentração de lactato sanguíneo ($[La^-]$), e função neuromuscular por meio da força pico e força média durante contrações isométricas voluntárias máximas de extensão do joelho. Foi utilizada uma abordagem estatística bayesiana.

Resultados: Foi encontrada uma diferença de probabilidade (entre momentos pré e pós) para os constatados aumentos da percepção subjetiva de esforço (Fator de Bayes favorável para H_1 (BF_{10}) = 18.184, *extremo*) e $[La^-]$ (BF_{10} = 9.478, *extremo*), bem como diminuições na força pico (BF_{10} = 3,659; *moderado*) e força média (BF_{10} = 2,093; *anedótico*). Entretanto, a acurácia (BF_{10} = 0,222; *moderado para H_0*) e V_{BOLA} (BF_{10} = 0,221; *moderado para H_0*) durante os arremessos do PCP não foram afetados.

Conclusão: Apesar do declínio nas variáveis fisiológicas e neuromusculares que apresentaram uma importante manifestação de fadiga aguda a partir da execução do teste incremental específico para o goalball, essa condição aparentemente não afeta a acurácia e V_{BOLA} em arremessos de cobranças de penalidade no goalball.

Palavras-chave: goalball; ativação muscular; penalidade; cinemática tridimensional

5.2. Introdução

O goalball é caracterizado por ações de ataque e defesa intermitentes de curta duração e alta intensidade. Embora a participação do metabolismo anaeróbio láctico seja rara, visto que a concentração de lactato sanguíneo ($[La^-]$) fique abaixo do limiar anaeróbio durante uma partida de goalball (Alves et al., 2018; Theophilos et al., 2005), altas demandas fisiológicas são demonstradas por meio da análise da frequência cardíaca. Estudos prévios mostram que mais da metade do jogo é desempenhado a uma intensidade superior a 70% da frequência cardíaca máxima ($FC_{MÁX}$) (Ikeda et al., 2019; Theophilos et al., 2005), com uma média de 64 e 75% da $FC_{MÁX}$ durante a realização de defesas e ataques, respectivamente (Laredo et al., 2019).

Além disso, alguns estudos tem demonstrado que o desequilíbrio das demandas fisiológicas também pode ser afetado por fatores externos, como por exemplo, os provenientes do grande esforço cognitivo realizado por atletas com deficiência visual para a manutenção do desempenho durante a prática esportiva (Eddy & Mellalieu, 2003; Powis, 2018), que em tarefas exaustivas podem contribuir para a instauração de fadiga neuromuscular (Graham, Sonne, & Bray, 2014), diminuindo os níveis de força (Gandevia, 2001), e podendo afetar diretamente o desempenho em tarefas de alta intensidade e potência que são determinantes para o resultado de uma partida (Bradley et al., 2010; Dalen, Lorås, Hjelde, Kjøsnes, & Wisløff, 2019). No entanto, a literatura ainda carece de informações sobre a análise da fadiga e seu efeito sobre as habilidades motoras determinantes no goalball.

A análise da influência da fadiga induzida por jogos simulados e habilidades específicas no desempenho de ações técnicas já foi testada em outras modalidades. No contexto do handebol, Andrade e colaboradores (2016) demonstraram que embora jogos simulados provoquem redução significativa na força da musculatura glenoumeral, crucial para a efetividade dos arremessos, a velocidade da bola (V_{BOLA}) parece não ser prejudicada na realização do tiro de 7 metros. Ao analisar a V_{BOLA} em jogos oficiais, Zapardiel e colaboradores (2018) verificaram que não há diminuição da V_{BOLA} nos arremessos realizados no segundo tempo de partida. Além disso, a indução da fadiga a partir de um teste de corrida intermitente não alterou a acurácia dos arremessos (Akyüz et al., 2019). No entanto, ao induzir a fadiga através de habilidades motoras específicas, Nuño e colaboradores (2016) identificaram uma diminuição significativa na acurácia e V_{BOLA} à medida que os intervalos para descanso entre séries eram diminuídos progressivamente.

Similarmente à cobrança do tiro de 7 metros no handebol (Debanne, Laffaye, & Trouilloud, 2018), a penalidade no goalball pode ser um fator determinante para a definição do

resultado de uma partida. De acordo com Morato (2012), cometer uma penalidade aumenta as chances de o adversário pontuar, visto que apenas um jogador se apresenta na cobrança de penalidade (1 vs. 1). Essa informação é evidenciada por Magalhães (2015), que identificou uma maior quantidade de conversão de arremessos em gols nas penalidades em comparação ao jogo efetivo (88,9% vs. 7,5%, respectivamente). Além disso, cerca de um quarto dos gols em partidas de alto nível resultam de cobranças de penalidade, com uma tendência a se saírem vencedoras as equipes que apresentam melhor aproveitamento neste fundamento (Morato, 2012).

A análise do desempenho do arremesso em cobranças de penalidade pode ser realizada através das análises cinemática bidimensional (2-D) e tridimensional (3-D), pois esses métodos tem se constituído como importantes ferramentas para a verificação do desempenho em ações técnicas no goalball. Bowerman e colaboradores (2011) foram pioneiros ao utilizar a análise 2-D no goalball para investigar a correlação entre o tempo das fases do arremesso e a velocidade da bola (V_{BOLA}). Mais recentemente, Magalhães (2015) e Monezi e colaboradores (2018) utilizaram a análise 3-D para investigar parâmetros referentes ao desempenho ofensivo e defensivo em jogos oficiais.

Até onde sabemos, nenhum estudo no goalball investigou a relação entre fadiga e habilidades motoras específicas, especialmente no que diz respeito ao desempenho do arremesso em cobranças de penalidade. Portanto, o objetivo deste estudo foi investigar a influência da fadiga induzida por um teste incremental com habilidades motoras específicas do goalball sobre o desempenho da acurácia e velocidade da bola no arremesso em um protocolo de cobranças de penalidade.

5.3. Métodos

5.3.1. Participantes

Onze jogadores homens (40 ± 12 anos; $85,18 \pm 16,85$ kg; $1,73 \pm 0,07$), sem histórico de lesões músculo-esqueléticas crônicas, foram recrutados de uma mesma equipe de goalball do estado de São Paulo disputando o campeonato estadual. Os participantes treinavam de três a quatro vezes por semana por aproximadamente 150 minutos, no período da manhã, e seu tempo de experiência na modalidade disputando campeonatos estaduais e nacionais era de 6 ± 4 anos. Sete jogadores eram classificados como B1 (acuidade visual inferior a LogMAR 2,6), dois jogadores como B2 (acuidade visual variando de LogMAR 1,5 a 2,6 (inclusive) e/ou campo

visual restrito a um diâmetro inferior a 10 graus) e dois jogadores como B3 (acuidade visual variando de LogMAR 1,4 a 1,0 (inclusive) e/ou campo visual restrito a um diâmetro inferior a 40 graus) (IBSA, 2020a). Apesar de jogadores com menor comprometimento da visão apresentarem maior eficiência nos arremessos do jogo efetivo, evidências indicam que não há diferença no desempenho em arremessos de cobranças de penalidade entre jogadores cegos e de baixa visão (Molik et al., 2015).

Todos os jogadores participaram voluntariamente do estudo e foram devidamente informados sobre os procedimentos experimentais. Após concordarem com a participação, assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (nº 03121318.3.0000.5659).

5.3.2. Desenho Experimental

Todos os participantes foram previamente familiarizados com os procedimentos da coleta que teve duração total de 5 horas. Os procedimentos tiveram início pela manhã, no mesmo horário em que os atletas realizavam o treinamento. Foi avaliado um atleta por vez, em ordem aleatória. Primeiramente, foram realizadas em repouso a coleta para determinação dos valores pré da percepção subjetiva de esforço, $[La^-]$ e de parâmetros neuromusculares através de contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) nos músculos extensores do joelho (aproximadamente 3:30 minutos). Posteriormente, os jogadores foram submetidos a um breve aquecimento de cerca de 5 minutos, composto pela simulação de gestos específicos de defesa e ataque, e na sequência teve início o protocolo de cobranças de penalidade pré (PCP_{PRÉ}) para a avaliação da acurácia e V_{BOLA} (aproximadamente 2:30 minutos). A próxima etapa foi a aplicação do teste incremental específico para o goalball (tempo médio de $8:52 \pm 1:45$ minutos), e imediatamente após seu término foi realizado o protocolo de cobranças de penalidade pós (PCP_{PÓS}) seguido das avaliações iniciais para determinação dos valores pós. Além disso, as cobranças de penalidade foram integralmente filmadas para posterior realização das análises cinemática 2-D e 3-D (Figura 5.1).

Figura 5.1 - Organograma da avaliação das cobranças de penalidade no goalball

Ordem dos procedimentos de coleta nos momentos repouso e final: 1) percepção subjetiva de esforço; 2) coleta de sangue [La⁻]; 3) contração isométrica voluntária máxima.

5.3.3. Protocolo de cobranças de penalidade

Essa tarefa consistiu na simulação de oito cobranças de penalidade, sem a presença de um defensor, todas com diferentes setores de origem e de destino do arremesso a partir do método de divisão de setores proposto por Morato e colaboradores (2017). Foram definidos dois arremessos na direção paralela (origem 1 para destino 6 e origem 6 para destino 1) e seis na diagonal longa, sendo dois das laterais para o meio (origem 1 para destino 3 e origem 6 para destino 4), dois do meio para as laterais (origem 3 para destino 1 e origem 4 para destino 6) e dois nas intersecções onde se posicionam o atleta central/ pivô e o ala direito/ esquerdo (origem 2 para destino 2 e origem 5 para destino 5) (Figura 5.2). De maneira aleatória, a cada nova cobrança de penalidade os participantes eram informados durante a preparação do movimento do ataque (após o apito) a origem e destino no qual deveria ser desempenhado o arremesso. Dessa forma, diversas opções de origem e destino propostas levaram em consideração todos os setores da quadra, exploraram diferentes possibilidades de trajetória da bola e eliminaram o aspecto de previsibilidade e efeito da aprendizagem.

Previamente ao início do protocolo de cobranças de penalidade foi fornecido a cada participante a seguinte instrução: “Arremesse a bola com a velocidade máxima no alvo que será informado”. Os jogadores arremessaram a bola usando a técnica que mais lhe convinha, sempre com início na trave, no setor de origem previamente informado, seguindo as regras oficiais referentes as cobranças de penalidade no goalball. Uma descrição detalhada das técnicas de arremesso utilizadas no goalball é apresentada por Nascimento e Camargo (2012).

Figura 5.2 - Trajetórias dos arremessos propostas no presente protocolo de cobranças de penalidade

5.3.4. Teste incremental específico para o goalball

O teste incremental específico para o goalball foi realizado com o objetivo de induzir o participante à exaustão, e consequentemente, ao mais alto nível de fadiga a nível fisiológico e neuromuscular. Adaptado do protocolo estabelecido por Gulick e Malone (2011), que foi validado por apresentar uma forte correlação com o teste aeróbio realizado em bicicleta ergométrica ($r = 0.77$), o teste consiste em uma sequência de quatro ações específicas do jogo de goalball. A primeira é referente a uma simulação de defesa em que o participante realiza o deslize defensivo com impulsão de membros superiores ou inferiores. A segunda ação corresponde à transição defensiva, em que o participante se levanta e se desloca de costas até a trave preparando-se para o arremesso, e então recebe a bola de um auxiliar quando faz contato com a trave. A terceira ação refere-se à realização de um arremesso frontal, com progressão. A última ação equivale ao restabelecimento da posição de expectativa na linha lateral demarcada.

A execução desta sequência ocorreu durante um período de tempo pré-determinado com intervalos para descanso de 30 segundos entre cada estágio. O aumento da intensidade ocorreu com o aumento da densidade de ações ao longo dos estágios através do acréscimo de uma sequência de quatro ações e diminuição em 1 segundo na duração para a realização da mesma (Tabela 5.1). Os estágios foram realizados até que o participante fosse incapaz de voltar para a primeira ação da sequência antes da emissão do sinal sonoro realizado por um metrônomo em aplicativo gratuito (Exercise Timer, Neuron Digital).

Tabela 5.1 - Procedimentos referentes ao incremento de intensidade no teste incremental específico para o goalball

Estágios	Duração do estágio (seg)	Duração da sequência (seg)	Sequências realizadas
1	60	12	5
2	66	11	6
3	70	10	7
4	72	9	8
5	72	8	9
6	70	7	10
7	66	6	11
8	60	5	12

5.3.5. Procedimentos cinemáticos

As tentativas do PCP_{PRÉ} e PCP_{PÓS} foram submetidas às análises cinemáticas 2-D e 3-D para determinação da acurácia dos arremessos e V_{BOLA} , respectivamente. O monitoramento foi realizado integralmente por três câmeras GoPro HERO 3+, que foram posicionadas de forma a colocar a região de análise no centro do enquadramento das imagens, onde as distorções exercem menor efeito (Figura 5.3) (Woodman Labs Inc., USA) ajustadas a uma frequência de 60 Hz (*super view* modo 1920 x 1080 pixel de resolução; padrão NTSC) (Barbieri, Gobbi, Santiago, & Cunha, 2010; Milioni et al., 2016; Vieira et al., 2018).

Figura 5.3 - Referenciais do posicionamento das câmeras e da área calibração utilizada para mensuração da velocidade da bola

As filmagens obtidas pela câmera 1 foram utilizadas para as medidas de acurácia e das câmeras 2 e 3 para velocidade da bola.

5.3.5.1. Medidas de acurácia

As medidas de acurácia dos arremessos foram feitas a partir das imagens de uma câmera (câmera 1) posicionada frontalmente e distante 18 metros da linha do gol para identificar o frame de imagem no qual a bola transpassa o plano de gol. Este plano foi calibrado em 2-D com base em 14 pontos com posição conhecida nos eixos x e y (Figura 5.4) através da divisão da largura da quadra em seis setores de 1,5 metros de largura (Morato et al., 2017). O centroide da bola foi digitalizado manualmente utilizando o software DVIDEOW® (*Digital Video for Biomechanics for Windows 32 bits*) (Figuerola et al., 2003) através dos procedimentos de calibração, marcação dos quadros e reconstrução 2-D. A acurácia foi definida como a distância Euclidiana entre a posição do centroide da bola no instante que cruza o plano do gol em relação ao ponto mais próximo ao alvo (Barbieri, Gobbi, Santiago, & Cunha, 2015; Milioni et al., 2016; Vieira et al., 2018). Através de uma rotina específica desenvolvida em ambiente Matlab® (The MathWorks Inc, Natick, MA, USA), também foi possível determinar se a bola arremessada resultou em “gol no alvo”, “gol fora do alvo” ou “fora do gol”, identificando a distância em

metros do alvo nos dois últimos casos. Complementarmente, a obtenção das medidas de acurácia também permitiu verificar a precisão dos arremessos, ou seja, a proximidade entre os valores obtidos pela repetição do processo de medição considerando as tentativas pré e pós de mesma origem e destino.

Figura 5.4 - Enquadramento da câmera 1, posicionada frontalmente ao plano do gol, pontos utilizados para a calibração 2-D e identificação dos setores de destino do arremesso

5.3.5.2. Medidas da velocidade da bola

A V_{BOLA} foi mensurada a partir das imagens de duas câmeras (câmeras 2 e 3) que foram alocadas lateralmente a uma distância de 3 metros da linha lateral correspondente ao comprimento da quadra, formando um ângulo de 90° entre elas e de aproximadamente 45° com a bola dependendo do setor de origem do arremesso. A análise cinemática baseada na utilização de câmeras de vídeo, a videogrametria, é um método que permite a reconstrução de coordenadas espaciais a partir de projeções, considerada um método flexível e de alto nível de validade ecológica (Barros, Brenzikofer, Leite, & Figueroa, 1999), enquanto que medidas de V_{BOLA} realizadas com radar esportivo, método anteriormente aplicado no arremesso do goalball (Goulart-Siqueira et al., 2019), podem subestimar a real velocidade de acordo com a quantidade e posicionamento dos radares utilizados (Robinson & Robinson, 2016).

O ambiente foi calibrado anteriormente ao início das tentativas utilizando-se um bastão topográfico graduado com onze marcas com distâncias conhecidas (90, 204, 400, 602, 802, 1002, 1201, 1321, 1614, 1815 e 2016 milímetros) que foi posicionado verticalmente, nivelado e filmado em oito posições previamente demarcadas onde posteriormente seriam realizados os arremessos (9 x 6 metros) (Figura 5.5). Posteriormente, as sequências de imagens foram transferidas para o computador para a realização dos procedimentos (Barbieri, Gobbi, Santiago,

& Cunha, 2010; Milioni et al., 2016; Vieira et al., 2018) de sincronização das câmeras através de um evento em comum (e.g., quique da bola de goalball no solo do centro da área de calibração), definição de um frame de calibração (XX x YY x ZZ m), marcação dos quadros, e reconstrução 3D-DLT (*Direct Linear Transformation*) (Abdel-Aziz & Karara, 1971) no software DVIDEOW® (Figueroa et al., 2003). Desta forma, foram obtidas as matrizes de dados contendo as coordenadas espaciais 3-D de cada tentativa executada.

Figura 5.5 - Posicionamento do bastão topográfico para a realização da calibração

“A” corresponde a imagem da câmera 2 e “B” a imagem da câmera 3.

A velocidade média 3-D da bola foi mensurada a partir do deslocamento do centroide da bola sendo considerados dez quadros a partir do seu primeiro contato com o chão (Figura 5.6) tendo como base estudos prévios (Barbieri, Gobbi, Santiago, & Cunha, 2015; Milioni et al., 2016; Vieira et al., 2018). O tratamento dos dados foi conduzido por meio de uma rotina escrita em ambiente Matlab® (The MathWorks Inc, Natick, MA, USA), que permitiu calcular a velocidade da bola ao dividir a distância percorrida pelo tempo do percurso.

Figura 5.6 - Imagem das câmeras 2 e 3 retratando o deslocamento de dez quadros a partir do centroide da bola para mensuração da velocidade

5.3.5.3. Determinação do erro de medida

Um teste de acurácia para determinação do erro de medida proposto por Ehara e colaboradores (1997) e amplamente conduzido em estudos envolvendo cinemática 3-D (Barbieri et al., 2010; Milioni et al., 2016; Vieira et al., 2016; Vieira et al., 2018) foi realizado. Para isso, foi utilizado um bastão rígido contendo dois marcadores de referência (25 milímetros Ø) com uma distância conhecida entre eles (920 milímetros), que foi movido por todo o volume de medição logo após a calibração com o bastão topográfico. As coordenadas 3-D de cada marcador foram obtidas e digitalizados manualmente por um investigador (Higuchi, Morohoshi, Nagami, Nakata, & Kanosue, 2013). A distância Euclidiana entre os dois marcadores foi calculada para cada instante de tempo. O valor de acurácia calculado deste

estudo foi de $5,0 \pm 3,7$ centímetros; a precisão foi de $4,1 \pm 4,5$ centímetros e o viés foi de $2,6 \pm 3,9$ centímetros.

5.3.6. Coletas para análises sanguíneas e percepção subjetiva de esforço

As amostras de sangue para análise da $[La^-]$ foram realizadas por meio de lactímetro eletroquímico YSI 2300 STAT (Yellow Springs, OH, USA) (Astles et al., 1996). Para isso, 25 μ L de sangue foram coletados do lóbulo da orelha em tubos capilares previamente calibrados e hiperbarizados. As amostras foram imediatamente depositadas em tubos Eppendorf de 1,5mL contendo 50 μ l de Fluoreto de Sódio (NaF-1%) e congeladas para posterior análise. A punção manual foi realizada com lanceta picadora (Wiltex) de aço inox, esterilizada com Raio Gamma de uso único. Durante os procedimentos de assepsia (álcool 70%), punção manual e coleta das amostras sanguíneas, luvas para procedimento em látex (Lemgruber) foram utilizadas. Após a determinação das concentrações sanguíneas de lactato, as lancetas picadoras e todo o material utilizado durante as coletas foram descartados em coletor de perfuro cortante (Descarpak – 7 L) para posterior depósito em lixo biológico. Além disso, a determinação da percepção subjetiva de esforço foi feita pela escala CR-10 de Borg (Borg, 1982) de maneira verbal, adaptado por Foster e colaboradores (2001).

5.3.7. Avaliações neuromusculares

A avaliação neuromuscular foi realizada através de contrações isométricas voluntárias máximas (CIVM) de extensão do joelho. Todos os esforços foram realizados contra uma célula de carga de 200 kg (CSR-1T, MK Controle®, São Paulo, Brasil) e a aquisição dos dados foi feita em ambiente Labview 2015 (National Instruments®) com frequência de aquisição de 1000 Hz. O procedimento de avaliação neuromuscular correspondeu à realização de três CIVM com duração de 5 segundos, intercaladas por um período de 60 segundos de recuperação passiva. A CIVM com o maior valor de força durante as tentativas foi assumida para a determinação da força pico e força média (média da força exercida pelos músculos extensores do joelho da perna dominante em contração isométrica voluntária máxima).

Para tanto, os avaliados foram posicionados em um ergômetro desenhado especificamente para essa análise, no qual o participante permaneceu com o tronco preso a

cadeira, com o quadril e os joelhos flexionados em 80° e 90°, respectivamente, e firmemente presos ao assento por dois cintos cruzados na altura do peito e na altura da cintura. A perna dominante do avaliado foi acoplada ao equipamento a aproximadamente 3 centímetros acima do maléolo lateral através de uma fita com velcro presa a um fio de metal atrelada à célula de carga.

A escolha pela avaliação de parâmetros neuromusculares a partir de CIVM realizadas nos membros inferiores em um contexto onde a ação técnica analisada é realizada por membros superiores é justificada pela forte correlação ($r = 0,754$) identificada por Goulart-Siqueira e colaboradores (2019) entre a velocidade do arremesso em cobranças simuladas de penalidade do goalball e o salto em contramovimento, e pela importância identificada por Jorgić e colaboradores (2019) da força gerada por membros inferiores na realização de arremessos mais rápidos e eficientes.

5.3.8. Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software JASP (Amsterdã, Holanda) versão 0.12.2 (JASP Team, 2020). Uma abordagem estatística bayesiana foi utilizada para fornecer afirmações probabilísticas, pois oferece uma alternativa útil no que diz respeito a interpretação do suporte relativo de um modelo nulo contra um modelo alternativo (Lakens et al., 2020; Quintana & Williams, 2018).

Inicialmente a normalidade na distribuição dos dados foi confirmada através dos diagramas Q-Q. Um teste t para amostras pareadas foi utilizado para avaliar a diferença entre os momentos pré e pós para as variáveis percepção subjetiva de esforço, $[La^-]$, força pico, força média, acurácia e V_{BOLA} , e para a comparação da precisão dos arremessos do protocolo de cobranças de penalidade de mesma origem e destino nos momentos pré e pós.

Os dados são apresentados como média $\pm$ desvio padrão (DP). O fator de Bayes favorável a H_1 (BF_{10}) foi calculado para todas as variáveis usando o valor pré-definido pelo JASP como hipótese anterior "não informativa" (Cauchy, 0,707). Estimativas da mediana do tamanho do efeito padronizado (TE) e intervalo credível (IC) de 95% foram calculadas (Ly, Verhagen, & Wagenmakers, 2016). O TE foi interpretado como descrito por Cohen como *trivial* $< 0,2$, *pequeno* 0,2-0,6, *moderado* 0,6-1,2, *grande* 1,2-2,0 e *muito grande* $> 2,0$ (Cohen, Rozeboom, Dawes, & Wainer, 1990). A evidência para a hipótese alternativa (H_1) foi estabelecida como $BF_{10} > 3$ e a evidência para a hipótese nula (H_0) foi definida como $BF_{10} <$

1/3. O BF_{10} , que indica a força da evidência para cada análise, foi interpretado usando as seguintes categorias de evidência: $1 < BF_{10} < 3 = \text{evidência anedótica}$ para H_1 ; $BF_{10} \geq 3 = \text{moderado}$; $BF_{10} \geq 10 = \text{forte}$; $BF_{10} \geq 30 = \text{muito forte}$; $BF_{10} \geq 100 = \text{extremo}$ (Wagenmakers et al., 2018).

5.4. Resultados

A Tabela 5.2 apresenta as médias e DP, estimativas do TE e do IC de 95%, e as comparações do teste t bayesiano dos valores obtidos nos momentos pré e pós para a percepção subjetiva de esforço, $[La^-]$, força pico e força média ($n = 11$), acurácia ($n = 86$), e V_{BOLA} ($n = 64$).

Tabela 5.2 - Comparação dos momentos pré e pós pelo teste t bayesiano. Dados apresentados como média $\pm$ DP e TE padronizado com intervalo de confiança de 95%

Variáveis	Pré	Pós	TE	IC 95%	BF_{10}	Interpretação Qualitativa
PSE	$0,36 \pm$	$9,27 \pm$	-2,90			
(u.a.)	0,67	0,79	<i>muito grande</i>	-4,52; -1,46	18.18	Extremo
$[La^-]$	$1,33 \pm$	$9,04 \pm$	-2,67			
(mM)	0,51	2,25	<i>muito grande</i>	-4,18; -1,32	9.49	Extremo
F_{PICO}	$597,85 \pm$	$513,37 \pm$	0,70			
(N)	132,35	107,00	<i>moderado</i>	0,07; 1,41	3,66	Moderado
F_{MÉDIA}	$508,92 \pm$	$427,87 \pm$	0,59			
(N)	130,58	91,04	<i>pequeno</i>	-0,01; 1,26	2,09	Anedótico
Acurácia	$1,78 \pm$	$2,16 \pm$	-0,12			
(m)	1,77	2,39	<i>trivial</i>	-0,33; 0,09	0,22	Moderado para H_0
V_{BOLA}	$18,58 \pm$	$18,46 \pm$	0,12			
(m.s⁻¹)	1,44	1,54	<i>trivial</i>	-0,12; 0,36	0,22	Moderado para H_0

PSE: percepção subjetiva de esforço; $[La^-]$: concentração de lactato sanguíneo; F_{PICO} : força pico obtida nas contrações isométricas voluntárias máximas de extensão do joelho; $F_{MÉDIA}$: força média obtida nas contrações isométricas voluntárias máximas de extensão do joelho; Acurácia: distância da bola em relação ao alvo; V_{BOLA} : velocidade da bola no arremesso; TE: tamanho do efeito padronizado; IC: intervalo credível; BF_{10} : fator de Bayes favorável a H_1 ; u.a.: unidades arbitrárias; mM: milimolar; N: newtons; m: metros; m.s⁻¹: metros por segundo.

A Tabela 5.3 apresenta as médias e DP, estimativas do TE e do IC de 95%, e as comparações do teste *t* bayesiano dos valores obtidos nos momentos pré e pós para precisão das oito tentativas do protocolo de cobranças de penalidade ($n = 11$).

Tabela 5.3 - Comparação da precisão dos arremessos do protocolo de cobranças de penalidade nos momentos pré e pós a partir da sua distância em metros em relação ao alvo. Dados apresentados como média $\pm$ DP e TE padronizado com intervalo de confiança de 95%

Arremesso	Pré	Pós	TE	IC 95%	BF ₁₀	Interpretação Qualitativa
O1 - D6	2,07 $\pm$ 2,42	0,93 $\pm$ 2,58	0,44 <i>pequeno</i>	-0,12; 1,06	1,01	Anedótico
O6 - D1	0,49 $\pm$ 2,14	1,60 $\pm$ 3,55	0,45 <i>pequeno</i>	-0,11; 1,08	1,07	Anedótico
O1 - D3	0,87 $\pm$ 1,30	1,08 $\pm$ 2,61	0,01 <i>trivial</i>	-0,54; 0,56	0,31	Moderado para H0
O6 - D4	1,41 $\pm$ 3,33	0,21 $\pm$ 2,79	-0,41 <i>pequeno</i>	-1,02; 0,15	0,87	Anedótico para H0
O3 - D1	0,16 $\pm$ 1,95	0,67 $\pm$ 3,75	0,13 <i>trivial</i>	-0,42; 0,69	0,34	Moderado para H0
O4 - D6	1,52 $\pm$ 2,64	1,43 $\pm$ 3,76	0,02 <i>trivial</i>	-0,51; 0,54	0,30	Moderado para H0
O2 - D2	0,49 $\pm$ 2,31	1,73 $\pm$ 2,48	0,69 <i>moderado</i>	0,06; 1,39	3,39	Moderado
O5 - D5	0,32 $\pm$ 2,08	0,24 $\pm$ 3,48	-0,02 <i>trivial</i>	-0,55; 0,51	0,30	Moderado para H0

“O” refere-se a origem do arremesso, “D” ao destino do arremesso, e o número após a letra ao setor do respectivo arremesso do protocolo de cobranças de penalidade. As médias e desvio padrão referem-se a distância do arremesso em relação ao alvo. Os valores pré e pós correspondem a distância resultante do arremesso em metros em relação ao alvo.

A Tabela 5.4 apresenta as estatísticas descritivas dos arremessos ($n = 87$) de acordo com a técnica, estilo da trajetória e acurácia.

Tabela 5.4 - Estatísticas descritivas das características dos arremessos (percentual de arremessos que resultaram em gol no alvo, gol fora do alvo e fora do gol nos protocolos de cobranças de penalidade pré e pós)

	Pré	Pós
<i>Técnica do arremesso</i>		
Giro	20 (23%)	19 (22%)
Frontal	67 (77%)	68 (78%)
<i>Estilo da trajetória</i>		
Lisa	85 (98%)	87 (100%)
Quicada	2 (2%)	0 (0%)
<i>Acurácia</i>		
Gol no alvo	14 (16%)	18 (19%)
Gol fora do alvo	54 (62%)	52 (60%)
Fora do gol	19 (22%)	17 (21%)

5.5. Discussão

O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito da fadiga induzida por um teste incremental específico para o goalball sobre a acurácia e V_{BOLA} em arremessos de cobranças de penalidade simuladas. Embora indícios de fadiga aguda tenham sido encontrados devido ao aumento significativo da percepção subjetiva de esforço e $[La^-]$, bem como diminuição na força pico e força média após a realização do teste incremental específico para o goalball, a acurácia dos arremessos e V_{BOLA} não demonstraram alterações significativas.

Um dos principais achados do presente estudo diz respeito ao desempenho nos arremessos do protocolo de cobranças de penalidade, que se manteve semelhante após a indução da fadiga aguda a partir do teste incremental específico para o goalball. Esses resultados vem ao encontro dos achados de estudos que investigaram o efeito da fadiga sobre o desempenho do arremesso no handebol (Akyüz et al., 2019; Andrade et al., 2016; Zapardiel Cortés et al., 2018), que não identificaram piora no desempenho da acurácia e V_{BOLA} . Entretanto, ainda que Nuño e colaboradores (2016) tenham identificado diminuição significativa no desempenho após a execução da primeira série do circuito de habilidades motoras específicas do handebol, o que é justificado pela redução progressiva no tempo de recuperação, a repetição das mesmas

ações durante as séries possibilitou que os participantes auto regulassem seu esforço e, consequentemente, melhoraram o desempenho a partir da segunda série.

Em luz dos resultados identificados por Nuño e colaboradores (2016), acreditamos que a repetição das habilidades específicas do goalball em meio a gradual redução do intervalo entre as sequências de ações dentro de cada série do protocolo incremental proposto (Tabela 5.1) pode ter influenciado a inconsciente auto regulação do esforço e consequente manutenção do desempenho. Embora a duração do teste incremental específico para o goalball e consequente estado de fadiga tenham sido influenciados pelo perfil de resistência de cada avaliado, a exaustão proveniente da repetição das ações pode ter influenciado na adaptação da estratégia pelos participantes como uma forma de proteção fisiológica, protegendo-os do total esgotamento de seus estoques de energia (Ament & Verkerke, 2009). Isso pode ter resultado na realização das ações técnicas com menor qualidade, mesmo com o constante incentivo dos pesquisadores.

Ainda que a percepção subjetiva de esforço e $[La^-]$ tenham aumentado significativamente, e a força pico e força média diminuído, é possível que os participantes do presente estudo tenham autorregulado seu esforço durante o teste incremental específico para o goalball, se preservando para os arremessos do PCP_{Pós}. Além disso, a análise biomecânica do movimento realizado por jogadores experientes durante ações determinantes indica que tais atletas são capazes de realizar ajustes finos em situações adversas, como no contexto da instauração da fadiga, para manutenção do desempenho em ações técnicas como o chute no futsal (Barbieri et al., 2010; Milioni et al., 2016) e o arremesso no handebol (Akyüz et al., 2019; Andrade et al., 2016). Portanto, acreditamos que em luz desse mesmo contexto pode ser explicada a manutenção do desempenho na acurácia e V_{BOLA} nos arremessos do protocolo de cobranças de penalidade simuladas do goalball no presente estudo.

O emprego da videogrametria para a realização da análise cinemática dos arremessos se mostrou uma ferramenta de ótima aplicabilidade no contexto do goalball. A velocidade média da bola alcançada pelos jogadores no presente estudo antes do teste incremental específico para o goalball foi de $18,58 \pm 1,44 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($16,47 - 22,11 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), e esses valores são maiores que os valores reportados por Goulart-Siqueira e colaboradores (2019) ($14,21 \pm 1,89 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) em simulações de penalidade no goalball. Esta diferença pode ser explicada pela forma de mensuração das tentativas, visto que no presente estudo foi utilizada a análise cinemática 3-D e no estudo citado foi utilizado um radar esportivo. Nessa perspectiva, ao comparar a V_{BOLA} na tacada do softball utilizando mensurações feitas tanto por análise cinemática quanto por radar esportivo, Smith e Kensrud (2013) identificaram que as medidas realizadas por vídeo

apresentaram velocidade média aproximadamente 2 m.s^{-1} maior em relação a velocidade capturada pelo radar. Isso pode ser explicado pelo fato de que medidas realizadas por vídeo são conduzidas com alto grau de precisão (Smith, 2008) e pelo fato de que a utilização de somente um radar na mensuração pode subestimar a real velocidade (Robinson & Robinson, 2016).

No que diz respeito a precisão dos arremessos, os de trajetória diagonal longa foram os que mantiveram melhor proximidade entre os valores obtidos nos momentos pré e pós indução da fadiga. Os arremessos de trajetória na diagonal longa com origem nas extremidades e destino no centro (O1 – D3 e O6 – D4) e com origem no centro e destino nas extremidades do gol (O3 – D1 e O4 – D6) são sofreram modificações. No entanto, embora o arremesso de origem 5 para destino 5 tenha se mantido semelhante, o arremesso de origem 2 para o destino 2 ficou em média 1,24 metros mais distante do alvo. Além disso, ambos os arremessos de trajetória paralela foram diferentes. O arremesso de origem 1 para destino 6 melhorou em média 1,14 metros, enquanto que o arremesso de origem 6 para o destino 1 piorou em média 1,11 metros. Isso pode ter ocorrido devido ao estreitamento do alvo, que ocorre nos arremessos de trajetória paralela, aumentando as chances de a bola ir para fora gol, enquanto que no caso dos arremessos de trajetória diagonal longa, há uma chance maior de a bola acertar o gol, mesmo quando não atinja o setor alvo, especialmente quando o alvo se encontra entre os setores 2 e 5 (Link & Weber, 2018).

Em relação as características dos arremessos, a técnica frontal foi predominante em relação ao arremesso com giro, e as trajetórias com bolas lisas foram unânimes em comparação às quicadas. Estudos mostram que, na categoria masculina, o arremesso com giro é predominante no jogo efetivo (Link & Weber, 2018), cerca de 23% mais veloz que o arremesso frontal (Bowerman et al., 2011), e que a bola quicada é mais recorrente que a lisa (Link & Weber, 2018; Morato et al., 2018). Entretanto, como demonstrado por Morato e colaboradores (2018), bolas lisas parecem ser mais velozes que bolas quicadas. Além disso, a maior porcentagem dos resultados da acurácia dos arremessos corresponde à “gol fora do alvo” (pré: 62%; pós: 60%). A dificuldade em acertar o alvo pode estar relacionada ao nível de experiência dos jogadores, que provavelmente ainda não aprimoraram a capacidade de direcionar a bola em setores de 1,5 metros. Assim, a maior incidência de arremessos de característica frontal no presente estudo pode indicar maior controle da acurácia no contexto das cobranças de penalidade do goalball, mesmo quando o setor alvo não é atingido.

As principais limitações do presente estudo, e consequentemente pontos para futuras investigações, se referem a opção pela execução dos arremessos sem a presença de um defensor, representando uma habilidade motora fechada, e pela utilização de um teste incremental para

indução da fadiga. No contexto da cobrança de penalidade no goalball, a comunicação corporal tem um papel essencial (Gomes-da-Silva, Almeida, & Antério, 2015), pois o atleta atacante evita emitir qualquer som excessivo durante a preparação do ataque para que o defensor tenha dificuldade em fazer a leitura da realização do arremesso, configurando-se assim como um artifício que poderia afetar o desempenho do arremesso durante a cobrança de penalidade e, consequentemente, refletir melhor o contexto prático da modalidade. Além disso, a mensuração da acurácia do arremesso e V_{BOLA} em meio a partidas de goalball, pode ser abordada para uma melhor compreensão da fadiga relacionada ao jogo e sua influência no desempenho técnico do arremesso.

5.6. Conclusão

Em conclusão, ao utilizar procedimentos de cinemática 2-D e 3-D para mensuração da acurácia e V_{BOLA} , respectivamente, em um protocolo de cobranças de penalidade do goalball, concluímos que a indução da fadiga através do teste incremental específico para o goalball, que ocasionou aumentos significativos na percepção subjetiva de esforço e $[La^-]$, bem como diminuições substanciais na força pico e força média, não alterou os parâmetros de desempenho do arremesso. Esses resultados sugerem que estados avançados de fadiga podem não impactar negativamente a acurácia e V_{BOLA} no arremesso da cobrança de penalidade do goalball.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal achado do estudo um da presente dissertação indica que embora uma única partida simulada de goalball não induza fadiga neuromuscular nos músculos extensores do joelho, uma competição simulada de goalball, como quando uma mesma equipe joga mais de uma vez em um mesmo dia de competição, pode ser responsável pela instauração de fadiga central em jogadores de goalball. Identificamos na segunda partida consecutiva a maior diminuição da força registrada nas contrações isométricas voluntárias máximas dos músculos extensores de joelho e do percentual de ativação voluntária, que embora tenham apresentado um modesto aumento após a terceira partida, ainda foram significativamente menores que os valores em repouso. Além disso, apesar dos longos intervalos de recuperação entre as ações ofensivas e defensivas, evidenciando a predominância da participação do metabolismo anaeróbio alático em comparação ao láctico, a frequência cardíaca manteve-se em um padrão de intensidade predominantemente moderada em todos os jogos. Também é importante ressaltar que a frequência cardíaca e a percepção subjetiva de esforço apresentaram correlações significativamente negativas com os parâmetros do desempenho técnico do jogo, indicando que a medida que aumentam, os jogadores tendem a participar menos do jogo, como pode ser observado pela menor frequência de ações de ataque e defesa e maior intervalo de recuperação entre as ações.

Em relação ao estudo dois, identificamos que mesmo tendo induzido um estado de fadiga fisiológica e neuromuscular aguda através do teste incremental específico para o goalball, os jogadores foram capazes de manter o desempenho da acurácia e da velocidade da bola em arremessos de um protocolo de cobranças de penalidade. Fazendo um paralelo com o estudo um, em que apenas a partir do segundo jogo foi identificada fadiga neuromuscular e que a frequência cardíaca máxima registrada em todas as partidas foi menor que a registrada em uma avaliação prévia do teste incremental, é possível afirmar que a intensidade proporcionada pelo teste incremental específico para o goalball é maior que a do jogo. Portanto, é possível que os resultados sejam semelhantes à condição em repouso mesmo com o jogo de goalball sendo utilizado como estímulo fatigante para a avaliação do desempenho no arremesso em cobranças de penalidade.

REFERÊNCIAS¹

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Andersen, J. L., Magnusson, S. P., & Dyhre-Poulsen, P. (2002). Neural Adaptation To Resistance Training Evidenced By Changes in Evoked V-Wave and H Reflex Responses. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(12), 2309–2318. <https://doi.org/10.1097/00005768-200205001-00653>
- Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H. M. (1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. *Proceedings of the ASP/UI Symposium on Close-Range Photogrammetry*, 1–18. Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry.
- Abdolmaleki, H., Mirzazadeh, Z., Allahyari, M., & Ramezani, M. (2015). Identify and Analysis of Performance Evaluation Indicators of Iranian Goalball Coaches. *Annals of Applied Sport Science*, 3(3), 43–56. <https://doi.org/10.18869/acadpub.aassjournal.3.3.43>
- Agostini, T., Righi, G., Galmonte, A., & Bruno, P. (2004). The Relevance of Auditory Information in Optimizing Hammer Throwers Performance. *Biomechanics and Sports*, 67–74. https://doi.org/10.1007/978-3-7091-2760-5_9
- Akyüz, B., Avşar, P. A., Bilge, M., Deliceoğlu, G., & Korkusuz, F. (2019). Skeletal muscle fatigue does not affect shooting accuracy of handball players. *Isokinetics and Exercise Science*, 27(4), 253–259. <https://doi.org/10.3233/IES-193178>
- Allen, G. M., Gandevia, S. C., & McKenzie, D. K. (1995). Reliability of measurements of muscle strength and voluntary activation using twitch interpolation. *Muscle & Nerve*, 18(6), 593–600. <https://doi.org/10.1002/mus.880180605>
- Alves, I. dos S., Kalva-Filho, C. A., Aquino, R., Travitzki, L., Tosim, A., Papoti, M., & Pereira Morato, M. (2018). Relationships between aerobic and anaerobic parameters with game technical performance in elite goalball athletes. *Frontiers in Physiology*, 9(NOV), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01636>
- Amadio, A. C., Ávila, A. O. V., Guimarães, A. C. S., David, A. C. de, Mota, C. B., Borges, D. M., ... Barros, R. M. L. de. (2002). Métodos de medição em biomecânica do esporte: descrição de protocolos para aplicação nos centros de excelência esportiva (Rede CENESP-MET). *Rev. Bras. Biomec*, 3(1), 57–67.
- Ament, W., & Verkerke, G. (2009). Exercise and fatigue. *Sports Medicine*, 39(5), 389–422. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939050-00005>
- American College of Sports Medicine. (2010). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (8th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
- Andrade, M. S., De Carvalho Koffes, F., Benedito-Silva, A. A., Da Silva, A. C., & De Lira, C. A. B. (2016). Effect of fatigue caused by a simulated handball game on ball throwing velocity, shoulder muscle strength and balance ratio: A prospective study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 8(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s13102-016-0038-9>
- Aquino, R., Alves, I. S., Padilha, M. B., Garganta, J., & Marques, R. F. R. (2017). A produção científica acerca do aspecto tático-técnico nos jogos esportivos coletivos: Análise dos periódicos Brasileiros. *Movimento*, 23(4), 1407–1420. <https://doi.org/10.22456/1982->

¹ De acordo com o estilo APA (American Psychological Association)

8918.69461

- Ascensão, A., Magalhães, J., Oliveira, J., Duarte, J., & Soares, J. (2003). Fisiologia da fadiga muscular. Delimitação conceptual, modelos de estudo e mecanismos de fadiga de origem central e periférica. *Revista Portuguesa de Ciências Do Desporto*, 3(1), 108–123. <https://doi.org/10.5628/rpcd.03.01.108>
- Asmussen, E. (1979). Muscle fatigue. *Medicine and Science in Sports*, 11, 313–321.
- Astles, J. R., Sedor, F. A., & Toffaletti, J. G. (1996). Evaluation of the YSI 2300 glucose analyzer: Algorithm-corrected results are accurate and specific. *Clinical Biochemistry*, 29(1), 27–31. [https://doi.org/10.1016/0009-9120\(95\)02010-1](https://doi.org/10.1016/0009-9120(95)02010-1)
- Atan, T., & Ayca, M. (2015). Effect of Goalball Sport on Physical Performance of Visually Impaired Students. *Journal of Social Science Research*, 7(1), 1206–1212. <https://doi.org/10.24297/jssr.v7i1.3583>
- Bacvarevic, B. B., Kukolj, M., Pazin, N., Jaric, S., Bozi, P. R., & Mirkov, D. (2012). Evaluation of a composite test of kicking performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(7), 1945–1952. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318237e79d>
- Badina, O. O., Smith, M. R., Conte, D., & Coutts, A. J. (2016). Mental Fatigue Impairs Technical Performance in Small-Sided Soccer Games. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(8), 1100–1105.
- Barbieri, Fabio A., Gobbi, L. T. B., Santiago, P. R. P., & Cunha, S. A. (2010). Performance comparisons of the kicking of stationary and rolling balls in a futsal context. *Sports Biomechanics*, 9(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/14763141003690211>
- Barbieri, Fabio Augusto, Gobbi, L. T. B., Santiago, P. R. P., & Cunha, S. A. (2015). Dominant–non-dominant asymmetry of kicking a stationary and rolling ball in a futsal context. *Journal of Sports Sciences*, 33(13), 1411–1419. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.990490>
- Barros, R., Brenzikofer, R., Leite, N., & Figueroa, P. (1999). Development and evaluation of a system for three-dimensional kinematic analysis of human movements. *Research on Biomedical Engineering*, 15(1–2), 79–86.
- Barros, R. M. L., Mercadante, L. A., Lara, J. P., Sakalauskas, C. B., Prudêncio, M., Cunha, S. A., ... Misuta, M. S. (2007). A 3D kinematical analysis of long jump in the “Gold Meeting Rio of Athletics 2007”. *XXV ISBS Symposium*, 487–490.
- Barros, R. M. L., Misuta, M. S., Menezes, R. P., Figueroa, P. J., Moura, F. A., Cunha, S. A., ... Leite, N. J. (2007). Analysis of the distances covered by first division Brazilian soccer players obtained with an automatic tracking method. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(2), 233–242.
- Behm, D. G., St-Pierre, D. M. M., & Perez, D. (1996). Muscle inactivation: Assessment of interpolated twitch technique. *Journal of Applied Physiology*, 81(5), 2267–2273. <https://doi.org/10.1152/jappl.1996.81.5.2267>
- Bicas, H. E. A. (2002). Acuidade visual. Medidas e notações. *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, 65(3), 375–384. <https://doi.org/10.1590/s0004-27492002000300019>
- Borg, G. A. V. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 14, pp. 377–381.

- Bowerman, S., Davis, R., Ford, S., & Nichols, D. (2011). Phases of movement of goalball throw related to ball velocity. *Insight: Research & Practice in Visual Impairment & Blindness*, 4(4), 153–159.
- Bradley, P. S., Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., & Sheldon, B. (2010). High-Intensity Activity Profiles of Elite Soccer Players at Different Performance Levels. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(9), 2343–2351.
- Brownsberger, J., Edwards, A., Crowther, R., & Cottrell, D. (2013). Impact of mental fatigue on self-paced exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 34(12), 1029–1036. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1343402>
- Brownstein, C. G., Dent, J. P., Parker, P., Hicks, K. M., Howatson, G., Goodall, S., & Thomas, K. (2017). Etiology and recovery of neuromuscular fatigue following competitive soccer match-play. *Frontiers in Physiology*, 8(OCT). <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00831>
- Button, D. C., & Behm, D. G. (2008). The effect of stimulus anticipation on the interpolated twitch technique. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7(4), 520–524.
- Cairns, S. P., Knicker, A. J., Thompson, M. W., & Sjøgaard, G. (2005). Evaluation of models used to study neuromuscular fatigue. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 33(1), 9–16.
- Carron, A. V., & Chelladurai, P. (2016). The Dynamics of Group Cohesion in Sport. *Journal of Sport Psychology*, 3(2), 123–139. <https://doi.org/10.1123/jsp.3.2.123>
- Castro, E. M. (2005). *Atividade física adaptada*. Ribeirão Preto: Tecmedd.
- CBDV. (2020). Goalball. Retrieved February 19, 2020, from Confederação Brasileira de Desportos de Deficientes Visuais website: <http://cbd.v.org.br/goalball>
- Chaabène, H., Mkaouer, B., Franchini, E., Souissi, N., Selmi, M. A., Nagra, Y., & Chamari, K. (2014). Physiological responses and performance analysis difference between official and simulated karate combat conditions. *Asian Journal of Sports Medicine*, 5(1), 21–29. <https://doi.org/10.5812/asjasm.34228>
- Cohen, J., Rozeboom, W., Dawes, R., & Wainer, H. (1990). Things I have learned (so far). *Am. Psychol.*, 45, 1304–1312. <https://doi.org/10.1037/10109-028>
- Çolak, T., Bamaç, B., Aydin, M., Meriç, B., & Özbek, A. (2004). Physical fitness levels of blind and visually impaired goalball team players. *Isokinetics and Exercise Science*, 12(4), 247–252. <https://doi.org/10.3233/ies-2004-0182>
- da Silva, E. S., Fischer, G., da Rosa, R. G., Schons, P., Teixeira, L. B. T., Hoogkamer, W., & Peyré-Tartaruga, L. A. (2018). Gait and functionality of individuals with visual impairment who participate in sports. *Gait and Posture*, 62, 355–358. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.03.049>
- Dalen, T., Lorås, H., Hjelde, G. H., Kjøsnes, T. N., & Wisløff, U. (2019). Accelerations—a new approach to quantify physical performance decline in male elite soccer? *European Journal of Sport Science*, 19(8), 1015–1023. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1566403>
- De Campos, L. F. C. C., Campos-Campos, K., Gajardo-Oñate, J., Rocha, C. E. L., Dos Santos, L. G. T. F., Plaza, R. S., & Lara, J. P. R. (2020). Characterization of chilean goalball paralympic athletes and association between anthropometric variables, body composition and strength in ball throwing. *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, 83(July), 40–43.

- Debanne, T., Laffaye, G., & Trouilloud, D. (2018). Motivational orientations and performance in penalty throws during elite male team handball games. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 28(3), 1288–1294. <https://doi.org/10.1111/sms.12995>
- Eddy, K. A. T., & Mellalieu, S. D. (2003). Mental imagery in athletes with visual impairments. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 20(4), 347–368. <https://doi.org/10.1123/apaq.20.4.347>
- Edwards, R. H. T. (1983). Biochemical bases for fatigue in exercise performance: catastrophe theory in muscular fatigue. In H. Knuttgen, J. Vogel, & J. Poortmans (Eds.), *Biochemistry of exercise* (pp. 1–28). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ehara, Y., Fujimoto, H., Miyazaki, S., Mochimaru, M., Tanaka, S., & Yamamoto, S. (1997). Comparison of the performance of 3D camera systems II. *Gait and Posture*, 5(3), 251–255. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(96\)01093-4](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(96)01093-4)
- Ekelund, U., Poortvliet, E., Yngve, A., Hurtig-Wennlöv, A., Nilsson, A., & Sjöström, M. (2001). Heart rate as an indicator of the intensity of physical activity in human adolescents. *European Journal of Applied Physiology*, 85(3–4), 244–249. <https://doi.org/10.1007/s004210100436>
- Ferraz, R. M. P., Van Den Tillaar, R., & Marques, M. C. (2012). The effect of fatigue on kicking velocity in soccer players. *Journal of Human Kinetics*, 35(1), 97–107. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0083-8>
- Figuerola, P. J., Leite, N. J., & Barros, R. M. L. (2003). A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 72(2), 155–165. [https://doi.org/10.1016/S0169-2607\(02\)00122-0](https://doi.org/10.1016/S0169-2607(02)00122-0)
- Fleiss, J. L., Levin, B., & Paik, M. C. (2013). *Statistical methods for rates and proportions*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L. A., Parker, S., & Dodge, C. (2001). A New Approach to Monitoring Exercise Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 15(1), 109–115. [https://doi.org/10.1016/0968-0896\(95\)00066-P](https://doi.org/10.1016/0968-0896(95)00066-P)
- Furtado, O. L. P. D. C., Morato, M. P., Potenza, M., & Gutierrez, G. L. (2016). Health-related physical fitness among young goalball players with visual impairments. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 110(4), 257–267. <https://doi.org/10.1177/0145482x1611000405>
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 81(4), 1725–1789. <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.4.1725>
- Girard, O., Bishop, D. J., & Racinais, S. (2013). Neuromuscular Adjustments of the Quadriceps Muscle after Repeated Cycling Sprints. *PLoS ONE*, 8(5), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061793>
- Glaister, M. (2005). Multiple sprint work: Physiological responses, mechanisms of fatigue and the influence of aerobic fitness. *Sports Medicine*, 35(9), 757–777. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535090-00003>
- Gomes-da-Silva, P. N., Almeida, J. E. A. de, & Antério, D. (2015). The bodily communication in the game Goalball. *Movimento (ESEFID/UFRGS)*, 21(1), 25. <https://doi.org/10.22456/1982-8918.43323>

- Goulart-Siqueira, G., Benítez-Flores, S., Ferreira, A., Zagatto, A., Foster, C., & Boullosa, D. (2019). Relationships between Different Field Test Performance Measures in Elite Goalball Players. *Sports*, 7(6), 1–7. <https://doi.org/10.3390/sports7010006>
- Graham, J. D., Sonne, M. W. L., & Bray, S. R. (2014). It wears me out just imagining it! Mental imagery leads to muscle fatigue and diminished performance of isometric exercise. *Biological Psychology*, 103(1), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2014.07.018>
- Guerra, R. B., Neiva, J. F. de O., Santos, P. M. dos, Aragão, E. O. de, Pimenta, L., & Cruz, C. F. (2018). The Effect of Sports on Perceived Quality of Life of People with Visual Disability. *Journal of Health Sciences*, 20(4), 289. <https://doi.org/10.17921/2447-8938.2018v20n4p289-294>
- Gulick, D. T., & Malone, L. A. (2011). Field test for measuring aerobic capacity in paralympic goalball athletes. *International Journal of Athletic Therapy and Training*, 16(5), 22–25. <https://doi.org/10.1123/ijatt.16.5.22>
- Gunha, C. A., de Oliveira, V. M., Brasil, M. R., Menegaldo, P. H. I., Badaró, L. F., dos Reis, R. A. M., & Mattes, V. V. (2020). Motor capacity of higher members in visually disabled goalball practitioners. *Research, Society and Development*, 9(10), 1–16.
- Higuchi, T., Morohoshi, J., Nagami, T., Nakata, H., & Kanosue, K. (2013). The effect of fastball backspin rate on baseball hitting accuracy. *Journal of Applied Biomechanics*, 29(3), 279–284. <https://doi.org/10.1123/jab.29.3.279>
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30(1), 1–15. <https://doi.org/10.2165/00007256-200030010-00001>
- Hughes, M. D., & Bartlett, R. M. (2002). The use of performance indicators in performance analysis. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 739–754. <https://doi.org/10.1080/026404102320675602>
- IBGE. (2018). Nota técnica 01/2018: Releitura dos dados de pessoas com deficiência no Censo Demográfico 2010 à luz das recomendações do Grupo de Washington. Retrieved November 25, 2020, from Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) website: ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/metodologia/notas_tecnicas/nota_tecnica_2018_01_censo2010.pdf
- IBSA. (2019a). Goalball - Results. Retrieved February 19, 2020, from International Blind Sports Federation website: <http://www.ibsasport.org/sports/goalball/results/>
- IBSA. (2019b). Goalball - Rules. Retrieved February 17, 2020, from International Blind Sports Federation website: <http://www.ibsasport.org/sports/goalball/rules/>
- IBSA. (2020a). IBSA - Goalball. Retrieved September 29, 2020, from International Blind Sports Federation website: <https://www.ibsasport.org/sports/goalball/>
- IBSA. (2020b). IBSA Goalball World Rankings. Retrieved September 30, 2020, from International Blind Sports Federation website: <https://www.ibsasport.org/sports/files/1190-General-IBSA-Goalball-World-Rankings---June-2020.pdf>
- IBSA Goalball. (n.d.). Home [YouTube Channel]. Retrieved September 30, 2020, from <https://www.youtube.com/channel/UCYWgkOILrq-pOODPPgeNcg>
- Ikeda, T., Iguchi, Y., Ishihara, Y., Shimasaki, Y., Ikeda, H., & Yoshimura, M. (2019). Activity

- Profiles of International Goalball Players Using Wearable Devices. *Juntendo Medical Journal*, 65(3), 279–285. <https://doi.org/10.14789/jmj.2019.65.jmj19-0a06>
- JASP Team. (2020). *JASP (Version 0.12)[Computer software]*.
- Jorgić, B., Grbović, A., Đorđević, S., Stanković, V., & Stanković, R. (2019). Influence of Certain Motor Abilities on Ball Throwing Velocity in Goalball: a Pilot Study. *Facta Universitatis, Series: Physical Education and Sport*, 17(2), 195. <https://doi.org/10.22190/fupes190904020j>
- Karakaya, İ. Ç., Aki, E., & Ergun, N. (2009). Physical fitness of visually impaired adolescent goalball players. *Perceptual and Motor Skills*, 108(1), 129–136.
- Kooistra, R. D., Ruiter, C. J., & Haan, A. (2008). Knee angle-dependent oxygen consumption of human quadriceps muscles during maximal voluntary and electrically evoked contractions. *European Journal of Applied Physiology*, 102(2), 233–242. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0573-x>
- Krishna, S. A., Alwar, T., Sayed, A., Gnanavel, M. B., & Sivaraman, A. (2018). Are Indian cricket fast bowlers at risk of injury? A 3D biomechanical investigation. *Asian Journal of Sports Medicine*, 9(2). <https://doi.org/10.5812/asjasm.58016>
- Krzak, J., Ślężyńska, M., & Ślężyński, J. (2015). Goalball as an effective means of physical improvement for blind and visually impaired players. *Medycyna Ogólna i Nauki o Zdrowiu*, 21(4), 383–387. <https://doi.org/10.5604/20834543.1186910>
- Lakens, D., McLatchie, N., Isager, P. M., Scheel, A. M., & Dienes, Z. (2020). Improving inferences about null effects with Bayes factors and equivalence tests. *The Journals of Gerontology: Series B*, 75(1), 45–47. <https://doi.org/10.1093/geronb/gby065/5033832>
- Lanhers, C., Pereira, B., Naughton, G., Trousselard, M., Lesage, F. X., & Dutheil, F. (2017). Creatine Supplementation and Upper Limb Strength Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 47(1), 163–173. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0571-4>
- Laredo, F. R., Bies, E. R., & Lluch, G. L. (2019). Frecuencia Cardíaca y Movimientos en Goalball: Estudio en una Situación de Partido. *EmásF, Revista Digital de Educación Física*, (56), 56–65.
- Le Mansec, Y., Seve, C., & Jubeau, M. (2017). Neuromuscular fatigue and time motion analysis during a table tennis competition. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 57(4), 353–361. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06129-6>
- Link, D., & Weber, C. (2018). Finding the gap: An empirical study of the most effective shots in elite goalball. *PLoS ONE*, 13(4), 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196679>
- Lorist, M. M., Boksem, M. A. S., & Ridderinkhof, K. R. (2005). Impaired cognitive control and reduced cingulate activity during mental fatigue. *Cognitive Brain Research*, 24(2), 199–205. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2005.01.018>
- Ly, A., Verhagen, J., & Wagenmakers, E. J. (2016). Harold Jeffreys's default Bayes factor hypothesis tests: Explanation, extension, and application in psychology. *Journal of Mathematical Psychology*, 72, 19–32. <https://doi.org/10.1016/j.jmp.2015.06.004>
- Magalhães, T. P. (2015). *Análise cinemática das ações ofensivas no goalball em situação de jogo: deslocamento do jogador e arremesso*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de

Educação Física, da Universidade Estadual de Campinas. Limeira.

- Marcelino, R., Sampaio, J., & Mesquita, I. (2011). Investigação centrada na análise do jogo: da modelação estática à modelação dinâmica. [Research on the game analysis : from static to dynamic modeling]. *Rev Port Cien Desp*, 11(1), 481–499.
- Marcora, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of Applied Physiology*, 106(3), 857–864. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.91324.2008>
- McMorris, T., Barwood, M., Hale, B. J., Dicks, M., & Corbett, J. (2018). Cognitive fatigue effects on physical performance: A systematic review and meta-analysis. *Physiology and Behavior*, 188(November 2017), 103–107. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.01.029>
- Merton, P. A. (1954). Voluntary strenght and fatigue. *J. Physiol*, 123, 553–564.
- Milioni, F., Vieira, L. H. P., Barbieri, R. A., Zagatto, A. M., Nordsborg, N. B., Barbieri, F. A., ... Papoti, M. (2016). Futsal match-related fatigue affects running performance and neuromuscular parameters but not finishing kick speed or accuracy. *Frontiers in Physiology*, 7(NOV), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00518>
- Millet, G. Y. (2011). Can neuromuscular fatigue explain running strategies and performance in ultra-marathons?: The flush model. *Sports Medicine*, 41(6), 489–506. <https://doi.org/10.2165/11588760-000000000-00000>
- Millet, G. Y., Tomazin, K., Verges, S., Vincent, C., Bonnefoy, R., Boisson, R. C., ... Martin, V. (2011). Neuromuscular consequences of an extreme mountain ultra-marathon. *PLoS ONE*, 6(2), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0017059>
- Molik, B., Morgulec-Adamowicz, N., Kosmol, A., Perkowski, K., Bednarczuk, G., Skowronski, W., ... Szyman, R. J. (2015). Game Performance Evaluation in Male Goalball Players. *Journal of Human Kinetics*, 48(1), 43–51. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0090>
- Monezi, L. A., Magalhães, T. P., Morato, M. P., Mercadante, L. A., Furtado, O. L. P. da C., & Misuta, M. S. (2018). Time-motion analysis of goalball players in attacks: differences of the player positions and the throwing techniques*. *Sports Biomechanics*, 18(5), 470–481. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1433871>
- Morato, M. P. (2012). *Análise do Jogo de Goalball: Modelação e Interpretação dos Padrões de Jogo da Paralimpíada de Pequim 2008*. Tese (Doutorado em Educação Física) – Faculdade de Educação Física, da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 237f.
- Morato, M. P., Furtado, O. L. P. da C., Gamero, D. H., Magalhães, T. P., & Almeida, J. J. G. de. (2017). Development and evaluation of an observational system for goalball match analysis. *Revista Brasileira de Ciencias Do Esporte*, 39(4), 398–407. <https://doi.org/10.1016/j.rbce.2016.08.002>
- Morato, M. P., Gomes, M. S. P., & Almeida, J. J. G. de. (2012). Os processos auto-organizacionais do goalball. *Revista Brasileira de Ciências Do Esporte*, 34(3), 741–760. <https://doi.org/10.1590/s0101-32892012000300015>
- Morato, M. P., Menezes, R. P., Fonseca, S., & Furtado, O. L. P. da C. (2018). Faster balls increase the probability of scoring a goal in female and male elite goalball. *Revista Brasileira de Ciencias Do Esporte*, 40(4), 427–434. <https://doi.org/10.1016/j.rbce.2018.03.027>

- Moreira, A., McGuigan, M. R., Arruda, A. F. S., Freitas, C. G., & Aoki, M. S. (2012). Monitoring internal load parameters during simulated and official basketball matches. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(3), 861–866.
- Nascimento, D. F., & Camargo, W. . (2012). Decodificando o Goalball para professores - técnicos de Educação Física Adaptada: Fundamentos Técnicos. *Caderno de Formação RBCE*, 3(1), 57–74.
- Nascimento, D. F., & Morato, M. P. (2006). Goalball: manual de orientação para professores de educação física. In *Comité Paraolímpico Brasileiro*.
- Neyroud, D., Vallotton, A., Millet, G. Y., Kayser, B., & Place, N. (2014). The effect of muscle fatigue on stimulus intensity requirements for central and peripheral fatigue quantification. *European Journal of Applied Physiology*, 114(1), 205–215. <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2760-2>
- Norberto, M.S. (2018). *Validade de um protocolo específico para análise de fadiga neuromuscular da musculatura extensora do cotovelo*. Dissertação de Mestrado, Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.
- Norberto, Matheus Silva, de Arruda, T. B., & Papoti, M. (2020). A New Approach to Evaluate Neuromuscular Fatigue of Extensor Elbow Muscles. *Frontiers in Physiology*, 11(September), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.553296>
- Nuño, A., Chiroso, I. J., Van Den Tillaar, R., Guisado, R., Martín, I., Martinez, I., & Chiroso, L. J. (2016). Effects of fatigue on throwing performance in experienced team handball players. *Journal of Human Kinetics*, 54(1), 103–113. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0039>
- O'Donoghue, P. (2009). *Research Methods for Sports Performance Analysis*. Abingdon: Routledge.
- Pageaux, B., Marcora, S. M., Rozand, V., & Lepers, R. (2015). Mental fatigue induced by prolonged self-regulation does not exacerbate central fatigue during subsequent whole-body endurance exercise. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00067>
- Perrey, S., Racinais, S., Saimouaa, K., & Girard, O. (2010). Neural and muscular adjustments following repeated running sprints. *European Journal of Applied Physiology*, 109(6), 1027–1036. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1445-3>
- Pizzamiglio, L., Aprile, T., Spitoni, G., Pitzalis, S., Bates, E., D'Amico, S., & Di Russo, F. (2005). Separate neural systems for processing action- or non-action-related sounds. *NeuroImage*, 24(3), 852–861. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2004.09.025>
- Place, N., Casartelli, N., Glatthorn, J. F., & Maffiuletti, N. A. (2010). Comparison of quadriceps inactivation between nerve and muscle stimulation. *Muscle and Nerve*, 42(6), 894–900. <https://doi.org/10.1002/mus.21776>
- Powis, B. (2018). Visual impairment, sport and somatic work: The auditory experiences of blind and partially sighted cricket players. *Senses and Society*, 13(2), 147–162. <https://doi.org/10.1080/17458927.2018.1468689>
- Quintana, D. S., & Williams, D. R. (2018). Bayesian alternatives for common null-hypothesis significance tests in psychiatry: A non-technical guide using JASP. *BMC Psychiatry*,

- 18(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12888-018-1761-4>
- Racinais, S., Girard, O., Micallef, J. P., & Perrey, S. (2007). Failed excitability of spinal motoneurons induced by prolonged running exercise. *Journal of Neurophysiology*, 97(1), 596–603. <https://doi.org/10.1152/jn.00903.2006>
- Ream, E., & Richardson, A. (1996). Fatigue: A concept analysis. *International Journal of Nursing Studies*, 33(5), 519–529. [https://doi.org/10.1016/0020-7489\(96\)00004-1](https://doi.org/10.1016/0020-7489(96)00004-1)
- Ribeiro, L. F. P., Gonçalves, C. G. S., Kater, D. P., Lima, M. C. S., & Gobatto, C. A. (2009). Influence of recovery manipulation after hyperlactemia induction on the lactate minimum intensity. *European Journal of Applied Physiology*, 105(2), 159–165. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0885-5>
- Robinson, G., & Robinson, I. (2016). Radar speed gun true velocity measurements of sports-balls in flight: Application to tennis. *Physica Scripta*, 91(2), 1–19. <https://doi.org/10.1088/0031-8949/91/2/023008>
- Sadler, P., & Woody, E. Z. (2006). Does the more vivid imagery of high hypnotizables depend on greater cognitive effort? A test of dissociation and social-cognitive theories of hypnosis. *International Journal of Clinical and Experimental Hypnosis*, 54(4), 372–391. <https://doi.org/10.1080/00207140600856715>
- Sarro, K. J., Misuta, M. S., Burkett, B., Malone, L. A., & Barros, R. M. L. (2010). Tracking of wheelchair rugby players in the 2008 demolition derby final. *Journal of Sports Sciences*, 28(2), 193–200. <https://doi.org/10.1080/02640410903428541>
- Scaglioni, G., & Martin, A. (2009). Assessment of plantar flexors activation capacity: Nerve versus muscle stimulation by single versus double pulse. *European Journal of Applied Physiology*, 106(4), 563–572. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1049-y>
- Schaffert, N., Janzen, T. B., Mattes, K., & Thaut, M. H. (2019). A review on the relationship between sound and movement in sports and rehabilitation. *Frontiers in Psychology*, 10(FEB), 1–20. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00244>
- Schaffert, N., & Mattes, K. (2012). Acoustic feedback training in adaptive rowing. *Proceedings of the 18th International Conference on Auditory Display (ICAD 2012)*, 83–88.
- Schröder, S., Cantorani, J. R. H., Vargas, L. M., & Vargas, T. M. (2015). A influência da prática do goalball e da deficiência na percepção da qualidade de vida de pessoas com deficiência visual. *Revista Brasileira de Qualidade de Vida*, 7(3), 180–189. <https://doi.org/10.3895/rbqv.v7n3.3218>
- Silva, G. P., Pereira, V. R., & Gorla, J. I. (2010). Reaction time and efficiency of the goalball player in interception. *Motricidade*, 6(4), 13–22.
- Smets, E., Garssen, B., Bonke, B., & de Haes, J. (1995). The Multidimensional Fatigue Inventory (MFI) psychometric qualities of an instrument to assess fatigue. *Journal of Psychosomatic Research*, 39(5), 315–325. [https://doi.org/10.1016/0022-3999\(94\)00125-O](https://doi.org/10.1016/0022-3999(94)00125-O)
- Smith, L. (2008). Progress in measuring the performance of baseball and softball bats. *Sports Technology*, 1(6), 291–299. <https://doi.org/10.1080/19346182.2008.9648486>
- Smith, L., & Kensrud, J. (2013). Field and laboratory measurements of softball player swing speed and bat performance. *Sports Engineering*, 17(2), 75–82.

<https://doi.org/10.1007/s12283-013-0126-y>

- Smith, M. R., Coutts, A. J., Merlini, M., Deprez, D., Lenoir, M., & Marcora, S. M. (2016). Mental fatigue impairs soccer-specific physical and technical performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(2), 267–276. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000762>
- Smith, M. R., Thompson, C., Marcora, S. M., Skorski, S., Meyer, T., & Coutts, A. J. (2018). Mental Fatigue and Soccer: Current Knowledge and Future Directions. *Sports Medicine*, 48(7), 1525–1532. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0908-2>
- Sors, F., Murgia, M., Santoro, I., & Agostini, T. (2016). Audio-Based Interventions in Sport. *The Open Psychology Journal*, 8(1), 212–219. <https://doi.org/10.2174/1874350101508010212>
- Sors, F., Murgia, M., Santoro, I., Prpic, V., Galmonte, A., & Agostini, T. (2017). The contribution of early auditory and visual information to the discrimination of shot power in ball sports. *Psychology of Sport and Exercise*, 31, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.04.005>
- Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities: Specific to field-based team sports. *Sports Medicine*, 35(12), 1025–1044. <https://doi.org/10.2165/00007256-200535120-00003>
- Strojnik, V., & Komi, P. V. (1998). Neuromuscular fatigue after maximal stretch-shortening cycle exercise. *Journal of Applied Physiology*, 84(1), 344–350. <https://doi.org/10.1152/jappl.1998.84.1.344>
- Theophilos, P., Antonios, C., Helen, D., Antonios, A., & Savvas, T. P. (2005). Heart rate responses and blood lactate concentration of goal ball players during the game. Retrieved December 4, 2018, from In: 10th Annual Congress of the European College of Sport Science, 2005, Belgrado-Servia. Anais eletrônicos..., Belgrado: ECSS. website: <http://www.smas.org/2-kongres/papers/14521.pdf>
- Thomas, K., Dent, J., Howatson, G., & Goodall, S. (2017). Etiology and Recovery of Neuromuscular Fatigue after Simulated Soccer Match Play. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(5), 955–964. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001196>
- Trendall, J. (2000). Concept analysis: Chronic fatigue. *Journal of Advanced Nursing*, 32(5), 1126–1131. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2000.01583.x>
- Van Cutsem, J., Marcora, S., De Pauw, K., Bailey, S., Meeusen, R., & Roelands, B. (2017). The Effects of Mental Fatigue on Physical Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(8), 1569–1588. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0672-0>
- van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2003). Influence of instruction on velocity and accuracy of overarm throwing. *Perceptual and Motor Skills*, 96(2), 423–434.
- Velasco, A., Santos, S. M. dos, & Souza, D. L. De. (2017). Os significados da prática do Goalball sob a ótica de atletas da modalidade. *Alesde*, 8(1), 43–58.
- Vieira, Luiz H.P., Cunha, S. A., Moraes, R., Barbieri, F. A., Aquino, R., Oliveira, L. de P., ... Santiago, P. R. P. (2018). Kicking Performance in Young U9 to U20 Soccer Players: Assessment of Velocity and Accuracy Simultaneously. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 89(2), 210–220. <https://doi.org/10.1080/02701367.2018.1439569>

- Vieira, Luiz Henrique Palucci, Cunha, S. A., Santiago, P. R., Dos Santos, P. C., Cardenas, G. C., Barbieri, R. A., ... Barbieri, F. A. (2019). Dominant/non-dominant support limb kinematics and approach run parameters in futsal kicking of stationary and rolling ball. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(11), 1852–1860. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.19.09654-3>
- Vieira, Luiz Henrique Palucci, Milioni, F., Barbieri, R. A., Rodrigues, C. M., Calsani, E. P., Tourinho Filho, H., & Santiago, P. R. (2016). Rastreamento De Jogadores De Futsal: Uma Revisão De Literatura. *Revista Mineira de Educação Física*, 24(1), 70–107.
- Vieira, Luiz Henrique Palucci, Pagnoca, E. A., Milioni, F., Barbieri, R. A., Menezes, R. P., Alvarez, L., ... Santiago, P. R. P. (2017). Tracking futsal players with a wide-angle lens camera: accuracy analysis of the radial distortion correction based on an improved Hough transform algorithm. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging and Visualization*, 5(3), 221–231. <https://doi.org/10.1080/21681163.2015.1072055>
- Vieira, Luiz Henrique Palucci, Serenza, F. D. S., De Andrade, V. L., Oliveira, L. D. P., Mariano, F. P., Santana, J. E., & Santiago, P. R. P. (2016). Kicking performance and muscular strength parameters with dominant and nondominant lower limbs in Brazilian elite professional futsal players. *Journal of Applied Biomechanics*, 32(6), 578–585. <https://doi.org/10.1123/jab.2016-0125>
- Wagenmakers, E. J., Love, J., Marsman, M., Jamil, T., Ly, A., Verhagen, J., ... Morey, R. D. (2018). Bayesian inference for psychology. Part II: Example applications with JASP. *Psychonomic Bulletin and Review*, 25(1), 58–76. <https://doi.org/10.3758/s13423-017-1323-7>
- Wagner, H., Pfusterschmied, J., von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2011). Performance and kinematics of various throwing techniques in team-handball. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10(1), 73–80.
- Wan, J. J., Qin, Z., Wang, P. Y., Sun, Y., & Liu, X. (2017). Muscle fatigue: General understanding and treatment. *Experimental and Molecular Medicine*, 49(10), e384-11. <https://doi.org/10.1038/emm.2017.194>
- Westfall, P. H., Johnson, W. O., & Utts, J. M. (1997). A Bayesian perspective on the Bonferroni adjustment. *Biometrika*, 84(2), 419–427. <https://doi.org/10.1093/biomet/84.2.419>
- Whiting, W. C., Puffer, J. C., Finerman, G. A., Gregor, R. J., & Maletis, G. B. (1985). Three-dimensional cinematographic analysis of water polo throwing in elite performers. *American Journal of Sports Medicine*, 13(2), 95–98. <https://doi.org/10.1177/036354658501300203>
- Winckler, C., de Almeida, J. G., Morato, M., Matsui, R., & Von Munster, M. D. A. (2008). *Goalball: Invertendo o jogo da inclusão*. Campinas: Autores Associados.
- Winnick, J. P. (2005). *Adapted physical education and sport* (4th ed.). Champaign: Human Kinetics.
- Woods, E. A., Hernandez, A. E., Wagner, V. E., & Beilock, S. L. (2014). Expert athletes activate somatosensory and motor planning regions of the brain when passively listening to familiar sports sounds. *Brain and Cognition*, 87(1), 122–133. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2014.03.007>

- Zagatto, A. M., Morel, E. A., & Gobatto, C. A. (2010). Physiological responses and characteristics of table tennis matches determined in official tournaments. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(4), 942–949. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cb7003>
- Zapardiel Cortés, J. C., Ferragut Fiol, C., Manchado, C., Abraldes Valeiras, J. A., & Vila Suárez, H. (2018). Difference of the speed of handball throwing during the competition in relation to efficiency: Analysis between the first and the second half. *Journal of Human Sport and Exercise*, 12(3proc), 872–881. <https://doi.org/10.14198/jhse.2017.12.proc3.11>
- Zwierzchowska, A., Rosolek, B., Celebańska, D., Gawlik, K., & Wójcik, M. (2020). The prevalence of injuries and traumas in elite goalball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7), 1–7. <https://doi.org/10.3390/ijerph17072496>