



**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
CURSO DE DOUTORAMENTO**



LUÍS FILIPE GOMES BARBOSA PEREIRA DE LEMOS

**HANDEBOL DE PRAIA:
SUBSÍDIOS CIENTÍFICOS PARA A COMPREENSÃO DO ESPORTE**

João Pessoa, 2023

LUÍS FILIPE GOMES BARBOSA PEREIRA DE LEMOS

**HANDEBOL DE PRAIA:
SUBSÍDIOS CIENTÍFICOS PARA A COMPREENSÃO DO ESPORTE**

Tese de doutoramento apresentada ao Programa
Associado de Pós-graduação em Educação Física
UPE/UFPB como requisito à obtenção do título de
Doutor.

Área de concentração: Saúde, Desempenho e Movimento Humano

Linha de pesquisa: Exercício Físico, Esporte e Desempenho

Orientador: Profº. Dr. Fábio Nakamura

Coorientador: Profº. Dr. Amilton Cruz

João Pessoa, 2023

**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA ASSOCIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA UPE-
UFPB
CURSO DE DOUTORADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

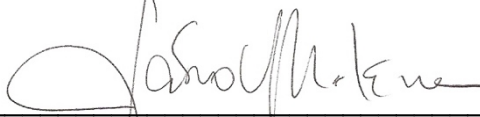
A tese intitulada **Handebol de praia: subsídios científicos para a compreensão do esporte**

Elaborada por **Luís Filipe Gomes Barbosa Pereira de Lemos,**

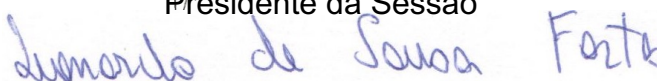
Foi julgada pelos membros da Comissão Examinadora e aprovada para obtenção do título de DOUTOR EM EDUCAÇÃO FÍSICA na Área de Concentração: Cineantropometria e Desempenho Humano.

João Pessoa, 28 de Fevereiro de 2023.

BANCA EXAMINADORA



Professor Doutor Fábio Nakamura – UFPB
Presidente da Sessão

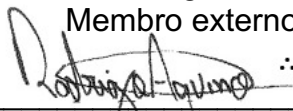


Professor Doutor Leonardo de Sousa Fortes – UFPB
Membro interno



Professor Doutor Gilmário Ricarte – UFPB
Membro interno

Professora Doutor José Ortega – Universidade de Múrcia
Membro externo



Professor Doutor Rodrigo Aquino – UFES
Membro externo

AGRADECIMENTOS

Concluir um doutoramento é um processo longo, que envolve inúmeras pessoas, cada qual com sua participação específica. Considero a sessão de agradecimentos como uma importante etapa, que reforça a habilidade da gratidão aos que me fizeram chegar até aqui.

Agradeço primeiramente a toda a comunidade do handebol de praia, treinadores, atletas, preparadores físicos, que aceitaram participar deste projeto direta ou indiretamente. Nessa comunidade, dois agradecimentos são muito especiais: aos organizadores do torneio Taça Kika, os professores Sylvio e Rossana, verdadeiros heróis que dedicam a vida e trabalham diariamente para o crescimento do esporte; e ao professor Vinícius, por ter a felicidade de tê-lo como colega de trabalho e principalmente, de tê-lo como amigo na vida.

Ao meu orientador, professor Fábio, obrigado por sua parceria e ensinamentos durante esta caminhada. Ao meu co-orientador, professor Amilton, que me aceitou como orientando ainda quando meus planos não passavam pelo handebol de praia, e manteve seu compromisso de me auxiliar mesmo depois da mudança de rota, muito obrigado.

Ao professor Pepe, obrigado pela sua gentileza e disponibilidade em ajudar desde o empréstimo de equipamentos à análise dos dados, tornado exequível o projeto.

À Confederação Brasileira de Handebol, em especial aos envolvidos com o handebol de praia, os amigos Gulliver, Alexandre e Guilherme Caporal, obrigado pela oportunidade de trabalhar e aprender convosco.

Ao Grupo de Estudos em Atividade Física e Desfechos em Saúde – GEADES/UFPB, liderado pela professora Clarice e muito bem composto por excelentes profissionais e seres humanos (que não vou citar nomes para não correr o risco de esquecer alguém), deixo meus sinceros agradecimentos na participação e ajuda na coleta dos dados.

Aos colegas e professores do Programa Associado de Pós-graduação em Educação Física-UPE/UFPB, meus agradecimentos pela jornada partilhada ao longo desses quatro anos. Aqui, um agradecimento especial à secretaria do programa, na pessoa do secretário Ricardo, pela disponibilidade e ajuda prestadas.

A todos os professores que passaram pela minha vida, desde a graduação, cujas influências continuam me orientando e não se sabe nunca quando terminam, meu muito obrigado pelos ensinamentos.

Agradeço ainda aos meus amigos de vida e colegas de trabalho, que sempre me incentivaram a concretizar os meus objetivos e sonhos.

Agradeço aos meus pais que apesar de todas as dificuldades, e foram muitas, sempre se esforçaram para que não nos faltasse nada e, acima de tudo, seguissemos os princípios e valores da boa educação. Sei que estão imensamente orgulhosos da minha vida pessoal e profissional.

Deixar o meu eterno agradecimento aos meus “pais do Brasil”, professor Martins e professora Iguatemy, minhas referências como Ser Humano e como profissional da área da Educação Física.

Finalmente, agradecer às pessoas mais importantes da minha vida: Clarice Martins, Filipe e Francisco. Sou eternamente grato de poder estar com vocês diariamente.

Como sempre digo a eles, que bênção é poder ter uma mulher do nosso lado que é compreensiva, carinhosa, atenciosa, inteligente e com uma energia inesgotável de fazer com que todas as pessoas à volta sejam ainda melhores seres humanos. Obrigado por todo o incentivo e ajuda para terminar esta etapa. Para o Filipe e o Francisco apenas significa que teremos mais tempo para podermos desfrutar sem o papai no computador.

RESUMO

INTRODUÇÃO: O handebol de praia é um esporte relativamente recente, candidato a esporte olímpico. Apesar dos expressivos resultados obtidos internacionalmente pelas seleções nacionais brasileiras, o handebol de praia carece de estudos científicos que fundamentem a prática exercida. Muito do que se faz é baseado em estudos desenvolvidos no handebol de quadra, em outros esportes de areia, a exemplo do voleibol de praia, cujas características específicas diferem substancialmente do handebol de praia, ou pelo conhecimento empírico dos treinadores. **OBJETIVO:** diferenciar parâmetros físicos, antropométricos, morfológicos, fisiológicos e técnicos de atletas de handebol de praia de distintas categorias, níveis de performance e resultados esportivos. **MÉTODOS:** esta tese trata de 4 estudos originais transversais, de caráter observacional, cujos participantes, cenários e procedimentos metodológicos são distintos a cada estudo. No estudo 1, para identificar variáveis que diferenciam atletas de acordo com a categoria, 70 jogadores (53 homens) foram avaliados para: variáveis antropométricas, aceleração em 5 metros (m), sprint em 15m, salto horizontal, força de preensão manual, velocidades de arremessos específicos do handebol de praia. As diferenças entre os grupos de idade foram testadas usando ANOVA. O teste t-Student independente foi usado para comparar variáveis entre sexos, e os coeficientes de correlação parcial de Pearson foram calculados entre cada uma das variáveis de condicionamento físico usando Índice de Massa Corporal (IMC) e idade como covariáveis. No estudo 2, para diferenciar atletas em relação ao rendimento esportivo, as mesmas variáveis utilizadas no estudo 1 foram consideradas, relativamente a 91 jogadores seniores (19 campeões mundiais). Foi utilizada análise multivariada de variância (MANOVA) com sexo e nível esportivo (elite vs sub-elite) como fatores fixos. No estudo 3, para diferenciar atletas iniciantes selecionados ou não para a seleção nacional, 64 atletas (16,3 anos de idade; 33 homens), participantes da fase preparatória da Seleção Brasileira para o Campeonato Mundial de Handebol de Praia (2017) foram avaliados quanto a variáveis antropométricas e morfológicas, salto horizontal e velocidades de arremessos específicos. Os dados foram analisados utilizando regressão logística com sexo e grupo (selecionado vs não selecionado) como fatores fixos, além da análise de redes. No estudo 4, para diferenciar equipes vencedoras e perdedoras, foram considerados 18 parâmetros de carga interna e externa, avaliados através de sistema de unidade de medida inercial de 124 jogadores seniores (71 homens), ao longo de 21 partidas

oficiais, utilizando análise exploratória de grafos. **RESULTADOS:** Atletas sub-21 tiveram melhor desempenho no salto horizontal e no arremesso de 6 m em relação a atletas sub-19, enquanto atletas seniores apresentaram melhor desempenho no salto horizontal do que os atletas sub-19 ($p \leq 0,05$). Em atletas masculinos e femininos, o salto horizontal e os arremessos em apoio nos 6m, com giro e aéreo foram capazes de discriminar atletas de elite e sub-elite ($p < 0,001$). Adicionalmente, a massa isenta de gordura e a velocidade da bola para jogadores jovens do sexo masculino, e o diâmetro palmar e a altura do salto de contramovimento para o feminino, foram capazes de diferenciar atletas selecionados. No entanto, ao utilizar uma abordagem não-linear os resultados indicaram que a seleção de jogadores implica a exploração de outras variáveis, além das antropométricas, morfológicas ou físicas. Por fim, equipes vencedoras e perdedoras apresentaram semelhantes resultados relativos a parâmetros de carga interna e externa, independente do sexo, mas os padrões de interrelação entre essas variáveis para as equipes vencedoras sugerem maior auto-organização. **CONCLUSÃO:** Esta tese identificou diferenças em relação a variáveis físicas, antropométricas, morfológicas e técnicas de atletas de handebol de praia de distintas categorias etárias, sexo e níveis de desempenho esportivo, destacando aspectos relevantes que precisam ser desenvolvidas ao longo dos anos de preparação de jogadores de handebol de praia. No entanto, ao utilizar abordagens analíticas não-lineares, essas variáveis não são capazes de diferenciar atletas jovens selecionados para a seleção nacional, ou mesmo diferenciar equipes que ganham e perdem.

Palavras-chave: Handebol de Praia; Perfil dos Jogadores; Determinantes do Desempenho; Seleção de Talentos; Sistemas Complexos;

ABSTRACT

BACKGROUND: Beach handball is a relatively recent sport, candidate for Olympics. Despite the expressive results obtained internationally by the Brazilian national teams, scientific studies that support beach handball practice are scarce. Much of what is done is based on studies carried out in court handball, in other sand sports, such as beach volleyball, whose specific characteristics differ substantially from beach handball, or on coaches' empirical knowledge. **AIM:** to differentiate physical, anthropometric, morphological, physiological and technical parameters of beach handball athletes from different categories, performance levels and competition results. **METHODS:** this thesis is composed by 4 original cross-sectional, observational studies, whose participants, settings and methodological procedures are different in each study. In study 1, to identify variables that differentiate athletes according to age category, 70 players (53 men) were evaluated for: anthropometric variables, acceleration in 5 meters (m), sprint in 15m, horizontal jump, handgrip strength, speeds of specific beach handball shots. Differences between age groups were tested using Analysis of Variance (ANOVA). Independent Student's t-test was used to compare variables between sexes, and Pearson's correlation coefficients were calculated between each of the fitness variables using BMI and age as covariates. In study 2, in order to differentiate athletes in relation to sports performance, the same variables used in study 1 were considered, relative to 91 senior players (19 world champions). Multivariate analysis of variance (MANOVA) was used with sex and sport level (elite vs sub-elite) as fixed factors. In study 3, to differentiate beginner athletes selected or not for the national team, 64 athletes (198.29 months old; 33 men), participants of the preparatory phase of the Brazilian national team for the World Beach Handball Championship (2017) were evaluated regarding anthropometric and morphological variables, horizontal jump and ball speed in specific throws. Data were analyzed using logistic regression with sex and group (selected vs unselected) as fixed factors, in addition to network analysis. In study 4, to differentiate winner and loser teams, 18 internal and external load parameters were considered, evaluated through inertial measurement unit system in 124 senior players (71 men), over 21 official matches, using exploratory graph analysis. **RESULTS:** Under-21 athletes performed better in the horizontal jump and 6 m throw than under-19 athletes, while senior athletes performed better in the horizontal jump than under-19 athletes ($p \leq .05$). In male and

female athletes, the horizontal jump and the 6m, spin and inflight throws were able to discriminate elite and sub-elite athletes ($p < 0.001$). Additionally, fat-free mass and ball velocity for young male players, and palm diameter and countermovement jump height for females, were able to differentiate selected athletes. However, when using a non-linear approach, the results indicated that the selection of players implies the exploration of other variables, besides anthropometric, morphological, or physical ones. Finally, winner and loser teams showed similar results regarding internal and external load parameters, regardless of sex, but the patterns of interrelation between these variables for the winner teams suggest greater self-organization.

CONCLUSION: This thesis identified differences in relation to physical, anthropometric, morphological, and technical variables of beach handball athletes of different age categories, sexes, and levels of sports performance, highlighting relevant aspects that need to be developed over the years of an athlete preparation in beach handball. However, when using non-linear analytical approaches, these variables are not capable of differentiating young athletes selected for the national team, or even differentiating winner and loser teams.

Keywords: Beach Handball; Players Profile; Performance Determinants; Talent Selection; Complex Systems;

RESUMÉN

INTRODUCCIÓN: balonmano playa es un deporte relativamente reciente, candidato a los Juegos Olímpicos. A pesar de los expresivos resultados obtenidos internacionalmente por las selecciones brasileñas, los estudios científicos que evalúan la práctica del balonmano playa son escasos. Gran parte de lo realizado se basa en estudios realizados en balonmano de pista, en otros deportes de arena, como el vóley playa, cuyas características específicas difieren sustancialmente del balonmano playa, o en el conocimiento empírico de los entrenadores. **OBJETIVO:** diferenciar parámetros físicos, antropométricos, morfológicos, fisiológicos y técnicos de deportistas de balonmano playa de diferentes categorías, niveles de rendimiento y resultados de competición. **MÉTODOS:** esta tesis está compuesta por 4 estudios observacionales transversales originales, cuyos participantes, escenarios y procedimientos metodológicos son diferentes en cada estudio. En el estudio 1, para identificar las variables que diferencian a los atletas según la categoría de edad, se evaluaron 70 jugadores (53 hombres) para: variables antropométricas, aceleración en 5 metros (m), sprint en 15 m, salto horizontal, fuerza de agarre, velocidades de playa específicas tiros de balonmano. Las diferencias entre los grupos de edad se probaron mediante análisis de varianza (ANOVA). Para la comparación de variables entre sexos se utilizó la prueba de la t de Student independiente y se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson entre cada una de las variables de aptitud física utilizando como covariables el IMC y la edad. En el estudio 2, para diferenciar a los atletas en relación al rendimiento deportivo, se consideraron las mismas variables utilizadas en el estudio 1, relativas a 91 jugadores sénior (19 campeones del mundo). Se utilizó el análisis de varianza multivariante (MANOVA) con sexo y nivel deportivo (élite vs sub-élite) como factores fijos. En el estudio 3, para diferenciar atletas principiantes seleccionados o no para la selección nacional, 64 atletas (16,3 años; 33 hombres), participantes de la fase preparatoria de la selección brasileña para el Campeonato Mundial de Balonmano Playa (2017) fueron evaluados en cuanto a variables de antropometría e morfología, salto horizontal y velocidad de la pelota en lanzamientos específicos. Los datos se analizaron mediante regresión logística con sexo y grupo (seleccionados vs no seleccionados) como factores fijos, además del análisis de redes. En el estudio 4, para diferenciar los equipos ganadores y perdedores, se consideraron 18 parámetros de carga interna y externa, evaluados a través del

sistema de unidades de medida inercial en 124 jugadores mayores (71 hombres), durante 21 partidos oficiales, utilizando análisis de gráficos exploratorios.

RESULTADOS: Los atletas sub-21 se desempeñaron mejor en el salto horizontal y lanzamiento de 6 m que los atletas sub-19, mientras que los atletas sénior se desempeñaron mejor en el salto horizontal que los atletas sub-19 ($p \leq 0.05$). En atletas masculinos y femeninos, el salto horizontal y los lanzamientos de 6m, trompo y en vuelo fueron capaces de discriminar atletas de élite y sub-élite ($p < 0.001$). Además, la masa libre de grasa y la velocidad de la pelota para los jugadores masculinos jóvenes, y el diámetro de la palma y la altura del salto con contramovimiento para las mujeres, pudieron diferenciar a los atletas seleccionados. Sin embargo, al utilizar un enfoque no lineal, los resultados indicaron que la selección de jugadores implica la exploración de otras variables, además de las antropométricas, morfológicas o físicas. Finalmente, los equipos ganadores y perdedores mostraron resultados similares en cuanto a los parámetros de carga interna y externa, independientemente del sexo, pero los patrones de interrelación entre estas variables para los equipos ganadores sugieren una mayor auto-organización.

CONCLUSIÓN: Esta tesis identificó diferencias en relación a las variables físicas, antropométricas, morfológicas y técnicas de los atletas de balonmano playa de diferentes categorías de edad, sexos y niveles de rendimiento deportivo, destacando aspectos relevantes que deben desarrollarse a lo largo de los años de preparación de un atleta. en balonmano playa. Sin embargo, cuando se utilizan enfoques analíticos no lineales, estas variables no son capaces de diferenciar a los jóvenes deportistas seleccionados para la selección nacional, ni siquiera a los equipos ganadores y perdedores.

Palabras clave: Balonmano playa; Perfil de los jugadores; determinantes del desempeño; Selección de Talento; Sistemas Complejos;

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA = Analysis of variance

BMI = Body Mass Index

bootEGA = Bootstrap Exploratory Graph Analysis

BPM = Beats for minute

CAS = Complex Adaptive System

CI = Confidence Interval

CMJ = Countermovement Jump

CV = Coeficiente de variação

Decel = Deceleration

Dist-accel = Distance in Acceleration

Dist-decel = Distance in Deceleration

EBIC = Extend Baeyesian Information Criterion

EGA = Exploratory Graph Analysis

FC = Frequência Cardíaca

FCmáx = Frequência Cardíaca Máxima

GGM = Gaussian graphical model

GLASSO = Graphical Least Absolute Shrinkage and Selection Operator

GPS = Global Positioning System

HIBD = High Intensity Braking Distance

HSR-rel = Relative High Speed Running

ICC = Coeficiente de Correlação Intraclass

IMC = Índice de Massa Corporal

IMU = Inertial Measurement Unit

KGF = Quilograma-força

LASSO = Least Absolute Shrinkage and Selection Operator

MANOVA = Multivariate analysis of variance

Max-acc = Maximal Acceleration

Max-dec = Maximal Deceleration

Max-speed = Maximal Speed Achieved

SD = Standard Deviation

SJ = Squat Jump

SPSS = Statistical Package for the Social Sciences

TEFI = The Entropy Fit Index

VO₂máx = Maximal Oxygen Consumption

WIMU = wearable inertial measurement unit

YO = YO IR2 = Intermittent Recovery Test Level 2

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figuras

Título	Página
Figura 1. Proposição teórica da tese	22
Figura 2. Configuração de banda ultra-larga em um cenário de handebol de praia de duas quadras	46

Quadros

Título	Página
Quadro 1. Objetivos específicos adotados para os estudos	23
Quadro 2. Participantes em cada um dos estudos propostos	43
Quadro 3. Tratamento estatístico a ser adotado para cada um dos estudos propostos	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.2 Objetivo geral	23
1.2.1 Objetivos específicos	23
1.3 Estrutura da tese	23
2 REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1 Handebol de praia e a especificidade da superfície de jogo	27
2.2 Aspectos físicos, antropométricos e técnicos dos jogadores de handebol de praia	30
2.3 Seleção de talentos	33
2.4 Parâmetros de carga interna e externa no handebol de praia	35
3 MÉTODOS	42
3.1 Caracterização da pesquisa	42
3.2 Cenário e participantes	42
3.3 Variáveis, instrumentos e protocolos	43
3.3.1 Variáveis sociodemográficas	43
3.3.2 Variáveis antropométricas	43
3.3.3 Variáveis de aptidão física	44
3.3.4 Variáveis das técnicas específicas	46
3.3.5 Variáveis de carga externa	46
3.3.6 Variável de carga interna	48
3.3.7 Detalhamento das variáveis utilizadas em cada estudo	49
3.4 Procedimentos	50
3.5 Análise estatística	50
3.6 Aspectos éticos	51
4 RESULTADOS	54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	127
6 REFERÊNCIAS	129
ANEXOS	142
Anexo 1 – Termo de consentimento livre e esclarecido	
Anexo 2 – Parecer consubstanciado do CEP	

1. Introdução

1. INTRODUÇÃO

O handebol de praia é um candidato a esporte olímpico com características semelhantes ao handebol de quadra, no sentido de exigir atividades de locomoção em alta intensidade, intercaladas com esforços de menor intensidade, além de envolver ações específicas como saltos, passes, arremessos e bloqueios (PUEO; JIMENEZ-OLMEDO; PENICHER-TOMAS; ORTEGA BECERRA *et al.*, 2017). Embora derivado do handebol de quadra (ACHENBACH; LOOSE; LAVER; ZEMAN *et al.*, 2018), o handebol de praia tornou-se um esporte popular, com regras específicas, pensadas para facilitar contra-ataques sucessivos, tendo os jogadores um papel especializado no ataque ou na defesa, e sendo as substituições feitas continuamente durante o jogo. Embora haja menos contatos corporais (toques e empurrões) durante as partidas de handebol de praia em comparação com o handebol de quadra, os jogadores da praia são obrigados a caminhar / correr na superfície instável da areia, o que impõe maior demanda energética e neuromuscular (PINNINGTON; DAWSON, 2001a; ZAMPARO; PERINI; ORIZIO; SACHER *et al.*, 1992).

Neste sentido, espera-se que os jogadores de handebol de praia exibam altos níveis de desempenho físico em diferentes testes, especialmente quando executados na areia (BINNIE; PEELING; PINNINGTON; LANDERS *et al.*, 2013). No entanto, até onde se sabe, não há estudos relatando resultados de desempenho físico de jogadores de handebol de praia de alto nível de ambos os sexos e entre categorias competitivas. Neste tocante, estudos de handebol de quadra revelaram que homens e mulheres diferem nas características antropométricas e no desempenho nos testes de potência aeróbica máxima, arremesso, salto e sprint (GOROSTIAGA; GRANADOS; IBANEZ; IZQUIERDO, 2005; GRANADOS; IZQUIERDO; IBAÑEZ; BONNABAU *et al.*, 2007; WAGNER; FUCHS; FUSCO; FUCHS *et al.*, 2018). Para além dessas diferenças já esperadas, os resultados de estudos prévios são menos concordantes em relação ao desempenho dos atletas nas diferentes categorias etárias. Por exemplo, um estudo envolvendo as equipes norueguesas sub-15, sub-17, sub-19 e adulta revelou que esta última era superior às equipes sub-17 e sub-15 em altura, massa, salto com contramovimento (CMJ), arremesso de bola medicinal, dinamometria manual, corrida de 10 e 30 m, Teste de Recuperação Intermitente Yo-Yo nível 2 (Yo-Yo IR2) e velocidade de arremesso em apoio nos 7 m (SAAVEDRA; KRISTJÁNSDÓTTIR; EINARSSON; GUÐMUNDSDÓTTIR *et al.*, 2018). Diferenças

menos acentuadas foram observadas entre atletas adultos e jogadores sub-19 (massa, CMJ, arremesso de bola medicinal e Yo-Yo IR2). Estes resultados sugerem que para atingir um alto nível de performance na idade adulta, os jogadores de handebol de quadra devem melhorar progressivamente seu desempenho físico ao longo dos anos de treinamento.

Adicionalmente, os atletas de elite noruegueses apresentaram melhor desempenho do que os atletas espanhóis de handebol de quadra sub-18 e sub-16 nos testes de sprints (10 e 20 m), no CMJ, nos testes de potência muscular nos exercícios de agachamento e supino, além do arremesso na passada (ORTEGA-BECERRA; PAREJA-BLANCO; JIMÉNEZ-REYES; CUADRADO-PENAFIEL *et al.*, 2018). Os atletas sub-18 apresentaram desempenho superior ao dos jogadores sub-16 em relação à carga que conduziu à velocidade de movimento de 1 ms^{-1} durante o exercício de agachamento e nas técnicas de arremesso. Assim, parece que as ações específicas do jogo e diretamente relacionadas à pontuação são aprimoradas em todas as categorias investigadas. No handebol de praia, essas técnicas específicas dizem respeito ao arremesso em apoio nos 6 m, ao arremesso aéreo e ao arremesso em rotação, que necessitam ser investigados, uma vez que o resultado final da partida é determinado pela capacidade de atingir uma alta velocidade de arremesso com precisão, utilizando diferentes técnicas (GARCÍA; SABIDO; BARBADO; MORENO, 2013).

É interessante notar que nos jogadores de handebol de quadra, as velocidades de arremesso na passada foram significativamente correlacionadas com os desempenhos no sprint, no salto vertical e na força muscular (ORTEGA-BECERRA; PAREJA-BLANCO; JIMÉNEZ-REYES; CUADRADO-PENAFIEL *et al.*, 2018; SAAVEDRA; KRISTJÁNSDÓTTIR; EINARSSON; GUÐMUNDSDÓTTIR *et al.*, 2018). Isso significa que o desenvolvimento geral nas diferentes capacidades físicas pode influenciar positivamente o desempenho no arremesso e deve ser tido em consideração por profissionais e atletas. Além disto, em atletas de quadra, a capacidade de sprint acima de 10 e 30 m está positivamente relacionada à capacidade de salto vertical (SAAVEDRA; KRISTJÁNSDÓTTIR; EINARSSON; GUÐMUNDSDÓTTIR *et al.*, 2018). No entanto, no handebol de praia, as distâncias a serem percorridas durante a corrida são mais curtas (até 15 m entre as linhas que demarcam as áreas do goleiro), o que enfatiza ainda mais a necessidade de se investigar a velocidade de aceleração dos jogadores de handebol de praia na

superfície instável em que jogam, já que não se sabe se nestes atletas, a capacidade de saltar (particularmente o salto horizontal) está associada à velocidade de aceleração.

Apesar da existência de evidência sobre o papel dos fatores genéticos e do processo de treinamento na determinação do sucesso dos atletas de elite e na sua distinção em relação àqueles com menor desempenho (TUCKER; COLLINS, 2012), não há dados sobre o sucesso dos jogadores de handebol de praia de elite. Gorostiaga et al. (2005) relataram que, ao comparar atletas de handebol de quadra com diferentes formações, os jogadores de elite têm ficado cada vez mais altos nas últimas duas décadas. Estudos também revelaram que jogadores de handebol masculino e feminino diferem nas características antropométricas e no desempenho nos testes de potência aeróbica máxima, arremesso, salto e sprint (GOROSTIAGA; GRANADOS; IBANEZ; IZQUIERDO, 2005; GRANADOS; IZQUIERDO; IBÁÑEZ; BONNABAU *et al.*, 2007; MOSS; MCWHANNELL; MICHALSIK; TWIST, 2015; WAGNER; FUCHS; VON DUVILLARD, 2018).Wagner et al. (2018) afirmaram que uma das variáveis mais confiáveis para diferenciar o desempenho de jogadores de handebol de quadra é o desempenho no arremesso.

Os estudos mencionados examinaram diferentes combinações de parâmetros antropométricos e de aptidão física. No entanto, não há estudos que avaliem habilidades esportivas específicas do handebol de praia, ou mesmo qual dessas variáveis melhor contribui para o desempenho de atletas de handebol de praia. Dada a natureza do handebol de praia, é importante entender se aspectos físicos, antropométricos, morfológicos ou técnicos podem ser mais ou menos influentes na determinação do sucesso específico para este esporte. Devido às diferentes demandas na praia, em comparação com o handebol de quadra, particularmente a transição de uma superfície de jogo sólida para uma instável, é importante que os treinadores entendam como os testes antropométricos e morfológicos, de condicionamento físico e de habilidade específicas podem diferenciar atletas mais ou menos competentes no handebol de praia. Estas informações são relevantes no processo de treinamento, no planejamento e preparação de atletas de handebol de areia em longo prazo e na identificação e seleção de talentos para o esporte. Estudos desta natureza foram realizados com diferentes modalidades esportivas (VERBURGH, L.; SCHERDER, E. J.; VAN LANGE, P. A.; OOSTERLAAN, J., 2016; WOODS, C. T.; RAYNOR, A. J.; BRUCE, L.; MCDONALD, Z. *et al.*, 2016), incluindo o

handebol de quadra (WAGNER; FUCHS; VON DUVILLARD, 2018). No entanto, há escassez de informações relacionadas ao handebol de praia, especialmente à elite da modalidade, mesmo considerando os positivos resultados alcançados pelas seleções brasileiras masculina e feminina internacionalmente.

Em se tratando de atletas jovens, a identificação e seleção de talentos são situações corriqueiras na ação profissional de um treinador. A seleção de atletas jovens, usualmente denominada seleção de talentos, é a fase final de um complexo processo de tomada de decisão utilizado por treinadores para decidir quem permanece e quem é removido de uma amostra de atletas em potencial. Em intervalos regulares de tempo ao longo do desenvolvimento do atleta, esses pontos de verificação e tomada de decisão restringem ou permitem o avanço no sistema esportivo (BAKER; JOHNSTON; WATTIE, 2022b). No entanto, há uma incontestável necessidade de maior quantidade de pesquisas neste campo da ciência. Em um estudo de revisão sistemática, Johnston et al. (2018) observaram evidências surpreendentemente limitada para os treinadores fundamentarem suas decisões de seleção de talentos. Em uma modalidade relativamente recente, como é o caso do handebol de praia, estas limitações são ainda mais críticas.

Além da carência de informação acerca de aspectos físicos, antropométricos, morfológicos e técnicos que determinam o desempenho do atleta de handebol de praia, não menos importante é entender as demandas de carga interna e externa durante os jogos. Semelhante à análise do jogo em outros esportes, como no futebol de praia (CASTELLANO; CASAMICHANA, 2010) por exemplo, a avaliação das cargas interna e externa são cruciais para determinar as necessidades do esporte, possibilitando aos técnicos a otimização do processo de treinamento (CAMPOS-VAZQUEZ; MENDEZ-VILLANUEVA; GONZALEZ-JURADO; LEÓN-PRADOS *et al.*, 2015), através do estabelecimento de rotinas adequadas às características dos atletas e às necessidades da modalidade.

O primeiro estudo realizado para caracterizar o jogo de handebol de praia, elaborado por Pueo et al. (2017), identificou que os jogadores percorrem uma distância total média de 1000 a 1200 m, sendo a maior parte dos deslocamentos realizados em baixa intensidade (0,5-13 km/h), com impactos de baixa intensidade e exigindo uma resposta fisiológica moderada [(71-80% da frequência cardíaca máxima ($FC_{máx}$))]. Porém, importante realçar que apesar deste estudo ter sido realizado com jogadores espanhóis de elite, as informações foram coletadas em um jogo amistoso

entre os próprios jogadores, o que limita inferências reais acerca das demandas de um jogo com características competitivas.

Adicionalmente, entender as demandas de carga interna e externa que diferenciam equipes que ganham e perdem se constitui uma lacuna importante na literatura científica disponível. Pressupõe-se que os diferentes parâmetros de carga comumente avaliados de forma isolada em cada jogador se constituem um fenômeno multidimensional e complexo, caracterizado pela capacidade de reunir diferentes recursos, isto é, físicos, motores, cognitivos, sociais, emocionais e ambientais, para executar com proficiência ações durante o jogo. Neste sentido, avaliar a interrelação entre elementos de carga interna e externa em função dos resultados dos jogos parece ser condição importante a investigar no jogo de handebol de praia, fornecendo subsídios traduzíveis para o cotidiano do treinador, já que as condições de jogo não são fixas no tempo. Acredita-se que a forma como esses parâmetros se relacionam podem positiva ou negativamente determinar o resultado da partida.

Assim, ao considerar que: 1) não se conhece o perfil antropométrico e de aptidão física de atletas de handebol de praia de diferentes categorias; 2) há uma lacuna importante referente às variáveis físicas, antropométricas, morfológicas e técnicas que possam diferenciar atletas de handebol de praia de elite e sub-elite; 3) o mesmo se passa em relação à seleção de talentos, já que não se sabe quais variáveis diferenciam atletas de handebol de praia juvenis selecionados ou não para a seleção nacional; e por fim 4) é preciso entender os diferentes parâmetros de carga interna e externa que diferenciam equipes que ganham jogos de handebol de praia a partir de uma visão sistêmica; estabeleceu-se a seguinte proposição teórica para esta tese:

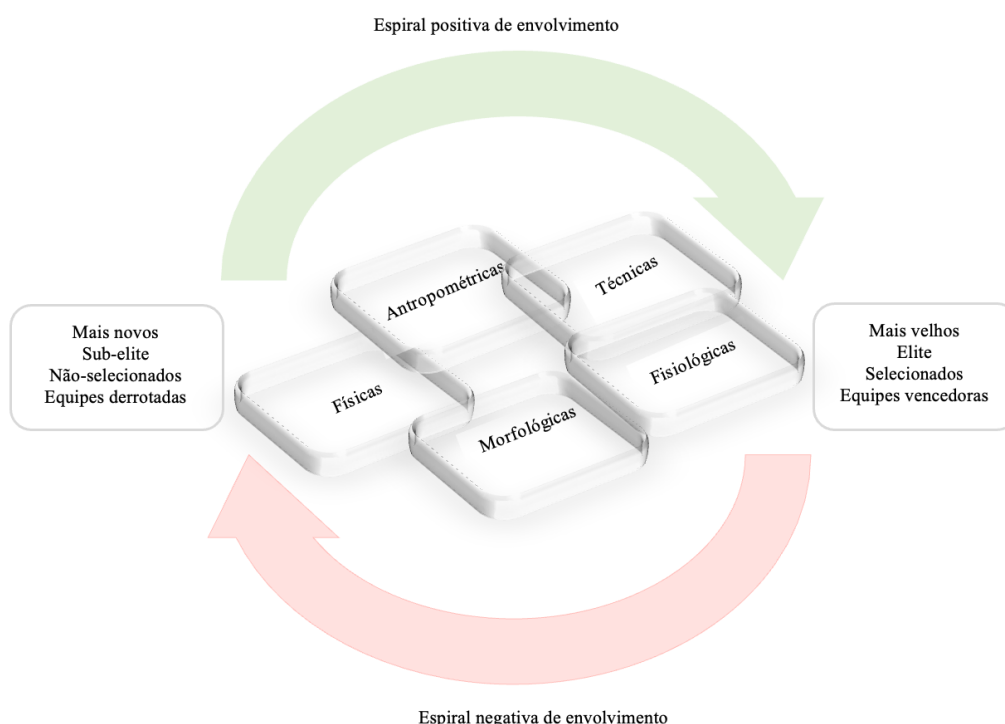


Figura 2. Proposição teórica da tese

Para elucidar a proposição teórica acima apresentada, esta tese doutoral pretendeu responder às seguintes questões problemas:

1. Há diferenças nas variáveis antropométricas e de aptidão física de atletas de handebol de praia de acordo com suas categorias etárias?
2. Dentre diferentes variáveis físicas, antropométricas, morfológicas e técnicas, quais diferenciam atletas de handebol de praia de elite e sub-elite?
3. Dentre diferentes variáveis físicas, antropométricas e morfológicas, quais variáveis diferenciam atletas de handebol de praia juvenis selecionados ou não para a seleção nacional?
4. Como se diferencia a interrelação entre variáveis de carga externa e interna de equipes vencedoras e perdedoras no jogo de handebol de praia?

De fato, a escassez de estudos que fundamentem a prática dos treinadores e preparadores físicos do handebol de praia exige uma visão que contempla desde a iniciação esportiva até à elite da modalidade. No entanto, para o escopo desta tese, definiu-se por delimitar o estudo na resposta às questões acima elencadas.

1.2 Objetivo geral

Diferenciar parâmetros físicos, antropométricos, morfológicos, fisiológicos e técnicos de atletas de handebol de praia de distintas categorias, níveis de performance e resultados esportivos.

1.2.1 Objetivos específicos

A realização desta tese será norteada a partir da elaboração de quatro estudos distintos. Cada objetivo específico foi contemplado em um dos quatro estudos que compõem a sessão de resultados desta tese, conforme apresentado abaixo:

Quadro 1. Objetivos específicos adotados para os estudos

Estudo 1

Comparar e correlacionar variáveis antropométricas e de aptidão física de atletas de handebol de praia de elite de diferentes categorias.

Estudo 2

Comparar variáveis antropométricas, morfológicas, de aptidão física e de habilidades esportivas específicas do handebol de praia entre jogadores de elite (atletas campeões mundiais) e jogadores de sub-elite (atletas de clubes amadores).

Estudo 3

Identificar as variáveis físicas, antropométricas e morfológicas mais importantes para diferenciar atletas juvenis de handebol de praia selecionados para a seleção nacional.

Estudo 4

Analisar as interrelações entre parâmetros de carga interna e externa que diferenciam as equipes vencedoras no jogo de handebol de praia.

1.3 Estrutura da tese

Esta tese será apresentada no modelo alternativo de acordo com a norma 2002/2015 do Programa Associado de Pós-Graduação em Educação Física UPE/UFPB, que dispõe sobre o exame de qualificação, pré-banca e defesa. Desta

forma, a seção de Resultados será apresentada em quatro artigos, como apresentados nos objetivos específicos.

2. Referencial teórico

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para discorrer sobre os temas abordados na presente tese optou-se por dividir o referencial teórico em tópicos. O primeiro tópico apresenta informações gerais sobre o handebol de praia, e mais especificamente sobre as características do jogo em uma superfície instável. No segundo tópico, buscou-se elencar a literatura existente que trata das características físicas, antropométricas, morfológicas, fisiológicas e técnicas dos jogadores da modalidade. Em seguida, abordou-se aspectos importantes relacionados à seleção de talentos na modalidade. Por fim, recorreu-se aos conhecimentos até então existentes para fundamentar a necessidade de explorar a interrelação entre indicadores de carga interna e externa de equipes vencedoras e perdedoras em jogos de handebol de praia.

2.1 Handebol de praia e a especificidade da superfície de jogo

O handebol de areia é uma modalidade relativamente nova que surgiu na Itália em 1990 e se expandiu rapidamente por diversos países. O jogo é dividido em duas partes de 10 minutos, em que o resultado é independente em cada uma das partes, sendo realizado numa área com as dimensões de 27 metros de comprimento por 12 metros de largura. Semelhante ao voleibol, é atribuído um ponto ao vencedor de cada uma das partes. Caso a partida termine empatada, o jogo é decidido no sistema de shoot-out (jogador contra goleiro).

Cada equipe joga com 4 jogadores em quadra (1 goleiro e 3 jogadores de linha). Às jogadas aéreas ou aos arremessos precedidos de rotações de 360 graus, são atribuídos 2 gols. As regras permitem que durante o jogo, sejam intercalados esforços de alta e de baixa intensidades, já que contrariamente ao que acontece no handebol de quadra, as regras do jogo impedem que possa existir contacto físico (empurrar e puxar) entre os atletas, o que minimiza as paragens do jogo devido às faltas. Além disto, há uma constante alternância na posse da bola, e as substituições de jogadores acontecem de forma ilimitada durante o jogo.

Para além das características climáticas naturais, como temperatura, umidade e velocidade do vento, a característica mais marcante em comparação com o tradicional handebol de quadra, e que interfere diretamente na demanda fisiológica do jogo, é o fato de o handebol de praia ser praticado em uma superfície instável. Espera-se que na areia, os jogadores tenham uma elevada demanda energética e

neuromuscular na execução das ações motoras desenvolvidas ao longo do jogo. De fato, em comparação com outras superfícies de treino mais firmes, como a grama por exemplo, a prática de exercícios na areia requer demandas fisiológicas e biomecânicas distintas (BROWN; DAWSON; BINNIE; PINNINGTON *et al.*, 2017; LEJEUNE; WILLEMS; HEGLUND, 1998; PINNINGTON; LLOYD; BESIER; DAWSON, 2005), já que na areia, o custo energético da corrida aumenta em 1,2 a 1,6 vezes para a mesma velocidade realizada em superfície rígida (PINNINGTON; DAWSON, 2001a; b).

Esta demanda acentuada está associada a alterações significativas nos padrões cinemáticos e de ativação muscular ao correr na areia (PINNINGTON; LLOYD; BESIER; DAWSON, 2005), que contribuem para gastos de energia significativamente maiores, com maior frequência cardíaca (FC) (> 22 batimentos por minuto), maior consumo de oxigênio (> 0,8 litros por minuto), maior acúmulo de lactato (2-3 vezes) e maior temperatura retal (> 0,5 ° C), quando comparados aos que ocorrem na grama (LEJEUNE ET AL., 1998; PINNINGTON & DAWSON, 2001A; PINNINGTON ET AL., 2005; ZAMPARO ET AL., 1992). Neste sentido, parece haver maior nível de tensão fisiológica durante o exercício em areia do que em superfícies firmes.

Zamparo et al., (1992) reportaram que para velocidades de corrida que variam entre 7 e 14 km/h, o custo energético da corrida em areia é aproximadamente 24% maior do que para corridas em terra firme. Os autores atribuíram este aumento a uma redução na recuperação da energia elástica. Posteriormente, Lejeune et al., (1998) observaram que a ação dos tendões musculares aumentou aproximadamente 1,15 vezes para todas as velocidades na areia, quando comparadas à corrida em superfície dura. Os autores observaram uma diminuição na eficiência dos tendões musculares ao correr na areia, devido ao desproporcional aumento no consumo de energia em relação ao trabalho mecânico realizado. Adicionalmente, os autores indicaram haver uma quantidade significativa de transferência passiva de energia do centro de massa do corpo para a areia, à medida em que o pé afunda. Neste sentido, o aumento no tempo de contato com os pés altera o tempo entre a ação muscular excêntrica e concêntrica durante a fase de apoio do ciclo da marcha, diminuindo a eficiência e o desempenho do jogador (GIATSIS; KOLLIAS; PANOUTSAKOPOULOS; PAPAIAKOVOU, 2004; LEJEUNE; WILLEMS; HEGLUND, 1998; MIYAMA; NOSAKA,

2004) e consequentemente, resultando em uma maior demanda energética ao correr na areia.

É importante destacar que a demanda do jogo realizado na areia pode ainda ser aumentada em virtude da necessidade de geração de forças que controlam a estabilidade articular (PINNINGTON; DAWSON, 2001a). A corrida na superfície instável pode demandar níveis mais altos de contração para estabilizar as articulações do quadril, joelho e tornozelo durante a fase de apoio da corrida, resultando em uma maior demanda energética. Portanto, correr na areia provavelmente envolve o recrutamento de musculaturas adicionais e padrões neurais que não necessariamente são recrutados ao correr em superfícies rígidas (Pinnington & Dawson, 2001). Ao avaliar 51 estudantes do sexo masculino (15 a 21 anos) que realizaram um programa de corrida de 6 semanas em superfície rígida e na areia, Yiğit e Tuncel (1998) observaram que houve um aumento significativo na circunferência da panturrilha, associada a uma maior sobrecarga neste grupo muscular específico, e no consumo máximo de oxigênio ($VO_2^{máx}$), associada a maiores adaptações no tamanho e força muscular, no grupo que treinou na areia ($p < 0,05$). Corroborando com este estudo, Pinnington et al. (2005) identificaram um pico de ativação significativamente maior do gastrocnêmio ao correr na areia, quando comparado à corrida na grama, principalmente durante a fase propulsiva da corrida. Em um estudo realizado com jogadores de futebol, Gaudino et al. (2013) observaram reduções significativas ($p < 0,001$) em diferentes padrões cinemáticos, como nas velocidades média e máxima, nas acelerações média e máxima, no comprimento médio da passada e no tempo de voo, para além de um maior tempo de contato ($p < 0,001$), ao comparar os valores registrados na areia com os registrados na grama natural ou artificial.

Vale destacar que para além da corrida, o handebol de praia demanda ações técnicas que dependem da combinação de padrões motores como saltar e arremessar. Neste sentido, durante o salto vertical na areia, o pé do atleta afunda, e este deve exercer uma força adicional para atingir a altura requerida (GIATSIS; KOLLIAS; PANOUTSAKOPOULOS; PAPAIKOVOU, 2004; IMPELLIZZERI; RAMPININI; CASTAGNA; MARTINO *et al.*, 2008), o que também demanda um maior custo energético. No entanto, em termos crônicos, essa maior demanda energética requerida pode ser minimizada (HAMMAMI; BRAGAZZI; HERMASSI; GAAMOURI *et al.*, 2020) pelo aumento da velocidade de condução nervosa, da coordenação intermuscular aprimorada, bem como por mudanças no tamanho e na arquitetura

muscular (MARKOVIC; MIKULIC, 2010; PRIESKE; MUEHLBAUER; MUELLER; KRUEGER *et al.*, 2013; RAMÍREZ-CAMPILLO; ANDRADE; IZQUIERDO, 2013). Impellizzeri *et al.* (2008) investigaram o efeito de superfícies de areia e grama no desempenho de atletas e observaram melhorias significativamente maiores no desempenho do salto em contra-movimento (CMJ) ($> 5,5$ cm) em comparação com o grupo de areia ($> 2,4$ cm). Por outro lado, também houve uma tendência de melhoria maior no desempenho do salto com agachamento (SJ) no grupo de treinamento de areia ($> 3,4$ cm versus $> 1,8$ cm; $p = 0,08$). No geral, estes achados sugerem que existem diferentes efeitos induzidos pelo treinamento pliométrico na areia em comparação ao treinamento realizado em uma superfície mais rígida. Especificamente, acredita-se que o SJ seja uma medida maior da força concêntrica pura, devido à ausência de ações pré-alongamento (MCGUIGAN; DOYLE; NEWTON; EDWARDS *et al.*, 2006). Portanto, isso pode indicar que, durante o treinamento pliométrico na areia, existe uma maior dependência da ação muscular concêntrica, talvez para compensar a degradação da energia elástica durante o exercício (Giatsis *et al.*, 2004; Impellizzeri *et al.*, 2008).

De fato, diferentes aspectos devem ser tidos em consideração ao planejar um programa de treino para atletas de handebol de areia. No entanto, e apesar dos bons resultados obtidos pelas seleções brasileiras no cenário mundial, não se conhece nenhum estudo que tenha investigado as demandas fisiológicas do jogo e que possa dar suporte teórico aos trabalhos desenvolvidos por treinadores e preparadores físicos.

2.2 Aspectos físicos, antropométricos, morfológicos e técnicos dos jogadores de handebol de praia

Devido às características específicas da modalidade, é expectável que jogadores de handebol de praia exibam altos níveis de desempenho físico em diferentes testes, especialmente quando executados na areia (BINNIE; PEELING; PINNINGTON; LANDERS *et al.*, 2013). Até onde se sabe, não há estudos relatando resultados de desempenho físico de jogadores de handebol de praia de alto nível e em categorias de idade competitivas. Estudos realizados com jogadores de handebol de quadra reportaram que homens e mulheres diferem nas características antropométricas e no desempenho nos testes de potência aeróbica máxima,

arremesso, salto e sprint (GOROSTIAGA; GRANADOS; IBANEZ; IZQUIERDO, 2005; GRANADOS; IZQUIERDO; IBAÑEZ; BONNABAU *et al.*, 2007; WAGNER; FUCHS; FUSCO; FUCHS *et al.*, 2018).

Além dessas diferenças esperadas, há menos concordância em relação aos índices de desempenho dentre as diferentes categorias etárias. Por exemplo, um estudo envolvendo as equipes norueguesas sub-15, sub-17, sub-19 e adulta revelou que esta última era superior às equipes sub-17 e sub-15 em estatura, massa corporal, salto em contramovimento (CMJ), arremesso de bola medicinal, dinamometria manual, corrida de 10 e 30 m, teste de recuperação intermitente Yo-Yo nível 2 (Yo-Yo IR2) e velocidade de arremesso em apoio nos 7 m (SAAVEDRA; KRISTJÁNSDÓTTIR; EINARSSON; GUÐMUNDSDÓTTIR *et al.*, 2018). Menos diferenças foram evidenciadas entre adultos e jogadores sub-19 (massa corporal, CMJ, arremesso de bola medicinal e Yo-Yo IR2). Estes resultados sugerem que para atingir um alto desempenho esportivo na idade adulta, os jogadores de handebol devem melhorar progressivamente seu desempenho físico ao longo dos anos de treinamento.

Jogadores de elite da seleção masculina espanhola de handebol apresentaram melhor desempenho do que os jogadores sub-18 e sub-16 nos sprints de 10 e 20 m, CMJ, testes de potência muscular nos exercícios de agachamento e supino, e no arremesso na passada (ORTEGA-BECERRA; PAREJA-BLANCO; JIMENEZ-REYES; CUADRADO-PENAFIEL *et al.*, 2018). Os atletas sub-18 apresentaram desempenho superior ao dos jogadores sub-16 em relação à carga que conduziu à velocidade de movimento de 1 ms⁻¹ durante o exercício de agachamento e nas técnicas de arremesso de bola. Portanto, a ação específica relacionada à pontuação parece ser aprimorada em todas as categorias investigadas. Apesar destas informações, aspectos semelhantes relacionados ao handebol de praia precisam ser investigados, já que o resultado final da partida é determinado pela capacidade de atingir uma alta velocidade de arremesso usando diferentes técnicas. Especificamente no handebol de praia, essas técnicas equivalem ao arremesso em apoio nos 6 m, o arremesso com giro e o arremesso aéreo, que até então ainda não foram investigadas.

Curiosamente, em jogadores de handebol de quadra, as velocidades de arremesso em apoio e arremesso na passada estão significativamente correlacionadas com o desempenho de sprint, salto vertical e força muscular (ORTEGA-BECERRA; PAREJA-BLANCO; JIMENEZ-REYES; CUADRADO-PENAFIEL *et al.*, 2018; SAAVEDRA; KRISTJÁNSDÓTTIR; EINARSSON;

GUÐMUNDSDÓTTIR *et al.*, 2018). Isto significa que o desenvolvimento geral das capacidades físicas pode influenciar positivamente o desempenho no arremesso e deve ser constantemente procurado por profissionais e atletas. Adicionalmente, em jogadores de handebol, a capacidade de sprint acima de 10 e 30 m está correlacionada positivamente com a habilidade de salto vertical (SAAVEDRA; KRISTJÁNSDÓTTIR; EINARSSON; GUÐMUNDSDÓTTIR *et al.*, 2018). Na especificidade do handebol de praia, as distâncias a serem percorridas durante a corrida são mais curtas, pois há até 15 m para percorrer as linhas que demarcam as áreas do goleiro. Como consequência, a velocidade de aceleração na superfície da areia precisa ser investigada, já que não se sabe se nesta modalidade, a capacidade de saltar (particularmente o salto horizontal) está associada à velocidade de aceleração.

Ressalta-se ainda que embora exista evidência sobre o papel dos fatores genéticos e do processo de treinamento na determinação do sucesso dos atletas de elite e na sua distinção dos atletas com menos desempenho (TUCKER; COLLINS, 2012), não há dados sobre o sucesso esportivo de jogadores de handebol de praia de elite. Gorostiaga *et al.* (2005), em um estudo com mais de 15 anos, relataram que, ao comparar atletas de handebol de quadra com diferentes formações, os jogadores de elite apresentaram maior estatura ao longo das duas últimas décadas. No que diz respeito ao IMC, apenas dois estudos até então analisaram esta variável no handebol de praia feminino. Becerra *et al.* (2018) avaliaram atletas campeãs mundiais e reportaram que estas apresentam IMC inferior ($21,68 \pm 1,45 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$) aos obtidos em estudos realizados com jogadoras de quadra de diferentes nacionalidades e níveis esportivos (MALA; MALY; ZAHALKA; BUNC *et al.*, 2015; MILANESE; PISCITELLI; LAMPIS; ZANCANARO, 2011), além de um perfil somatotípico mesomórfico-endomórfico. No estudo de Silva *et al.* (2015) os valores médios observados foram superiores aos relatados por Becerra *et al.* ($24,90 \pm 3,00 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$). Além disso, Silva *et al.* (2016) reportaram um percentual médio de massa gorda das atletas de handebol de praia de $14,48 \pm 3,06$. Apesar de avançar com o conhecimento específico acerca do perfil antropométrico e morfológico de atletas de handebol de praia, os resultados são incipientes e restritos ao sexo feminino.

De fato, embora os estudos existentes (GRANADOS, IZQUIERDO, IBAÑEZ, BONNABAU & GOROSTIAGA, 2007; MOSS, MCWHANNELL, MICHALSIK, & TWIST, 2015; WAGNER, FUCHS, FUSCO, ET AL., 2018) tenham examinado diferentes

combinações de parâmetros antropométricos e de aptidão física, até o momento não houve nenhuma investigação que visasse habilidades esportivas específicas do handebol de praia, destacando qual delas poderia melhor contribuir para o desempenho de atletas de elite. Dada a natureza do handebol de praia, que exige a execução de habilidades técnicas, como arremessar e recepcionar, ao mesmo tempo em que exige uma demanda física de alta intensidade, é importante entender se aspectos físicos ou técnicos podem ser mais ou menos influentes na determinação do sucesso específico para este esporte. Devido às diferentes exigências do handebol de praia em comparação com o handebol de quadra, principalmente a transição de uma superfície de jogo sólida para uma instável, é importante que os treinadores entendam como os testes antropométricos, de condicionamento físico e de habilidade específicas diferenciam atletas mais ou menos qualificados no handebol de praia.

Essas informações podem ser usadas para adaptar os processos de treino, para a identificação de talentos e para o planejamento de desenvolvimento de atletas em longo prazo. Embora existam estudos desse tipo para diferentes esportes (VERBURGH, L.; SCHERDER, E.; VAN LANGE, P.; OOSTERLAAN, J., 2016; WOODS, CARL T; RAYNOR, ANNETTE J; BRUCE, LYNDELL; MCDONALD, ZANE *et al.*, 2016) incluindo handebol de quadra (MOHAMED, HASAN; VAEYENS, ROEL; MATTHYS, STIJN; MULTAEL, MARC *et al.*, 2009; WAGNER; FUCHS; VON DUVILLARD, 2018) o handebol de praia é um esporte relativamente novo, com escassas informações relacionadas à elite, mesmo considerando os relevantes resultados alcançados internacionalmente pelas seleções brasileiras.

2.3 Seleção de talentos

A seleção de atletas, usualmente denominada seleção de talentos, é a fase final de um complexo processo de tomada de decisão utilizado por treinadores para decidir quem permanece e quem é removido de uma amostra de atletas em potencial. Em intervalos regulares de tempo ao longo do desenvolvimento do atleta, esses pontos de verificação e tomada de decisão restringem ou permitem o avanço no sistema esportivo (BAKER; JOHNSTON; WATTIE, 2022b). Neste sentido, selecionar talentos envolve previsões sobre as quais especialistas determinam qual padrão de habilidades será necessário para o desempenho de elite no futuro.

Embora contestada quer no conceito, quer nos procedimentos (BAKER; WATTIE, 2018), a seleção de talentos é um processo amplamente utilizados nos diferentes esportes devido às dificuldades financeiras, pessoais, logísticas e estruturais de trabalhar com um número alargado de atletas (TILL; BAKER, 2020). Neste sentido, treinadores usualmente utilizam medidas de antropometria e/ou desempenho em tarefas físicas, como por exemplo, altura, peso, velocidade de corrida, testes de força, como parâmetros de seleção.

Em um estudo com 405 jovens atletas de handebol de quadra, Lidor et al. (2005) avaliaram variáveis motoras, físicas e de habilidade que pudessem fornecer aos treinadores informações relevantes no processo de seleção de talentos. Comparações entre os jogadores selecionados 2-3 anos depois com os não selecionados demonstraram que apenas o teste de drible discriminou os dois grupos. Em um estudo de revisão sistemática objetivando fornecer informações sobre procedimentos usados para avaliar habilidades técnicas específicas do esporte e seu poder discriminante, explicativos e/ou preditivos na seleção de talentos, Koopmann et al (2020) demonstraram que habilidades técnicas explicam entre 7 e 13% da variação na seleção de talentos. No entanto, 90% dessa variação permaneceu inexplicada.

De fato, embora os estudos indiquem que as habilidades técnicas parecem ser discriminantes em faixas etárias mais jovens, como na fase “treinar para aprender” do modelo de desenvolvimento de atletas de longo prazo, nenhuma relação consistente foi encontrada entre essas variáveis e desempenho atlético futuro, já que as restrições esportivas mudam e evoluem ao longo do tempo (JOHNSTON; WATTIE; SCHORER; BAKER, 2018). Em um estudo recente, Fieseler et al (2017) exploraram características antropométricas, de desempenho no arremesso e de corrida de 21 jogadores profissionais de handebol de quadra, por posição e nível de competição. Contrariamente ao observado nos estudos anteriormente citados, os autores observaram diferenças substanciais nas características corporais, desempenho de arremesso e sprint entre níveis competitivos, o que reforça a complexidade do processo de seleção.

Apesar de uma etapa importante na jornada de um atleta, e o *modus operandi* do esporte de alto rendimento, a seleção de talentos está repleta de limitações. Este processo requer uma previsão precisa de como os esportes mudarão no futuro, a fim de antecipar como os critérios que determinam o sucesso hoje serão ainda determinantes no futuro. Inevitavelmente este é um processo complexo, já que os

esportes não seguem uma trajetória previsível (BAKER; COBLEY; SCHORER; WATTIE, 2017). Neste sentido, os profissionais envolvidos no processo de seleção se deparam constantemente com a difícil tarefa de identificar potenciais talentos a partir de medidas pouco confiáveis relativamente à sua capacidade discriminante (BAKER; SCHORER; WATTIE, 2018).

A suposição de que indicadores avaliados no início da carreira são preditores válidos do potencial futuro de um atleta se constitui a maior delas. Essa suposição sugere que o talento é uma capacidade fixa que pode ser identificada precocemente e não muda ao longo do tempo de desenvolvimento (BAKER; SCHORER; WATTIE, 2018). Mais, desconsidera a qualidade do ambiente de desenvolvimento do atleta, que é indiscutivelmente importante para o sucesso a longo prazo (PHILLIPS; DAVIDS; RENSHAW; PORTUS, 2010). De fato, identificar múltiplos possíveis preditores para a seleção de talentos em um único intervalo de tempo subestima a não linearidade do processo de desenvolvimento de talentos esportivos (VAEYENS, ROEL; LENOIR, MATTHIEU; WILLIAMS, A MARK; PHILIPPAERTS, RENAAT M, 2008).

Para tomar decisões mais precisas sobre a identificação e seleção de atletas, praticantes e pesquisadores precisam estabelecer quais características (indicadores de talento) estão relacionadas ao potencial de sucesso futuro em sistemas específicos do esporte. Em um estudo de revisão sistemática, Johnston, Wattie et al. (2018) observaram evidências surpreendentemente limitada para os treinadores fundamentarem suas decisões de seleção de talentos. Assim, há não só uma evidente necessidade de maior quantidade de pesquisas relativas à seleção de talentos, especialmente em uma modalidade relativamente recente como o handebol de praia, como também uma mudança de perspectiva teórica relacionada à não-linearidade entre as medidas comumente utilizadas.

2.4 Parâmetros de carga interna e externa no handebol de praia

A fim de melhorar o desempenho esportivo dos atletas, o conhecimento acerca das demandas do esporte, através de avaliações válidas e precisas, que tracem uma análise detalhada do jogo são essenciais, e permitem o planejamento de treinos específicos. Estas demandas podem ser definidas como carga interna e externa, sendo a carga externa o trabalho físico realizado em treino ou competição (VANRENTERGHEM, JOS; NEDERGAARD, NIELS JENSBY; ROBINSON, MARK A;

DRUST, BARRY, 2017); enquanto a carga interna é referente às respostas individuais e psicofisiológicas à carga externa. Como exemplos de carga externa, podem-se destacar a distância percorrida durante o jogo, a velocidade produzida, as acelerações, ou saltos realizados. Já exemplos de carga interna são o esforço percebido ou frequência cardíaca (VANRENTERGHEM, JOS; NEDERGAARD, NIELS JENSBY; ROBINSON, MARK A; DRUST, BARRY, 2017).

Indicadores de carga interna e externa, como as demandas de corrida e as respostas de FC impostas durante uma partida, se constituem informações relevantes para a caracterização do jogo, sendo cruciais para melhor entendê-lo e prescrever o processo de treino (AUGHEY, 2011), especialmente no handebol de praia, cuja escassez de estudos dificulta o trabalho de treinadores. Tradicionalmente, parâmetros de carga eram avaliados em situações bem controladas de laboratório, o que dificultava a interpretação dos mesmos em situações reais de jogo (LARSSON, 2003). No entanto, o monitoramento da carga de trabalho do jogador em situações ecológicas despertou um interesse crescente, permitindo entender melhor o impacto do treino ou do jogo no desempenho atlético, na fadiga ou no risco de lesão (HALSON, 2014; IMPELLIZZERI; MARCORA; COUTTS, 2019), fornecendo a cientistas e treinadores informações precisas para estabelecer rotinas e objetivos (PUEO; JIMENEZ-OLMEDO; PENICHET-TOMAS; ORTEGA BECERRA *et al.*, 2017).

De fato, o handebol de praia é um esporte muito particular em relação ao tempo ativo, devido às contínuas substituições de jogadores durante toda a partida (ZAPARDIEL; ASÍN-IZQUIERDO, 2020). Neste sentido, sistemas de rastreamento, como o sistema de posicionamento global (GPS) foi apresentado como uma alternativa que permite monitorar em tempo real a posição e a velocidade de um jogador (SCHUTZ; HERREN, 2000; TERRIER; LADETTO; MERMINOD; SCHUTZ, 2001), através da utilização de satélites operacionais em órbita ao redor da Terra (GIMENEZ; GARCIA-UNANUE; NAVANDAR; VIEJO-ROMERO *et al.*, 2020). O uso de dispositivos GPS permitem descrever padrões de movimento de jogadores, velocidade e distância percorrida e número de acelerações e desacelerações (MALONE; LOVELL; VARLEY; COUTTS, 2017) em tempo real. As informações resultantes dos padrões de movimento do jogador, bem como o perfil da atividade mecânica realizada (carga externa), as informações táticas (coordenadas espaciais) e as respostas fisiológicas (carga interna), têm sido utilizadas para caracterizar o jogo competitivo em diferentes esportes (MCLELLAN; LOVELL; GASS, 2011).

Nos últimos anos, microssensores adicionais (acelerômetros, giroscópios, magnetômetros e monitores de frequência cardíaca) também foram incluídos dentro das unidades convencionais de GPS usadas pelos atletas. Esses dispositivos multifacetados possuem tecnologia adicional além do GPS, como acelerômetro triaxial, giroscópio tridimensional, magnetômetro e monitor de frequência cardíaca.

Ao utilizar sistemas de GPS, em um jogo simulado com dois sets de 10 minutos, sem substituição de atletas, Pueo et al. (2017) encontraram tempos de atividade de 8,8 min em homens e de 9,3 em mulheres em um bloco de jogo de dez minutos. O tempo médio de jogo durante o primeiro e segundo sets foi de $6,7 \pm 2,7$ min e $6,6 \pm 2,6$ min, com um percurso de distância média percorrida durante o jogo de 1118 ± 222 m e 1235 ± 192 m para mulheres e homens, respectivamente. No entanto, jogos sem substituição de atletas não são comuns no handebol de praia e intensas acelerações e desacelerações compõem uma parte substancial da carga de trabalho externa do jogo (VANRENTERGHEM, J.; NEDERGAARD, N. J.; ROBINSON, M. A.; DRUST, B., 2017).

Mais recentemente, Muller e colaboradores (2022) descreveram a distância percorrida, com base no tempo ativo de cada jogador por posição. Os autores observaram que em média, são percorridos 806 ± 214 m a $63,7 \pm 14,3$ m·min⁻¹, com diminuição média de 1,1 m a 1,2 m·min⁻¹ ao longo do segundo set. Além disso, observaram que tanto os jogadores quanto as jogadoras percorreram menos distância no segundo set, mas à custa de maior velocidade média (MÜLLER; WILLBERG; REICHERT; ZENTGRAF, 2022). Além disso, observaram que os jogadores especialistas percorrem as maiores distâncias totais por jogo e realizam o maior número de saltos por minuto; os goleiros realizam o maior número de acelerações de alta intensidade; os defensores completam grandes quantidades de desacelerações de alta intensidade e a maioria das mudanças de direção; enquanto os alas atingem as maiores velocidades máximas do jogo, as maiores acelerações máximas e realizam a maior quantidade de esforços explosivos, definidos como movimentos superiores a $3,5$ m·s⁻². Estes resultados indicam que a carga externa no handebol de praia varia consideravelmente de acordo com as diferentes posições de jogo e que as demandas específicas do esporte merecem atenção adicional, no sentido de definir zonas de velocidade que reflitam com mais precisão as exigências da modalidade.

Relativamente à carga interna, a avaliação da FC é um método comum e acessível para estimar a intensidade do exercício, mesmo considerando a grande

variabilidade intra e interindivíduo, devido aos mais diversos fatores (ACHTEN; JEUKENDRUP, 2003). Ao avaliar a carga interna de jogadores de handebol de praia durante jogos oficiais, Zapardiel e Asín-Isquierdo (2020) descreveram altas demandas fisiológicas, entre 173 ± 13 batimentos por minuto (bpm) para jogadores masculinos e 177 ± 13 bpm para jogadores femininos, além de que as zonas 3 (71-80% FCmax) e 4 (81-90% FCmax) foram as zonas de intensidade mais comuns para jogadores masculinos e femininos, com 26,0% e 29,2% do tempo total, respectivamente. Em relação à comparação entre primeiro e segundo sets, a média da FC foi maior no segundo tempo, tanto para os jogadores do sexo masculino (4,2%) quanto para o feminino (18,7%) (PUEO; JIMENEZ-OLMEDO; PENICHET-TOMAS; ORTEGA BECERRA *et al.*, 2017). A intensidade do esforço durante a competição varia entre 80% e 83% da FCmáx quando a bola está em jogo. Em jogadores de praia recreativos, os valores observados por Bělka *et al.*, (2015) foram observadas FC médias de 165 ± 13 bpm para jogadores masculinos e 174 ± 13 bpm para jogadores femininos.

Apesar de ainda incipientes, os resultados dos estudos acima detalhados revelam distintas demandas de carga interna e externa dos jogadores de handebol de praia. Paralelamente, esses achados podem ainda variar de acordo com os resultados das equipes, já que mesmo em se tratando da mesma posição específica, jogadores de equipes vencedoras podem apresentar diferentes demandas de carga interna e externa relativamente aos de equipes perdedoras. Assim, em esportes profissionais, a exemplo do pólo aquático, do futebol, ou do handebol de quadra (CANOSSA; ABRALDES; ESTRIGA; FERNANDES *et al.*, 2020; FISHER; WAKEFIELD, 1998; LAGO-PEÑAS; LAGO-BALLESTEROS; DELLAL; GÓMEZ, 2010), estratégias como a análise notacional tem sido utilizada para diferenciar equipes que ganham e que perdem, a partir da identificação de padrões de movimento, estratégia e tática em esportes coletivos.

De fato, apesar do incontestável avanço nos instrumentos e técnicas de análise na área do Treinamento Desportivo, a abordagem reducionista que tradicionalmente dominou a pesquisa nesta área resultou em limitações à exploração e compreensão das reais interconexões entre os diferentes elementos que estão subjacentes ao resultado alcançado por uma equipe. Assim, é plausível especular que mais do que entender cada parâmetro de carga isoladamente, é fundamental entender como esses diferentes parâmetros se relacionam, a fim de que seus benefícios sejam otimizados em simultâneo.

A perspectiva dos sistemas complexos não é nova, e representou um importante avanço em diferentes áreas, como na Física, na Psicologia, no Desenvolvimento Motor, e mais recentemente na área do Treinamento Desportivo (DAVIDS; HRISTOVSKI; ARAÚJO; SERRE *et al.*, 2014). No campo da Fisiologia do exercício, um estudo recente de Balagué et al (2022) destacou como a explicação dos fenômenos macroscópicos relacionados ao esporte não pode ser reduzida a níveis moleculares. Os autores ressaltaram que os estados fisiológicos são produtos de dinâmicas aninhadas de interações não lineares verticais (entre níveis) e horizontais (entre componentes do mesmo nível), mais potencialmente reproduzíveis e compreendidos através de Análises de Redes, que exploram como os sistemas se coordenam e sincronizam de forma integrativa.

Assim, para uma melhor compreensão dos sistemas complexos, é necessário apontar os conceitos de sistema e complexidade. Um sistema pode ser entendido como um conjunto de agentes e suas partes que se relacionam cooperativamente, sinergicamente e que adquirem algum tipo de ordem que não pode ser entendida isoladamente (LASZLO; KRIPPNER, 1998). Complexidade é definida como o resultado da interação e interconectividade de elementos dentro de um sistema e entre um sistema e seu ambiente (GELL-MANN; LLOYD, 1996). Nesse sentido, sistemas complexos são caracterizados pela presença de muitos elementos, com muitas interações espaço-temporais que se auto-organizam formando padrões que não são controlados por um agente central ou qualquer elemento externo. No entanto, nem todo sistema complexo é adaptativo. Sistemas cujos elementos não se adaptam a partir de interações são conhecidos como sistemas físicos complexos, como os sistemas de engenharia. Os sistemas que exibem comportamentos adaptativos, como seres vivos, são chamados de sistemas complexos adaptativos.

Considerando que o “todo” que o sistema complexo adaptativo representa não pode ser visualizado por suas partes isoladas, uma vez que a soma reducionista das partes não é necessariamente igual ao sistema todo (LADYMAN; LAMBERT; WIESNER, 2013), os sistemas complexos adaptativos têm sido estudados e discutidos como um conjunto de agentes que interagem e criam um padrão em um formato de rede (KAUFFMAN, 1969). Nos últimos anos, pesquisadores de diferentes áreas, desde as ciências naturais até as ciências sociais, usaram a Ciência das Redes (*Network Science*) para entender a estrutura e a dinâmica de sistemas adaptativos complexos. A Ciência das Redes avança em relação à abordagem reducionista

comumente utilizada ao compreender o fenômeno investigado (ex: esporte) através do paradigma da complexidade, utilizando modelos matemático e teoria de grafos, por exemplo (MACHADO; VISSOCI; EPSKAMP; HUTZ *et al.*, 2015). Estudos atuais já reconsideram alguns fenômenos que antes eram vistos como construto latente, como transtornos alimentares, depressão e ansiedade, por exemplo, como uma rede de conexões entre diferentes correlatos (EGAN; MCGILL; PENNEY; MEIER *et al.*, 2018). Assim, em nosso entendimento, os diferentes parâmetros de carga comumente avaliados de forma isolada em cada jogador se constituem um fenômeno multidimensional e complexo, caracterizado pela capacidade de reunir diferentes recursos (isto é, físicos, motores, cognitivos, sociais, emocionais e ambientais) para executar com proficiência ações durante o jogo, que podem ser momentaneamente alteradas.

Neste sentido, avaliar a interrelação entre elementos de carga interna e externa em função dos resultados dos jogos parece ser condição importante a investigar no jogo de handebol de praia, fornecendo subsídios traduzíveis para o cotidiano do treinador, já que as condições de jogo não são fixas no tempo. Acredita-se que a forma como esses parâmetros se relacionam podem positiva ou negativamente determinar o resultado da partida.

3. Métodos

3. MÉTODOS

3.1 Caracterização da pesquisa

Esta tese doutoral, de natureza quantitativa, de caráter observacional, do tipo transversal (THOMAS; NELSON; SILVERMAN, 2015), teve como objetivo diferenciar parâmetros físicos, antropométricos, morfológicos, fisiológicos e técnicos de atletas de handebol de praia de distintas categorias, níveis de performance e resultados esportivos.

3.2 Cenário e participantes

Os resultados desta tese foram oriundos de dois bancos de dados, coletados em cenários e com participantes específicos. Os estudos 1, 2 e 4 foram realizados a partir dos dados coletados no cenário 1, enquanto para a realização do estudo 3, foram coletados dados no cenário 2, conforme detalhado a seguir.

Cenário 1

A cidade de João de Pessoa é a capital do estado da Paraíba, situada no litoral do Nordeste brasileiro. A coleta de dados foi realizada durante os aquecimentos pré-jogo do 13º Torneio de Handebol de Praia Taça KIKA, realizado em João Pessoa em 2019. Este torneio, que acontece todos os anos durante o mês de janeiro, é considerado o maior torneio de handebol de praia do mundo e conta com a participação de mais de 300 atletas nacionais e internacionais de diferentes categorias e níveis esportivos.

Todos os atletas acima de 16 anos que se dispuseram a participar e que assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido foram avaliados e incluídos no estudo (ver Quadro 2).

Cenário 2

A cidade de São Paulo, capital do estado de São Paulo, situada na região Sudeste do Brasil foi o cenário da coleta de dados do terceiro estudo desta tese. A coleta foi realizada durante a fase inicial do estágio preparatório da Seleção Brasileira Juvenil de Handebol de Praia para participação no Campeonato do Mundo de Handebol de Praia, realizado durante 15 dias. Todos os atletas masculinos e femininos selecionados para a fase inicial de preparação foram avaliados.

Informações detalhadas sobre os participantes de cada um dos estudos estão apresentadas abaixo:

Quadro 2. Participantes de cada um dos estudos apresentados

Estudo	Participantes
1	- 70 jogadores - Elite masculina (n=20) - Elite feminina (n=17) - Sub-19 (n=20) / Sub-21 (n=13)
2	- 91 jogadores acima de 21 anos - 55 do sexo masculino - 19 campeões mundiais
3	- 64 jogadores - 33 do sexo masculino - 30 selecionados
4	- 124 jogadores acima de 21 anos - 71 do sexo masculino - 19 campeões mundiais - 21 jogos monitorados

3.3 Variáveis, instrumentos e protocolos

3.3.1 Variáveis sócio demográficas

Dados sócio demográficos como data de nascimento, sexo, tempo de treino específico e número e duração das sessões semanais foram obtidos por meio de formulário específico aplicado a cada atleta participante no início da coleta de dados.

3.3.2 Variáveis antropométricas

Estatura e massa corporal

A estatura (m) e a massa corporal (kg) foram medidas em cada participante através de um estadiômetro (Holtain, Ltd., Pembrokeshire, Reino Unido) e da balança de bioimpedância (InBody 570, Biospace Co. Ltd, Seul, Coréia) seguindo as recomendações da ISAK. O IMC foi calculado a partir da massa e estatura corporais (kg / m^2).

Gordura corporal e massa isenta de gordura

A espessura das dobras cutâneas foi avaliada com precisão de 0,1 mm usando um paquímetro de dobras cutâneas Rosscraft nas seguintes referências:

tríceps e subescapular. As estimativas do percentual de massa gorda foram obtidas a partir da equação sexo-específica derivada da soma das dobras cutâneas tricipital e subescapular (SLAUGHTER, M. H.; LOHMAN, T. G.; BOILEAU, R. A.; HORSWILL, C. A. *et al.*, 1988). Posteriormente, as massas estimadas de gordura e livre de gordura foram calculadas com aproximação de 0,1 kg.

Diâmetro palmar

O diâmetro palmar foi medido em ambas as mãos, da ponta do polegar até a ponta do dedo mínimo com a mão aberta o mais possível. Os valores foram arredondados para o centímetro inteiro mais próximo para análise, conforme previamente descrito em estudo com população semelhante (RUIZ; ESPAÑA-ROMERO; ORTEGA; SJÖSTRÖM *et al.*, 2006).

Envergadura

A envergadura foi avaliada por meio de uma fita métrica (escala de 0,1 cm), fixada na parede e paralela ao solo. Um investigador verificou se os braços estavam paralelos ao chão. Papel com linhas horizontais (intervalo de 5 cm) foi colocado na parede, em seguida, dois investigadores colocaram fita plástica na parede nas pontas dos dedos médios de ambas as mãos e, em seguida, mediram a distância entre as marcas da fita plástica na parede (TSUJI; AYABE; TANAKA; SENJU *et al.*, 2017).

3.3.3 Variáveis de aptidão física

Aceleração - 5 m e Sprint - 15 m

Os tempos de sprint foram medidos usando fotocélulas (Speed Test 6.0 standard, Cefise, São Paulo, Brasil). Os participantes fizeram dois sprints de 15 m na areia, separados por 5 minutos de descanso. A posição inicial foi padronizada, com o pé de partida atrás da linha de partida, que foi colocada 1 m atrás da primeira fotocélula. As fotocélulas foram posicionadas na largada e a uma distância de 5 e 15 m. Os atletas tentaram correr a distância de 15 m o mais rápido possível. O melhor tempo nas 2 tentativas foi registrado (0–5 m: aceleração; 0–15 m: sprint). A condição da areia foi padronizada. Após cada tentativa, a areia era uniformizada com um rodo, garantindo que todos os atletas, em todas as tentativas, estivessem nas mesmas condições.

Salto horizontal

A partir de uma posição paralela em pé, os participantes foram instruídos a saltar o mais longe possível na direção horizontal e a pousar com os dois pés. Foram realizadas três tentativas, com intervalo de 1 minuto entre elas. A performance no teste (melhor de três tentativas) foi a distância em centímetros, medida desde a linha de partida até ao ponto em que o calcanhar mais proximal caiu no chão. Evidências de confiabilidade e validade aceitáveis desta metodologia em atletas já foram previamente demonstradas (KRISHNAN; SHARMA; BHATT; DIXIT *et al.*, 2017).

Salto vertical

A altura do salto foi avaliada com uma gravação de vídeo de alta velocidade (Sony HDR-CX220) (1920 × 1080 pixels a 60 fps). Uma câmera de vídeo foi colocada em um tripé nivelado a 90 cm de altura, com o sensor paralelo ao plano frontal traseiro, para evitar erros devido a desalinhamentos ópticos. A análise com o software de código aberto biomecânico Kinovea (0.8.15) foi empregue para avaliar a excursão vertical do marcador sacro ao longo do salto para rastrear o deslocamento vertical do centro de gravidade da posição em pé até a altura mais alta do salto (PUEO; PENICHET-TOMAS; JIMENEZ-OLMEDO, 2020). Cada participante realizou dois saltos consecutivos com contramovimento utilizando os braços para auxiliar, com intervalo de 15 segundos entre as tentativas. Para análise, foi considerado o salto mais alto.

Força de preensão manual

A força de preensão nas extremidades da parte superior do corpo foi medida usando um dinamômetro de preensão manual (TKK 5101 Grip D; Takei, Tóquio, Japão). O participante foi instruído a realizar uma preensão gradual e contínua por pelo menos dois segundos, realizando o teste com a mão dominante e não dominante, com o cotovelo em extensão total. O teste foi realizado três vezes para cada mão, com intervalo de 1 minuto entre os ensaios consecutivos, e a pontuação máxima para cada mão foi registrada em quilogramas de força (kgf). O valor mais alto registrado para cada mão foi utilizado para análise. Este protocolo apresenta bons índices de validade para avaliar a aptidão musculoesquelética das extremidades superiores em atletas (TROSCLAIR; BELLAR; JUDGE; SMITH *et al.*, 2011).

3.3.4 Variáveis técnicas específicas

Arremessos específicos

A produção de ação explosiva específica do handebol de praia foi avaliada em uma quadra de areia, através da realização de diferentes arremessos. Os jogadores foram instruídos a jogar uma bola de handebol de praia de tamanho padrão (masculino: 450 g; circunferência de 58 cm; feminino: 350 g; circunferência de 56 cm) na velocidade máxima possível, sendo indicado o local específico de arremesso: metade superior do gol (mais de 1 m do solo), a 6 m de distância da trave, utilizando a mão dominante. Foram realizadas três tentativas para cada um dos três arremessos específicos (em apoio nos 6 m, em rotação e aéreo), com intervalo de 1 minuto entre os ensaios consecutivos. Primeiramente, os atletas realizaram o arremesso de 6 m, um arremesso em pé equivalente ao arremesso de 7 m no handebol de quadra. Em seguida, os atletas realizaram o arremesso com rotação do corpo em 360°. Por último, foi realizado o arremesso aéreo, o passe foi realizado pelo especialista da sua própria equipa, no qual os atletas deveriam pegar a bola no ar e jogá-la antes de tocar os pés na areia. Estas duas últimas técnicas são comumente utilizadas no handebol de praia, pois gols realizados com ambas as técnicas garantem 2 pontos no jogo.

Quando a velocidade dos arremessos usando a mesma técnica diferia em mais de 20%, foi realizado um quarto teste e a velocidade máxima de arremesso registrada foi mantida para análise (após eliminar o valor mais discrepante). A velocidade de cada arremesso foi medida usando uma pistola radar (Stalker Sport; Applied Concepts, Inc., Plano, TX, EUA). A unidade de radar foi colocada aproximadamente 2 m atrás da meta e a uma altura de 1,5 m do chão. Para incentivar os jogadores, os mesmos foram imediatamente informados sobre o desempenho anterior, a fim de que fossem estimulados a superar as velocidades dos arremessos anteriores.

3.3.5 Variáveis de carga externa

Para avaliação da carga externa, através da análise de movimento no tempo, foi utilizando um sistema de unidade de medida inercial (*inertial measurement unit* - IMU), integrando diferentes sensores com 4 acelerômetros, dois giroscópios, um magnetômetro e um chip com GPS, a partir de um sistema de banda ultra-larga (WIMUPROTM, RealTrack Systems, Almería, Espanha). Este equipamento quantifica com sucesso acelerações e desacelerações em todos os três eixos ortogonais (PINO-

ORTEGA; RICO-GONZÁLEZ, 2021) e permite avaliar importar variáveis e suas derivações, para a determinação da carga externa durante o jogo, a exemplo de:

- (a) distância total percorrida;
- (b) distância total percorrida por minuto;
- (c) percentual de metros percorrido em cada zona de velocidade;
- (d) distância e quantidade de acelerações e desacelerações;
- (e) máxima aceleração e desaceleração alcançadas;
- (f) velocidade máxima alcançada;
- (g) número de sprints por minuto e distância percorrida durante o sprint;
- (h) carga total acumulada nos três eixos de movimento.

Os atletas foram equipados com o WIMU 15 minutos antes do aquecimento, usando um colete à altura das 2^a e 4^a vértebras torácicas (SVILAR; CASTELLANO; JUKIC, 2019), e solicitados para o utilizarem durante todo o jogo. Os WIMU foram calibrados seguindo critérios de estudo anteriormente publicado (BASTIDA CASTILLO; GÓMEZ CARMONA; DE LA CRUZ SÁNCHEZ; PINO ORTEGA, 2018). Todos os dados foram medidos usando uma frequência de amostragem de 18Hz para o posicionamento e 100Hz para variáveis baseadas em acelerometria. A precisão e a confiabilidade do sistema foram relatadas anteriormente em diferentes condições (BASTIDA CASTILLO; GÓMEZ CARMONA; DE LA CRUZ SÁNCHEZ; PINO ORTEGA, 2018; BASTIDA-CASTILLO; GÓMEZ-CARMONA; DE LA CRUZ SÁNCHEZ; PINO-ORTEGA, 2019).

Todos os jogos foram realizados no mesmo local. Uma configuração do sistema de seis antenas foi utilizada para cobrir duas quadras laterais. As antenas estavam localizadas a 3,5 m do chão e fixadas a 4,5-5,5 m do perímetro da quadra, a fim de criar um hexágono para melhor emissão e recepção do sinal (Figura 2).

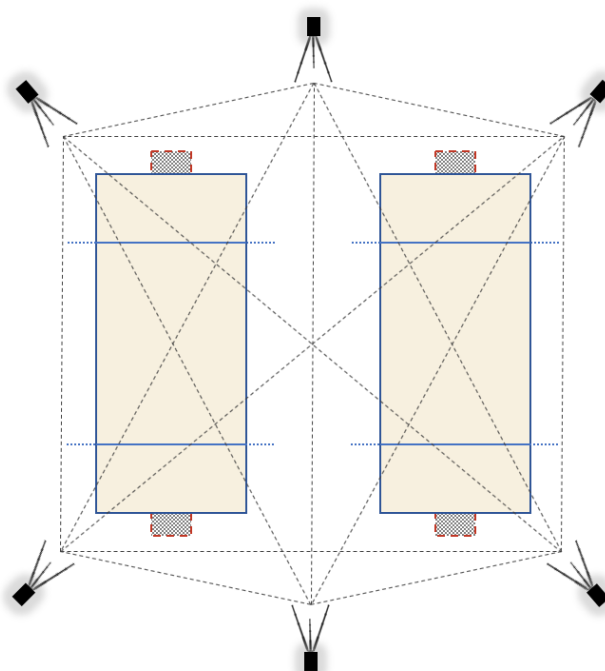


Figura 2. Configuração de banda ultra-larga em um cenário de handebol de praia de duas quadras

Todos os dados obtidos nas partidas foram baixados e exportados imediatamente após o término de cada partida, utilizando software específico (SPRO, RealTrack Systems, Almería, Espanha). Todas as pausas foram consideradas na análise (por exemplo, bola para fora, faltas, lances livres, dentre outras), a fim de explorar o comportamento natural da partida de forma ecológica, conforme adotado em estudos anteriores, realizados em jogos de esportes coletivos (PINO-ORTEGA; ROJAS-VALVERDE; GÓMEZ-CARMONA; BASTIDA-CASTILLO *et al.*, 2019). Considerando as particularidades da substituição do handebol de praia, o software foi programado para identificar automaticamente quem estava jogando e quais os jogadores que permaneciam no banco, já que o software permite predefinir a delimitação das linhas da quadra e identificar quem está jogando e quem está descansando fora da quadra (substitutos).

3.3.6 Variável de carga interna

Todos os atletas avaliados utilizaram um cardiofrequencímetro Garmin (Garmin Ltd., Olathe, Kansas, Estados Unidos), enviando os dados através da tecnologia Ant+, com uma frequência de 4 Hz, para o sistema WIMU PROTM permitindo monitorar a

$FC_{\text{máx}}$ alcançada para cada uma das partidas realizadas (MOLINA-CARMONA; GÓMEZ-CARMONA; BASTIDA-CASTILLO; PINO-ORTEGA, 2018).

3.3.7 Detalhamento das variáveis utilizadas em cada estudo

O quadro 3 detalha as variáveis que foram utilizadas para a realização de cada um dos estudos que compõem esta tese.

Quadro 3. Variáveis que compõem cada um dos estudos realizados

Estudo	Variáveis incluídas
1	- Massa e estatura corporal (IMC) - Salto horizontal - Preensão manual - Velocidade de arremesso (6 metros, 360° e aéreo) - Aceleração em 5m - Velocidade em 15m
2	- Massa e estatura corporal (IMC) - Percentagem de gordura corporal - Massa isenta de gordura - Salto horizontal - Preensão manual - Velocidade de arremesso (6 metros, 360° e aéreo) - Aceleração em 5m - Velocidade em 15m
3	- Massa e estatura corporal (IMC) - Percentagem de gordura corporal - Massa isenta de gordura - Envergadura - Diâmetro palmar - Salto contramovimento - Velocidade de arremesso (6 metros)
4	- Distância total - Distância explosiva - Distância de frenagem de alta intensidade - Corrida de alta velocidade relativa - Aceleração - Desaceleração - Aceleração máxima - Desaceleração máxima - Distância em aceleração - Distância em desaceleração - Velocidade - Velocidade máxima alcançada

- Número de impactos por minuto, categorizados em 3 grupos (3 a 5, 5 a 8 e >8).
- FC máxima

3.4 Procedimentos

No cenário 1, os testes foram realizados em duas quadras de handebol de praia, das 08:00 às 10:00 e das 16:00. às 18:00, de acordo com a programação dos jogos, de forma que cada jogador pudesse ser avaliado antes do primeiro jogo, garantindo assim que a fadiga dos jogos não influenciasse os valores obtidos durante os testes subsequentes. Os jogadores foram previamente familiarizados com os protocolos e realizaram os respectivos testes na seguinte ordem: 1) força de preensão manual na mão dominante e não dominante; 2) aceleração / velocidade; 3) salto horizontal; 4) velocidades de arremesso específicos. Avaliadores treinados, sob a supervisão do pesquisador principal, conduziram os testes, enquanto incentivavam verbalmente os jogadores. Informações sobre as condições ambientais foram registradas durante o torneio de 4 dias, de acordo com o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos, do governo brasileiro. A temperatura variou entre 27,8 e 30,4 °C, a umidade do ar entre 64 e 69% e a velocidade do vento entre 2,57 e 3,08 m / s.

Já no cenário 2, os testes foram realizados na quadra de praia, entre as 08h00 e as 09h00. Os jogadores foram previamente familiarizados com os protocolos e realizaram os respectivos testes na seguinte ordem: 1) Variáveis antropométricas e morfológicas 2) salto com contramovimento; 3) velocidades de lançamento específicas. Avaliadores treinados, sob a supervisão dos pesquisadores, conduziram os testes enquanto encorajavam verbalmente os jogadores. As informações sobre as condições ambientais foram registradas durante o período de estágio, segundo o Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos, do governo brasileiro. A temperatura variou entre 27,8 e 30,4 °C, a umidade do ar entre 64 e 69% e a velocidade do vento entre 2,57 e 3,08 m/s.

Os aspectos éticos das Declarações de Helsinque foram seguidos (WMA, 2013), e os métodos e procedimentos de avaliação foram aprovados por um Conselho de Ética local. Todos os jogadores foram informados sobre os benefícios e riscos da investigação e assinaram um termo de consentimento informado para participar do estudo.

3.5 Análise estatística

Informações detalhadas sobre os procedimentos estatísticos utilizados em cada um dos estudos estão presentes na sessão de resultados. O quadro abaixo resume as opções analíticas selecionadas, bem como os programas estatísticos utilizados nos estudos.

Quadro 4. Tratamento estatístico a ser adotado para cada um dos estudos propostos

Estudo	Procedimento de análise estatística realizado
1	- Estatística descritiva - Coeficiente de correlação intraclasse (ICC; IC 95%) para determinar a confiabilidade entre os sujeitos dos testes - Coeficiente de variação relativo (CV) para avaliar a variação entre sujeitos - Análise de variância (Post hoc de Bonferroni) - Teste t independente para comparar as variáveis entre atletas de elite masculino e feminino - Correlação parcial de Pearson entre variáveis de aptidão - SPSS - versão 25.0 (Macintosh); $p < 0,05$
2	- Estatística descritiva - Análise de variância multivariada (MANOVA), com sexo e performance (elite vs. sub-elite) como fatores fixos - SPSS - versão 25.0 (Macintosh); $p < 0,05$
3	- Estatística descritiva - Teste -t para amostras independentes - Regressão logística (método stepwise) - SPSS - versão 25.0 (Macintosh); $p < 0,05$ - Análise de Redes - Índices de centralidade - pacote qGraph para RStudio
4	- Estatística descritiva - Teste -t para amostras independentes - SPSS - versão 25.0 (Macintosh); $p < 0,05$ - Análise Exploratória de Grafos - Entropia (von Neuman) - Pacotes EGAnet, BootEGA (version 0.9.9), GGally e ggplot2 (version 3.3.5;) para RStudio

3.6 Aspectos éticos

O presente estudo foi realizado em concordância com a resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. Todos os jogadores e pais daqueles menores de idade foram previamente informados sobre os objetivos da pesquisa, protocolo experimental e procedimentos do estudo e, voluntariamente, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (anexo 2) por escrito. Todos os aspectos

éticos foram seguidos e os métodos e procedimentos de avaliação foram aprovados pelo Comitê de Ética e Pesquisa com seres humanos da Centro Universitário de João Pessoa e aprovado com o número de protocolo 02896918.1.0000.5176 (anexo 1).

4. Resultados

4.RESULTADOS

As respostas aos questionamentos elencados no item 1 desta tese doutoral foram sistematizadas nos quatro estudos originais apresentados neste capítulo, na seguinte ordem:

- 1) Physical fitness profile in elite beach handball players of different age categories;
- 2) Sport specific skills differentiates performance levels better than anthropometric or physiological factors in beach handball;
- 3) The unpredictable talent selection in young beach handball players: linear or non-linear approaches?
- 4) Using self-organization mapping of internal and external load parameters to differentiate winner teams in beach handball matches;

Estudo 1

Physical fitness profile in elite beach handball
players of different age categories

Luís F. Lemos ^{1*}; Vinícius C. Oliveira ²; Michael J. Duncan ³; José P. Ortega ⁴;
Clarice M. Martins ¹; Rodrigo R. Campillo ⁵; Javier S. Sanchez ⁶; Alan M. Nevill ⁷;
Fábio Y. Nakamura ¹

¹ Associate Graduate Program in Physical Education UPE/UFPB, João Pessoa, Brazil.

² International Faculty of Paraíba, João Pessoa, Brazil.

³ Department of Applied Sciences and Health, Coventry University, Coventry, United Kingdom.

⁴ Department of Physical Activity Sciences, Universidad de Murcia, Murcia, Spain.

⁵ Department of Physical Activity Sciences, Universidad de Pontificia de Salamanca, Salamanca, Spain.

⁶ Department of Physical Activity Sciences. Universidad de Los Lagos, Osorno, Chile.

⁷ Department of Education Health & Wellbeing, University of Wolverhampton, Wolverhampton, United Kingdom.

ABSTRACT

BACKGROUND: The aims of this study were: 1) to compare anthropometric and fitness variables of high-level beach handball players across Under-19 (U-19), Under-21 (U-21) and senior male categories, and between male and female senior players and; 2) to test the correlations among those measures.

METHODS: A total of 70 high-level players (53 male of different ages) were evaluated for 5-m acceleration, 15-m sprint, horizontal jump, handgrip strength, specific beach handball throwing velocities, and anthropometric variables. Differences between age groups were tested using ANOVA. Independent t-test was used to compare fitness variables between male and female elite athletes, and Pearson partial correlation coefficients were calculated between each of the fitness variables using BMI and age as covariates. SPSS Software was used, and the level of significance was set at 95%.

RESULTS: The U-21 athletes better performed on horizontal jump and 6-m throw than the U-19 athletes. Senior athletes showed better performance on horizontal jump than U-19 athletes ($p \leq .05$). Positive correlation was seen for handgrip on dominant and non-dominant hands and 6-m throwing speed, and for handgrip on dominant hand and inflight velocity ($p \leq .05$). Negative correlations were observed between horizontal jump and 5-m acceleration, and 15-m sprint ($p \leq .01$ and $p \leq .05$, respectively).

CONCLUSIONS: Male athletes better performed than women in all the fitness tests. The study, for the first time, showed physical fitness comparisons between beach handball elite male athletes of different ages and between genders. These are key steps for coaches and athletes and may support future beach handball studies and practice.

KEY WORDS: Beach handball, sprinting, jumping, throwing, anthropometric.

Introduction

Beach handball, a new olympic sport in 2021 Olympic Games (Japan), is similar to court handball in the sense that it demands locomotive high-intensity activities interspersed with lower intensity efforts, besides involving specific actions such as jumps, passes, throws and blocks ¹. While there is much less body contacts (hits and pushes) during beach handball matches compared to court handball, the players in the former are required to walk/run on the unstable sand surface, which imposes higher energetic and neuromuscular demands at the same running speeds compared to firm surfaces ^{2, 3}.

Therefore, beach handball players are expected to display high levels of physical performance in different tests, especially when completed on sand ⁴. However, to the best of our knowledge, there are no studies reporting physical performance results of high-level beach handball players of both sexes and across competitive age categories. In this aspect, court handball studies reveal that males and females differ in anthropometric characteristics and performance in maximal aerobic power, throwing, jump and sprint tests ⁵⁻⁷. Apart from these expected differences, there is less agreement regarding performance indices across age categories. For instance, a study involving Norwegian female U-15, U-17, U-19 and Adult National teams revealed that the latter was superior to the U-17 and U-15 teams in height, mass, countermovement jump (CMJ), medicine ball throw, hand dynamometry, 10 and 30-m sprint, Yo-Yo Intermittent Recovery Test level 2 (Yo-Yo IR2), and 7-m standing ball throwing speed ⁸. Fewer differences were evident between adults and U-19 players (mass, CMJ, medicine ball throw and Yo-Yo IR2). These results suggest that to reach the highest level in adulthood, handball players must progressively improve their physical performance over the years of training.

In males, elite adults performed better than U-18 and U-16 Spanish handball players in the 10 and 20-m sprints, CMJ, muscle power tests in the squat and bench press exercises and in the jump throw and 3-step throw ⁹. The U-18 presented higher performance than U-16 players concerning the load leading to 1 m.s⁻¹ movement velocity during squat exercise and in the referred ball throw techniques. Hence, it appears that the specific action related to goal scoring is enhanced across all age categories investigated. This aspect also needs to be addressed in beach handball players as the final outcome of the match is determined by the ability to achieve a high throwing speed using different techniques. Specifically in beach handball, these

techniques are expressed as 6-m standing, inflight and spin throws. The throwing velocity using these sport-specific techniques has not been addressed in the scientific literature to date.

Interestingly, in court handball players, jump throw and 3-step throw speeds have been significantly correlated with sprint, vertical jump and muscle strength performances^{8,9}. This means that the general development of physical capacities can positively influence performance in throwing and should be constantly sought by strength and conditioning professionals and athletes. Furthermore, the sprint ability over 10 and 30-m of handball players is positively correlated with vertical jump ability⁸. However, in beach handball the distances to be traveled while sprinting are shorter since there is up to 15-m to run between the lines demarcating the goal areas. As a consequence, the acceleration speed on sand surface needs to be addressed in beach handball players. It is not known if jump ability (particularly the horizontal jump) is associated with acceleration speed in highly trained beach handball players.

Therefore, the aims of this study were: 1) to compare anthropometric and fitness variables of high-level beach handball players across Under-19 (U-19), Under-21 (U-21) and senior male categories, and between male and female senior players and; 2) to test the correlations among those measures.

Materials and methods

Study approach and design

This cross-sectional study is part of a major project that aimed to describe physical, physiological, technical and tactical parameters of sand sports players (male and female) of different ages (Elite – more than 21 years-old [Senior]; U-21 – 19 to 20 years-old; U-19 – 17 to 18 years-old). This study was conducted during the pre-game warm-ups, in the 13rd Taça KIKA Beach Handball Tournament, held in João Pessoa/Brazil.

A total of 70 players (53 male of different ages) from different teams were evaluated for fitness parameters, including 5-m acceleration, 15-m sprint, horizontal jump, handgrip, and specific beach handball throwing velocities.

Tests were conducted at the beach court from 08:00 a.m. to 10:00 a.m. and from 16:00 p.m. to 18:00 p.m., according to games schedule, in a way that each player could be assessed before his/her first game to ensure fatigue from games did not

influence values obtained during the subsequent fitness and skill based testing. The players were previously familiarized with the protocols and performed the respective tests in the following order: 1) handgrip strength on dominant and non-dominant hand; 2) acceleration/speed; 3) horizontal jump; 4) specific throwing velocities. Trained assessors, under the supervision of the senior researchers, conducted the tests while providing verbal encouragement to the players, especially in the all-out sprints.

Information about environmental conditions were registered during the 4-day tournament, according to the Weather Forecasting and Climate Studies Center, from the Brazilian Government. Temperature ranged between 27.8 and 30.4 °C, the air humidity between 64 and 69% and the wind velocity between 2.57 and 3.08 m/s.

All the players were previously informed about the research aims, experimental protocol and procedures of the study and voluntarily gave their informed written consent to participate. The parents of players younger than 18 years old sign an informed consent document and both parents and athletes gave their assent before any of the tests were performed. The Helsinki Declarations' ethical aspects were followed (World Medical Association, 2013), and the evaluation methods and procedures were approved by the local Ethics Committee with protocol number 02896918.1.0000.5176.

Participants

A total of 70 players participated in the study. Concerning most of the younger female athletes (U-21 and U-19) also played in senior teams, for the purpose of this study, only senior female athletes were included, in order to avoid possible bias interpretation. The participants were involved in specific beach handball training at least twice a week (on average 90 minutes per session), and 1-2 physical/strength session(s) per week involving plyometrics, injury prevention and power training. Twenty four percent of the participants also played court handball.

Anthropometric variables

The anthropometric variables of height (m) and body mass (kg) were measured in each subject. Height was measured using a stadiometer (Holtain, Ltd., Pembrokeshire, UK), and body mass was measured with a bioimpedance scale

(InBody 570, Biospace Co. Ltd, Seoul, Korea). The BMI was calculated from body mass and body height (kg/m^2).

Fitness variables

Acceleration – 5-m and Sprint – 15-m

Participants ran two 15-m sprints on sand, separated by 5 minutes of rest. The starting position was standardized, with the lead-off foot behind the starting line, which was placed 1-m behind the first time gate. The photocell gates were placed at the start, and at 5 and 15-m. The subjects attempted to run the 15-m as fast as possible. The best time from the 2 attempts was recorded (0–5 m: acceleration; 0–15 m: sprint). Sprint times were measured using photocells (Speed Test 6.0 standard, Cefise, São Paulo, Brazil). Sand condition was standardized. After each attempt, the sand was uniformized with a squeegee, ensuring that all athletes, in all attempts were under the same conditions.

Horizontal Jump

From a parallel standing position and with arms hanging loose to the side, participants were instructed to jump as far as possible in horizontal direction and to land on both feet, with 1-min interval between three trials. The test score (best of three trials) was the distance in centimeters, measured from the starting line to the point where the most proximal heel landed on the floor. Evidence of acceptable reliability and validity of the test in athletes has been shown ¹⁰.

Handgrip Strength

Upper body extremities strength was measured using a handgrip dynamometer (TKK 5101 Grip D; Takei, Tokyo Japan). The participant squeezed gradually and continuously for at least two seconds, performing the test with dominant and non-dominant hand, with the elbow in full extension. The test was performed three times for each hand, with 1-min interval interspersing the consecutive trials, and the maximum score for each hand was recorded in kilograms force (kgf). The highest value registered per side was retained for analyses. This test is reliable to assess musculoskeletal fitness of upper extremities in athletes ¹¹.

Specific Beach Handball Throwing

Specific explosive action production in beach handball was evaluated on a beach court by different overarm throws. The players were instructed to throw a standard beach handball size (male: 450 g; 58 cm circumference; female: 350 g; 56 cm circumference) at maximal velocity on the upper half of the goal (over 1-m of the ground), 6-m distance of the goal, using the dominant hand. Three different specific overarm throws (6-m, spin and inflight) were performed three times per throwing type, with an interval of 1-min between consecutive trials. Firstly, athletes performed the 6-m throwing, a standing throw equivalent to the 7-m throw in court handball. Then athletes performed the spin throw, a jumping throw with a 360° body rotation, and the inflight throw, in which the athletes must grasp the ball in the air and throw it before touching their feet on the sand. These last two techniques are commonly used in beach handball, as both are awarded with 2 points in the game.

When the speed of throws using the same technique differed more than 20%, a fourth trial was performed, and the maximal throwing speed registered was kept for analysis (after eliminating the most discrepant value). The speed of each throw was measured using a radar device (Stalker Sport; Applied Concepts, Inc., Plano, TX, USA). The radar unit was placed in ~2-m behind the goal and with a height ~1.5-m from the ground.

To encourage players to perform maximally, they were immediately informed of their preceding performance. Hence, they strived to overcome the previous throws' speeds.

Statistical analysis

Descriptive procedures were performed for all variables and values are reported as mean and standard deviation (SD). The distribution of each variable was examined using the Shapiro-Wilk normality test. Homogeneity of variance was verified using Levene's test. An intraclass correlation coefficient (ICC) with a 95% confidence interval (CI) was used to determine the between-subject reliability of tests. Within-subject variation for the tests was determined by calculating the relative coefficient of variation (CV). The statistical differences between age groups were tested using an ANOVA - analysis of variance, with Bonferroni's post hoc comparisons. Independent t-test was used to compare fitness variables between male and female elite athletes, and the percentage difference between the two groups was calculated for each fitness variable. Finally, Pearson partial correlation coefficients were calculated between each of the

fitness variables using BMI and chronological age as covariates (partial correlation).

SPSS Software – version 25.0 (Macintosh) was used, and the level of significance was 95% ($p < .05$).

Results

For the physical fitness outcomes, the within-subjects test-retest reliabilities, as measured by the CV and the ICCs (95% CI), ranged between 0.9% (ICC = .999) for U-21 athletes' sprint in 15-m, to 6.4% (ICC = .689) for 5-m acceleration of U-19 athletes. For the female ones, values ranged between 1.6% (ICC=.976) when performing sprint running to 4.4% (ICC = .983) for non-dominant handgrip, and, as shown in Table 1.

Table I.— **Reliability indexes of the assessments**

	U-19 (N=20)	U-21 (N=13)	Senior Male (N=20)	Senior Female (N=17)
Horizontal jump (cm)	1.6 (.988)	1.2 (.994)	1.0 (.989)	2.3 (.968)
Handgrip dominant (kgf)	3.9 (.978)	3.4 (.979)	3.3 (.989)	2.6 (.983)
Handgrip non-dominant (kgf)	4.7 (.984)	4.5 (.976)	2.7 (.985)	4.4 (.983)
6-meter throw ($m.s^{-1}$)	1.6 (.974)	2.6 (.974)	2.2 (.976)	1.7 (.974)
Spin throw ($m.s^{-1}$)	2.4 (.980)	1.2 (.994)	2.0 (.989)	1.7 (.982)
Inflight throw ($m.s^{-1}$)	2.8 (.947)	3.1 (.962)	2.3 (.980)	3.1 (.962)
Acceleration -5m(s)	6.4 (.689)	2.5 (.885)	3.5 (.859)	3.0 (.961)
Speed – 15m (s)	2.2 (.932)	.9 (.999)	2.2 (.962)	1.6 (.976)

Table Note: Values are expressed as coefficient of variation (intraclass correlation coefficient).

Mean values, SDs and outcome comparisons between age groups (males) are shown in Table 2. The U-21 athletes had a better performance on horizontal jump and 6-m throw when compared to the U-19 athletes. Senior athletes showed significantly better performance during horizontal jump than U-19 athletes ($p \leq .05$).

Table II.— **Descriptive values and comparisons of body composition and physical fitness outcomes between the 3 male groups.**

	U-19 (N=20)	U-21 (N=13)	Senior (N=20)	P
Age (years)	17.56 $\pm$.51	20.05 $\pm$.91 ^a	28.70 $\pm$ 6.34 ^{b,c}	.000*
Body mass (kg)	76.46 $\pm$ 17.29	74.09 $\pm$ 10.28	82.17 $\pm$ 12.66	N.S.

Height (m)	1.81 ± .83	1.81 ± .71	1.80 ± .09	N.S.
BMI (kg/m ²)	23.03 ± 3.58	22.47 ± 2.50	25.89 ± 2.89	N.S.
PHYSICAL FITNESS OUTCOMES				
	CV (ICC)		CV (ICC)	
Horizontal jump (cm)	205.37 ± 21.93	1.6 (.988)	226.96 ± 28.94 ^a	1.2 (.994)
Handgrip dom (kgf)	54.35 ± 11.11	3.9 (.978)	56.30 ± 11.18	3.4 (.979)
Handgrip non-dom (kgf)	49.30 ± 11.26	4.7 (.984)	50.30 ± 7.76	4.5 (.976)
6-meter throw (m.s ⁻¹)	20.51 ± 1.62	1.6 (.974)	21.86 ± 1.4	2.6 (.974)
Spin throw (m.s ⁻¹)	20.02 ± 2.03	2.4 (.980)	21.13 ± 2.33	1.2 (.994)
Inflight throw (m.s ⁻¹)	20.21 ± 1.69	2.8 (.947)	21.06 ± 1.74	3.1 (.962)
Acceleration -5m (s)	1.05 ± .09	6.4 (.689)	1.05 ± .07	2.5 (.885)
Sprint – 15m (s)	2.58 ± .17	2.2 (.932)	2.38 ± .66	0.9 (.999)

Table Note: Values are expressed as mean ± standard deviation. One-way ANOVA with Bonferroni's post-hoc; CV = coefficient of variation; ICC= intraclass correlation coefficient N.S. = non-significant; *significant differences between groups ($p \leq .05$); a = U-19 vs. U-21; b = U-19 vs. Senior; c = U-21 vs. Senior; Handgrip dom = dominant handgrip strength; Handgrip non-dom = non-dominant handgrip strength.

Results highlighted significant positive correlation between handgrip on dominant and non-dominant hand and 6-m throwing speed. Positive correlations were also observed between handgrip on dominant hand and inflight velocity ($p \leq .05$). A negative correlation was observed between horizontal jump and 5-m acceleration and 15-m sprint ($p \leq .01$ and $p \leq .05$, respectively) (Table 3).

Table III.— **Matrix of correlation between physical fitness variables of male athletes.**

	Horizontal jump	Handgrip dom	Handgrip non-dom	6-meter throw	Spin throw	Inflight throw	Acceleration	Sprint
Horizontal jump		.088	.072	.262	.357*	.389	-.369*	-.411*
Handgrip dom	.088		.761**	.359*	.176	.294*	-.071	-.117
Handgrip non-dom	-.072	.761		.378*	.241	.259	-.038	.055
6-m throw	.262	.359*	.378*		.665**	.673**	-.079	-.129
Spin throw	.357*	.176	.241	.665**		.656**	-.159	-.163
Inflight throw	.389*	.294*	.259	.673**	.656**		-.293	-.094
Acceleration	-.369**	-.071	-.038	-.079	-.159	-.293		.495**

Sprint	-.411*	-.117	.055	-.129	-.163	-.094	.495**
--------	--------	-------	------	-------	-------	-------	--------

Table Note: Partial correlations adjusted for BMI and age; * $p \leq .05$; ** $p \leq .01$

When comparing mean values between male and female athletes, male athletes performed better in all the physical fitness tests than women (Table 4). Significant differences were seen between the genders for handgrip strength on dominant and non-dominant hand.

Table IV.— Comparisons between genders for all measured outcomes.

	Senior Male (N=20)	Senior Female (N=17)	%difference	p
Body mass (kg)	82.17 ± 12.66	67.51 ± 6.53	19.58	.000*
Height (m)	1.80 ± .09	1.67 ± .05	7.49	.000*
BMI (kg/m ²)	25.89 ± 2.89	24.19 ± 2.22	6.78	.000*
Horizontal jump (cm)	223.63 ± 17.60	175.50 ± 24.38	24.11	.000*
Handgrip dominant (kgf)	59.95 ± 10.53	38.29 ± 5.54	44.09	.000*
Handgrip non-dominant (kgf)	54.70 ± 9.70	36.52 ± 5.78	39.85	.000*
6-meter throw (m.s ⁻¹)	22.08 ± 2.31	17.58 ± 1.79	22.69	.000**
Spin throw (m.s ⁻¹)	21.29 ± 2.55	16.71 ± 1.96	24.10	.000**
Inflight throw (m.s ⁻¹)	21.02 ± 2.44	16.50 ± 1.76	24.09	.000**
Acceleration performance -5m (s)	1.07 ± .06	1.17 ± .01	8.94	.011*
Sprint – 15m (s)	2.59 ± .12	2.89 ± .26	10.92	.000**

Table Note: BMI = body mass index; Independent t-test; * $p \leq .05$; ** $p \leq .01$

Discussion

The first aim of this study was to compare physical performance characteristics of high-level beach handball male players across different age categories, and in senior players between sexes. Although there have been studies of this type for court handball players^{5, 12}, to the best of our knowledge, this is the first study for beach handball. It is important to highlight that the differences in physiological and mechanical¹³ aspects between beach and indoor handball are substantial. The characteristics of the environment during beach handball game and its rules create quite a very specific set of movement requirements for optimal performance, such as the specific throwing techniques.

Current results showed that senior athletes better performed in the horizontal jump when comparing U-19 and U-21 players, and U-19 and senior athletes. The

unbalanced sand surface presents specific challenges to the athlete. The ability to generate ground reaction forces is disturbed by the unstable surface and may hamper the ability to use the triple extension mechanism (i.e., extension of the ankle, knee, and hip joints) to propel the body efficiently ¹⁴. Nonetheless, the current sample of highly trained players demonstrated very reproducible horizontal jump performances (CV = 1.2-2.3%, ICC = 0.968-0.989) showing that they were sufficiently familiarized with the conditions to perform on the sand surface.

U-21 and senior players were able to jump longer than U-19 players. These differences can be possibly attributed to differences in lower body muscle power among the age groups ¹⁵, which is also observed in other team sports. For instance, a study involving futsal players performing horizontal jumps on rigid court surface demonstrated that adults (20.83 ± 2.11 years old) performed better than younger counterparts (17.99 ± 0.91 years old) ¹⁶. Their performances (240.30 ± 11.27 and 222.85 ± 19.33 cm) were greater than the ones reported in our study (U-19 = 205.37 ± 21.93 cm; U-21 = 226.96 ± 28.94 cm; senior = 223.63 ± 17.60 cm), possibly due to differences in the testing surface and the use of sports shoes in the case of futsal players.

For the specific throwing assessments, differences were seen only for the 6-m throw between the U-19 and the senior players. Three factors are determinant with regard to the efficiency of throwing: mechanics, coordination of consecutive actions of body segments, and upper and lower extremity muscle strength and power ¹⁷. Considering that the spin and the inflight throw require a high coordination pattern, and the assessment protocol had a specific target in the goal, the maximal expression of strength-power is compromised by the difficulty of the movement sequences. Strength increases with age and upper-limb strength and power tests performances are related to ball velocity ¹⁷. Therefore, when playing at an elite level, the lower complexity of the 6-m throw allows older athletes to apply a greater speed on the ball, once maximal trunk and shoulder rotation velocity and their timing have a significant influence on throwing velocity ^{9, 18}. Moreover, the greater athlete's performance in 6-m throw may be logical due to its lower coordinative requirement when comparing to the other throwing technics assessed. Therefore, it can be inferred that the assessment of the 6-m throw can be used as a proxy of strength-power abilities of beach handball players while the more complex shooting modes will involve high demands on coordination which can "hinder" the expression of more basic neuromuscular abilities ¹²

It is difficult to compare current results with those from different studies that have measured throwing velocities in handball players because they differ markedly in several aspects, including methods and protocols of measurement ⁶. Nonetheless, in general, the results observed for throwing velocity in the 6-m throw for the elite beach handball players are similar to the results observed in 7-m throw in court handball players ⁶.

In team handball athletes of different ages (elite, U-18 and U-16), elite players showed greater performance in almost all sprint distances (i.e. 10 and 20-m) ¹². This evidence diverges of those from this study in which no difference was seen between age categories for 5-m acceleration and 15-m sprint. It is known that sprinting on the sand is quite different from sprinting on a hard surface ³. The ball of the foot slips and sinks into the sand instead of directly applying ground reaction forces to stabilize the body and provide efficient forward propulsion. This instability increases the energy cost of sprinting on sand for two reasons: a) the additional mechanical work on such surface and b) a decrease in the efficiency of positive work done by the muscles and tendons ¹⁹. Although the age groups do not differ in anthropometric variables, the seniors' tendency of having heavier body mass may explain the non-observed expected better performance for them, when comparing to the younger players. Nonetheless, seniors' higher body mass, compared to younger peers, obligates them to produce higher absolute mechanical power during sprint running to run at similar speed.

Though no difference between age categories was seen for handgrip strength, the ability to grasp the ball is essential in beach handball, considering that specific beach handball techniques, as the spin throw and the inflight naturally demand a great grasping skill. It is thus apparent that beach handball players develop this specific strength early in their prospective careers and are able to retain it toward adulthood.

When comparing team handball athletes with different training backgrounds, Gorostiaga et al. ⁶ suggested that elite handball players have been getting taller and heavier over the last two decades. We did not observe any difference in body size (height, body mass, and BMI) of male beach handball players of different ages. Considering beach handball is a faster game than court handball, and is characterized by several offensive and defensive transitions, this result might indicate that beach handball players seem to be leaner than their court peers. These differences might be explained by several reasons: a) beach handball is a non-contact sport, and greater body dimensions might not be as necessary as in court handball; b) the locomotion

ability in sand surface might be impaired for those athletes with higher body mass, making it difficult for them to produce higher mechanical power during vertical jumping and sprint running, for example ⁶.

Then, this study aimed to compare physical performance characteristics between high-level male and female senior players. We observed clear sex differences in all the evaluated variables. It is well known that physiological differences exist between the sexes, since men in general are taller and heavier, with larger muscle mass, stronger, faster and have a higher VO_2max than women ²⁰. Nonetheless, although male athletes showed greater differences in handgrip strength, the differences between sexes were smaller when considering acceleration and sprint. This fact may be explained by the task nature, which demands body mass transportation ²¹. So, for beach handball elite athletes, the observed results are in line with previous studies in several sports ^{22, 23}.

The correlations among the fitness characteristics to determine which ones explain performance in short sand sprints and shooting techniques. Our results highlighted that horizontal jump, acceleration and speed were significantly correlated. This is not surprising since the horizontal jump distance reveals the athlete's ability to produce horizontal (+vertical) forces against the ground ²⁴. It is widely reported that the magnitude of horizontal forces produced during sprinting is one of the main determinants of acceleration and sprinting performances ^{25, 26}. Hence, although the correlations were not too high ($r = -0.369$ and -0.411), they highlight the necessity of developing horizontal jump ability and its underlying mechanical factors to reach high speeds on the sand surface.

The positive correlation between handgrip in dominant hand and throwing velocity in 6-meter and inflight throw may be explained by the kinetic chain of the movement, in which hand is the terminal point of contact, where generated forces and torques are transferred to the implement ²⁷. Throwing velocity requires the ability to grip the ball in order to create control over it and increase the ball spin that leads to improvement in throwing velocity ²⁸. Furthermore, according to McDaniel ²⁹, an increment in handgrip strength not only improve the skills related to grasping the object, but can also increase the amount of force generated in the throw.

To the best of the authors' knowledge, this study is the first to investigate the physical fitness characteristics of elite beach handball players of different ages, including 17 senior world champion athletes (7 males and 10 females), and U-19 and

U-21 National team players. Beach handball is a relatively new sport and although male and female Brazilian national teams are well classified in the international rankings (5 male world championship titles and 3 female world championship titles), players are not professionals. Therefore, it is only possible for them to train 3-4 times per week, once they need to divide their daily routine between training and working. This fact may compromise their overall fitness performance, when comparing to other professional team handball and/or sand surface's athletes. Moreover, in our sample, there were few young female athletes, and most of them played in two or three different categories, so data covering young females were not available. Nonetheless, due to a natural increase in beach handball interest, its physical demands play an important role for coaches and sports professionals, and represent an essential tool to exploit and sustain player's technical and tactical qualities throughout an entire game.

Conclusion

The current study, for the first time, showed physical fitness comparisons between beach handball elite male athletes of different ages and female ones. U-21 athletes better performed on horizontal jump and 6-m throw when compared to U-19 ones. Senior athletes better performed horizontal jump than U-19 ones. No difference between age categories was seen for handgrip strength. This study showed men performed better in all the physical fitness tests and had better body composition profile than women. A positive correlation between handgrip on dominant and non-dominant hand and 6-m shooting speed, and between handgrip on dominant hand and infight's speed was seen. Negative correlation was observed between horizontal jump and 5-m acceleration and 15-m sprint. These results are key steps for coaches and athletes and may support future beach handball studies and practice.

REFERENCES

1. Pueo B, Jimenez-Olmedo M, Penichet-Tomas A, Ortega M, and Espina Agullo J, Analysis of Time-Motion and Heart Rate in Elite Male and Female Beach Handball. *J Sports Sci Med*, 2017. 16(4): p. 450-458
2. Zamparo P, Perini R, Orizio C, Sacher M, and Ferretti G, The energy cost of walking or running on sand. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 1992. 65(2): p. 183-7
3. Pinnington C and Dawson B, The energy cost of running on grass compared to soft dry beach sand. *J Sci Med Sport*, 2001. 4(4): p. 416-30

4. Binnie J, Peeling P, Pinnington H, Landers G, and Dawson B, Effect of surface-specific training on 20-m sprint performance on sand and grass surfaces. *J Strength Cond Res*, 2013. 27(12): p. 3515-20
5. Wagner H, Fuchs P, Fusco A, Fuchs P, Bell W, and Duvillard S, Physical Performance in Elite Male and Female Team Handball Players. *Int J Sports Physiol Perform*, 2018: p. 1-24
6. Gorostiaga E, Granados C, Ibanez J, and Izquierdo M, Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *Int J Sports Med*, 2005. 26(03): p. 225-232
7. Granados C, Izquierdo M, Ibañez J, Bonnabau H, and Gorostiaga E, Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *Int J Sports Med*, 2007. 28(10): p. 860-7
8. Saavedra J, Kristjánsdóttir H, Einarsson I, Guðmundsdóttir M, Þorgeirsson S, and Stefansson A, Anthropometric Characteristics, Physical Fitness, and Throwing Velocity in Elite women's Handball Teams. *J Strength Cond Res*, 2018. 32(8): p. 2294-2301
9. Ortega-Becerra M, Pareja-Blanco F, Jimenez-Reyes P, Cuadrado-Penafiel V, and Gonzalez-Badillo J J, Determinant Factors of Physical Performance and Specific Throwing in Handball Players of Different Ages. *J Strength Cond Res*, 2018. 32(6): p. 1778-1786
10. Krishnan A, Sharma D, Bhatt M, Dixit A, and Pradeep P, Comparison between Standing Broad Jump test and Wingate test for assessing lower limb anaerobic power in elite sportsmen. *Med J Armed Forces India*, 2017. 73(2): p. 140-145
11. Trosclair D, Bellar D, Judge L W, Smith J, Mazerat N, and Brignac A, Hand-Grip Strength as a Predictor of Muscular Strength and Endurance. *J Strength Cond Res*, 2011. 25: p. S99
12. Ortega-Becerra M, Pareja-Blanco F, Jiménez-Reyes P, Cuadrado-Peñafiel V, and González-Badillo J J, Determinant factors of physical performance and specific throwing in handball players of different ages. *J Strength Cond Res* 2018. 32(6): p. 1778-1786
13. Binnie M J, Dawson B, Pinnington H, Landers G, and Peeling P, Sand training: a review of current research and practical applications. *J Sports Sci*, 2014. 32(1): p. 8-15
14. Smith R, Movement in the Sand: Training Implications for Beach Volleyball. *Strength Cond J*, 2006. 28(5): p. 19-21
15. Nikolaidis P, Age-related differences in countermovement vertical jump in soccer players 8-31 years old: the role of fat-free mass. *AM J Sport Med*, 2014. 2(2): p. 60-64
16. Ayarra R, Nakamura F, Iturricastillo A, Castillo D, and Yanci J, Differences in Physical Performance According to the Competitive Level in Futsal Players. *J Hum Kinet*, 2018. 64: p. 275-285

17. Marques M, van den Tilaar R, Vescovi J, and Gonzalez-Badillo J, Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *Int J Sports Physiol Perform*, 2007. 2(4): p. 414-22
18. Wagner H, Pfusterschmied J, Von Duvillard S, and Muller E, Skill-dependent proximal-to-distal sequence in team-handball throwing. *J Sports Sci*, 2012. 30(1): p. 21-9
19. Lejeune T, Willems P, and Heglund N, Mechanics and energetics of human locomotion on sand. *J Exp Biol*, 1998. 201(Pt 13): p. 2071-80
20. Åstrand P-O, Rodahl K, Dahl H, and Strømme S, Textbook of work physiology: physiological bases of exercise. 4th Ed, Windsor, Canada, Human Kinetics, 2003.
21. Barbieri D, Zaccagni L, Babic V, Rakovac M, Misigoj-Durakovic M, and Gualdi-Russo E, Body composition and size in sprint athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 2017. 57(9): p. 1142-1146
22. Cheuvront S, Carter R, DeRuisseau K, and Moffatt R, Running performance differences between men and women. *Sports Med*, 2005. 35(12): p. 1017-1024
23. Michalsik L and Aagaard P, Physical demands in elite team handball: Comparisons between male and female players. *J Sports Med Phys Fitness*, 2015. 55(9): p. 878-891
24. Dobbs C, Gill N, Smart D, and McGuigan M, Relationship between vertical and horizontal jump variables and muscular performance in athletes. *J Strength Cond Res*, 2015. 29(3): p. 661-71
25. Morin J, Bourdin M, Edouard P, Peyrot N, Samozino P, and Lacour J, Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. *Eur J Appl Physiol*, 2012. 112(11): p. 3921-30
26. Buchheit M, Samozino P, Glynn J, Michael B, Al Haddad H, Mendez-Villanueva A, et al., Mechanical determinants of acceleration and maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. *J Sports Sci*, 2014. 32(20): p. 1906-1913
27. Cronin J, Lawton T, Harris N, Kilding A, and McMaster D, A Brief Review of Handgrip Strength and Sport Performance. *J Strength Cond Res*, 2017. 31(11): p. 3187-3217
28. Ferragut C, Vila H, Abalades J, Argudo F, Rodriguez N, and Alcaraz P, Relationship among maximal grip, throwing velocity and anthropometric parameters in elite water polo players. *J Sports Med Phys Fitness*, 2011. 51(1): p. 26-32
29. McDaniel L, Jackson A, Gaudet L, and Tonkin S, Methods of Upper Body Training to Increase Overhand Throwing Power. *Int Educ Stud*, 2009. 2(4): p. 28-32

Estudo 2

Sport Specific Skills Differentiates Performance Levels Better Than Anthropometric or Physiological Factors in Beach Handball

Luís Lemos ¹; Alan Nevill ²; Michael J. Duncan ³; Vinícius C. De Oliveira ⁴; José Pino-Ortega ⁵; Amilton Santos ¹; Clarice Martins ¹; Fábio Nakamura ¹

¹ *Associate Graduate Program in Physical Education UPE/UFPB, João Pessoa, Brazil.*

² *Department of Education Health & Wellbeing, University of Wolverhampton, Wolverhampton, United Kingdom.*

³ *Department of Applied Sciences and Health, Coventry University, Coventry, United Kingdom.*

⁴ *International Faculty of Paraíba, João Pessoa, Brazil.*

⁵ *Department of Physical Activity Sciences, Universidad de Murcia, Murcia, Spain.*

Acknowledgments

The authors wish to thank all the players for participating in this study.

Keywords: Sand sports; elite athlete; sport skills;

Abstract

Beach handball is characterized by high and low-intensity efforts on an unstable surface. Players are expected to display high levels of physical performance on sand, though there is no data concerning success in elite players. **Purpose:** This study aimed to address anthropometric, fitness, and sport specific skills components in beach handball, by comparing elite national team beach handball players (world champions) to sub-elite players (playing at a regular club). **Method:** A total of 91 senior players (more than 21 years-old) of both genders (19 world champions) were assessed for: anthropometry, 5 meters acceleration, 15 meters sprint, handgrip strength, horizontal jump and 3 specific sport-specific skills (ball velocities in standing, inflight and spin throwing) at a beach court. Anthropometric, physiological and sport-specific skill tests variables were analyzed as a multiple dependent variable using a multivariate analysis of variance (MANOVA) with sex and level (elite vs sub-elite) as the fixed factors. SPSS (25.0) was used, significance was assumed at $p < 0.05$. **Results:** The results highlighted that for male and female athletes, horizontal jump, 6-m standing, spin and inflight throwing discriminated between elite and sub-elite groups ($p < 0.001$). **Conclusion:** The study suggests that the factors which differentiate between elite and sub-elite performers in beach handball are horizontal jump and technical ability via the performance of specific throwing skills, rather than anthropometric or any other physical variables, irrespective of sex. These findings highlight some of the relevant physical capacities and skills that need to be developed over the years of preparation of top-level beach handball players.

Keywords: Sand sports; elite athlete; sport skills;

1. Introduction

Beach handball is a recently-created sport, characterized by high-intensity displacements and actions, interspersed with lower intensity efforts. It involves specific actions, as jumps, passes, throws and blocks, with the added difficulty of executing these skills on an unstable surface (sand) (Pueo, Jimenez-Olmedo, Penichet-Tomas, Ortega Becerra, & Espina Agullo, 2017).

Though derived from indoor handball (Achenbach et al., 2018), beach handball has become a popular discipline, and included in the Youth Olympic Games. Its specific rules are designed to maintain high intensities throughout the game, substitutions are made continuously, and several players must have universal characteristics for the game, as they do not have a specific position. Successful performance therefore relies on the ability to perform multiple bouts of high intensity exercise whilst, at the same time, executing skilled movements. Therefore, beach handball players are expected to display high levels of physical performance in different tests, especially when completed on sand (Binnie, Peeling, Pinnington, Landers, & Dawson, 2013).

Although there is evidence on the role of genetic factors and training process in determining elite athlete's success, and distinguishing them from less well-performing athletes (Tucker & Collins, 2012), there is no data concerning success in elite beach handball players. Gorostiaga et al. (2005) reported that when comparing court handball athletes with different training backgrounds, elite players have been getting taller and heavier over the last two decades. Wagner et al. (26) stated that one of the most reliable variables to differentiate between performance levels in court handball players is throwing performance. Studies also revealed that male and female handball players differ in anthropometric characteristics and performance in maximal aerobic power, throwing, jump and sprint tests (Gorostiaga et al., 2005; Granados, Izquierdo, Ibañez, Bonnabau, & Gorostiaga, 2007; Moss, McWhannell, Michalsik, & Twist, 2015; Wagner, Fuchs, Fusco, et al., 2018). While the aforementioned studies have examined different combinations of anthropometric and physical fitness parameters, to date, very few studies explored beach handball and its athletes' performance, looking at specific beach handball technical skills, especially in world champions.

Understanding which of these variables are determinant in elite performers, when comparing to non-elite ones, can then be used to tailor training, talent identification and

long-term athlete development planning for beach handball (as in other sports (Kelly & Williams, 2020)). Given the nature of beach handball, which requires execution of specific technical skills, such as throwing and catching whilst at the same time physically working at high intensities on the sand, it is important to understand if physical or technical aspects may be more or less influential in determining success in beach handball. Due to the different demands of playing the sport on the beach, compared to court handball, particularly the transition from a solid to semi solid playing surface, it is important for coaches to understand how anthropometric, fitness and specific skills differentiate skilled and less skilled performers in the specific sand environment. Although there have been studies of this type for different court and field sports (Bottoni, Gianfelici, Tamburri, & Faina, 2011; Verburch, Scherder, van Lange, & Oosterlaan, 2016; Woods, Raynor, Bruce, McDonald, & Robertson, 2016), including court handball (Lidor et al., 2005; Mohamed et al., 2009; Wagner, Fuchs, & von Duvillard, 2018), at present, beach handball is a relatively new sport and there is a lack of information related to elite's determinants for success. Thus, this study aimed to address anthropometric, physical, and sport specific skills components in beach handball, by comparing elite national team beach handball players (world champions) to sub-elite players (playing at a regular club). We hypothesize that elite athletes better performed in all physical and specific skills tests, when comparing to non-elite athletes, and that those variables are determinant in differentiating elite and non-elite athletes.

2. Methods

2.1 Experimental Approach to the Problem

This cross-sectional study aimed to describe physical and technical parameters of sand sports players (male and female) of 91 senior players (more than 21 years-old; 19 world champions). This study was conducted during the pre-game warm-ups, in the 13rd Taça KIKA Beach Handball Tournament, held in João Pessoa/Brazil, in January/2019, during 5 days.

Tests were conducted at the beach court from 08:00 a.m. to 10:00 a.m. and from 16:00 p.m. to 18:00 p.m., according to games schedule, in a way that each player could be assessed before his/her first game to ensure fatigue from games did not influence values obtained during the subsequent physical fitness and skills-based testing. The sand was uniformized with a squeegee before each trial, in order to

minimize possible sand depth differences and standardize the procedures among athletes.

The players were previously familiarized with the protocols and performed the respective tests in the following order: 1) handgrip strength on dominant and non-dominant hand; 2) acceleration/speed; 3) horizontal jump; 4) specific throwing velocities. Trained assessors, under the supervision of the senior researchers, conducted the tests while providing verbal encouragement to the players, especially in the all-out sprints.

Information about environmental conditions were registered during the 4-day tournament, according to the Weather Forecasting and Climate Studies Center, from the Brazilian Government. Temperature ranged between 27.8 and 30.4 °C, the air humidity between 64 and 69% and the wind velocity between 2.57 and 3.08 m/s.

2.2 Participants

A total of 91 players (55 male) participated in the study. The participants were beach handball athletes for at least 10 years, and were involved in specific beach handball training at least three times per week (on average 90 minutes per session), and 1-2 physical/strength session(s) per week involving plyometrics, injury prevention and power training. From the 91 senior players, 19 (12 female) were considered elite (world champions).

The Helsinki Declarations' ethical aspects were followed (2), and the evaluation methods and procedures were approved by an local Ethics Board. All the players were informed of the experimental risks and signed an informed consent document prior to the investigation.

2.3 Anthropometric variables

The anthropometric variables of height (m) and body mass (kg) were measured in each participant. Height was measured using a stadiometer (Holtain, Ltd., Pembrokeshire, UK), and body mass was measured with a bioimpedance scale (InBody 570, Biospace Co. Ltd, Seoul, Korea). Body mass index (BMI) was calculated from body mass and body height (kg/m^2).

2.4 Physical variables

Different physical tests were used to assess players' performance, and a high reliability between measures has been previously reported (Lemos et al., 2020).

Acceleration – 5-m and Sprint – 15-m

Participants ran two, 15-m sprints on sand, separated by 5 minutes of rest. The starting position was standardized, with the lead-off foot behind the starting line, which was placed 1-m behind the first-time gate. Photocell gates were placed at the start, and at 5 and 15-m and used to time the sprint performance. Participants attempted to run the 15-m as fast as possible. The best time from the 2 attempts was recorded (0–5 m: acceleration; 0–15 m: sprint). Sprint times were measured using photocells (Speed Test 6.0 standard, Cefise, São Paulo, Brazil).

Horizontal Jump

From a parallel standing position and with arms hanging loose to the side, participants were instructed to jump as far as possible in horizontal direction and to land on both feet, with 1-min interval between three trials. Participants undertook three trials with the best score being used for subsequent analysis. The distance (cm) in centimeters, measured from the starting line to the point where the most proximal heel landed on the floor was assessed. Evidence of acceptable reliability and validity of the test in athletes has been shown (Krishnan, Sharma, Bhatt, Dixit, & Pradeep, 2017).

Handgrip Strength

Upper body strength was measured using a handgrip dynamometer (TKK 5101 Grip D; Takei, Tokyo Japan) as it is reliable as a measure of musculoskeletal fitness of the upper extremities in athletes (Trosclair et al., 2011). The participant squeezed gradually and continuously for at least two seconds, performing the test with both the dominant and non-dominant hand, with the elbow in full extension. The test was performed three times for each hand, with 1-min interval between trials. The maximum score for each hand was recorded in kilograms force (kgf). The highest value registered per side was retained for analyses.

Sport specific skills

Sport specific motor skills were assessed using 6-m, spin and in-flight overarm

throwing tests. The players were instructed to throw a standard beach handball size (male: 450 g; 58 cm circumference; female: 350 g; 56 cm circumference) at maximal velocity on the upper half of the goal (over 1-m of the ground), 6-m distance of the goal, using the dominant hand. Three different specific overarm throws (6-m, spin and inflight) were performed three times per throwing type, with an interval of 1-min between consecutive trials. Firstly, athletes performed the 6-m throwing test, a standing throw equivalent to the 7-m throw in court handball. Following these athletes performed the spin throw, a jumping throw with a 360° body rotation, and the inflight throw, in which the athletes must grasp the ball in the air and throw it before touching their feet on the sand. These last two techniques are commonly used in beach handball, once its high technical standard will be awarded with 2 points in the game.

When the speed of throws using the same technique differed more than 20%, a fourth trial was performed, and the maximal throwing speed registered was kept for analysis (after eliminating the most discrepant value). The speed of each throwing was measured using a radar device (Stalker Sport; Applied Concepts, Inc., Plano, TX, USA). The radar unit was placed in ~2-m behind the goal and with a height ~1,5-m from the ground.

2.5 Statistical procedures

Descriptive procedures were performed for all variables and values are reported as mean and standard deviation (SD). The distribution of each variable was examined using the Shapiro-Wilk normality test. All sport-specific skill tests, anthropometric and physiological variables were analyzed as a multiple dependent variable using a multivariate analysis of variance (MANOVA) with sex and level (elite vs sub-elite) as the fixed factors. SPSS Software – version 25.0 (Macintosh) was used, and significance was assumed at $P < 0.05$.

3. Results

Table 1 shows descriptive characteristics of the elite and sub-elite athletes by sex.

Table 1. The mean ($\pm$ SD) differences of all sport-specific skill tests, anthropometric and physiological variables between Elite and Sub-elite.

	Male Mean (SD)		Female Mean (SD)	
	Elite (7)	Sub-elite (48)	Elite (12)	Sub-elite (24)
Age	26.5 (6.3)	20.9 (3.2)	28.0 (5.5)	21.8 (3.8)
Height (m)	1.8 (.1)	1.8 (.1)	1.7 (.0)	1.7 (.0)
Body mass (kg)	83.8 (13.4)	77.6 (12.6)	66.4 (6.9)	64.0 (8.5)
% Body fat	13.1 (4.0)	14.8 (5.3)	26.8 (5.1)	24.4 (7.7)
Fat free mass (kg)	41.7 (6.9)	37.4 (5.6)	26.8 (3.3)	26.7 (3.4)
5 meters (sec)	1.0 (.0)	1.1 (.1)	1.1 (.1)	1.1 (.1)
15 meters (sec)	2.5 (.0)	2.6 (.1)	2.8 (.1)	2.8 (.1)
Horizontal jump (cm)	247.7 (16.4)	218.0 (22.8)	193.8 (17.8)	174.3 (24.2)
Standing throw (km/h)	88.3 (6.7)	77.2 (5.7)	68.5 (6.6)	62.6 (7.0)
Spin throw (km/h)	85.7 (5.7)	75.6 (14.5)	65.3 (5.6)	56.0 (9.6)
Inflight throw (km/h)	85.3 (6.4)	74.7 (6.8)	64.1 (6.5)	57.7 (7.3)
Handgrip dominant (kgf)	62.3 (8.7)	56.8 (11.4)	41.6 (5.7)	36.7 (4.6)
Handgrip non-dominant (kgf)	57.8 (9.4)	51.6 (10.2)	38.9 (7.2)	33.6 (3.9)

The multivariate analysis, adjusted for age as a covariate, highlighted that 4 performance variables discriminated between elite and sub-elite athletes (Table 2).

Table 2. The mean ($\pm$ SE) differences adjusted for age of all sport-specific skill tests, anthropometric and physiological between groups

Variables	Male Mean (SE)		Female Mean (SE)		η^2 sex	η^2 level
	Elite	Sub-Elite	Elite	Sub-Elite		
Height (m)	1.8 (.03)	1.8 (.02)	1.7 (.03)	1.7 (.02)	.424*	.020
Body mass (kg)	82.0 (4.91)	78.5 (2.29)	63.9 (4.52)	64.5 (3.50)	.260*	.025
% Body fat	12.6 (2.43)	15.1 (1.13)	26.1 (2.23)	24.5 (1.73)	.433*	.000
Fat free mass (kg)	40.9 (2.33)	37.8 (1.09)	25.7 (2.14)	26.9 (1.66)	.514	.031
5 meters (sec)	1.0 (.04)	1.1 (.02)	1.1 (.03)	1.1 (.03)	.221*	.016
15 meters (sec)	2.5 (.07)	2.6 (.03)	2.8 (.06)	2.8 (.05)	.439*	.058
Horizontal jump (cm)	247.7 (8.92)	219.2 (4.17)	190.6 (8.20)	174.9 (6.36)	.527*	.228*
Standing throw (km/h)	88.4 (2.65)	77.1 (1.24)	68.6 (2.44)	62.5 (1.89)	.597*	.275*
Spin throw (km/h)	85.4 (3.26)	75.7 (1.52)	64.8 (3.00)	56.1 (2.32)	.287*	.122*
Inflight throw (km/h)	85.2 (2.79)	74.7 (1.30)	63.9 (2.57)	57.8 (1.99)	.608*	.249*
Handgrip dominant (Kgf)	61.3 (4.27)	57.3 (1.99)	40.2 (3.92)	37.0 (3.04)	.449*	.047
Handgrip non-dominant (kgf)	56.2 (3.71)	52.5 (1.73)	36.6 (3.41)	34.0 (2.64)	.461*	.072

Indicates significant differences, apart from age ($P < 0.001$)

There was no significant sex*level interaction

The MANOVA revealed a significant difference due to playing level and sex ($P < 0.001$), but no significant level-by-sex interaction.

4. Discussion

This study examined the importance anthropometric, fitness, and sport specific skills components in beach handball in distinguishing between world beach handball players to sub-elite players, and is unique in examining beach handball top athletes, what extends scientific understanding of the topic and adds important and useful information for coaches in preparing athletes and tailoring training programs for this sport. The results of the current study suggest that the factors which differentiate between elite and sub-elite performers in beach handball are technical ability via the performance of sport specific skills rather than anthropometric or physiological variables, irrespective of sex.

Although beach handball is a Youth Olympic sport, as no prior studies have presented data relating to performance in the sport, it is difficult to compare the results of the current study to prior work. In court handball, explosive force in the upper and lower limbs (throwing velocity of the ball and player velocity) are essential for athletes' success (Chelly, Hermassi, & Shephard, 2010). Strength and/or power of the upper and lower body limbs are needed to subsequently result in efficiency during the transfer of momentum through the pelvis and trunk to the throwing arm (Wagner, Buchecker, von Duvillard, & Muller, 2010). So, both strength and power (Chelly et al., 2010; Granados et al., 2007; Marques, van den Tillaar, Vescovi, & Gonzalez-Badillo, 2007) and technique (van den Tillaar & Ettema, 2007; Wagner, Pfusterschmied, Von Duvillard, & Muller, 2012) are positively related to throwing velocity. The unadjusted (Table 1) or age adjusted (Table 2) results of the current study would broadly align with this assertion.

The differences in physiological and mechanical aspects between beach and court handball are substantial. The specific characteristics of games in beach handball and the environment in which it is performed produce quite a very specific set of movement requirements for optimal performance compared to court handball, including the specific throwing techniques required for successful participation. Prior studies focusing on court handball showed that though throwing released speed of the ball is an important skill and a very important aspect for success (Gorostiaga et al., 2005; Granados et al., 2007; Manchado, Tortosa-Martinez, Vila, Ferragut, & Platen, 2013; van den Tillaar, 2004). This throwing velocity is not only dependent on muscular strength, but also on aspects such as body segment coordination and technical skills

(Van Muijen, Joris, Kemper, & Van Ingen Schenau, 1991). In the current study, athletes performed the 3 specific throws aiming a determined target. Indeed, when court handball athletes perform a throw emphasizing accuracy, ball speed is approximately 85% of the maximal ball speed. This may indicate that experienced athletes are trained to throw accurately at high ball release speed (van den Tillaar & Ettema, 2003), which aligns with the results from the present study.

Players are required to execute throws that demand high velocity to beat the goalkeeper (Gorostiaga et al., 2005; I Zapartidis et al., 2009). Unlike court handball, in beach handball, the spin and the inflight throws are worth two points, and are widely used during matches. These two specific beach handball throws require greater body control and coordination, which are developed over the years of practice. In our sample of beach handball players, both elite and sub-elite players were able to throw accurately, but with different ball release speeds, a factor that may increase with skill level (García, Sabido, Barbado, & Moreno, 2013; Wagner, Pfusterschmied, Klous, von Duvillard, & Muller, 2012). So, in our sample, throwing performance may be more strongly related to an optimal throwing technique, instead of to trunk and throwing arm power alone (Wagner, Fuchs, & von Duvillard, 2018). Moreover, specific aspects of the beach handball environment, such as wind speed and direction, and the instable surface, hinder execution of skilled performance and demand a greater movement pattern that should be developed along the years of practice. Such demands may result in an emphasis on technical skills over physiological or anthropometric factors for success (Vila, Zapardiel, & Ferragut, 2020).

The results of the present study also highlighted horizontal jump as an essential factor that differentiated between elite and sub-elite performers in both sexes. It is important to mention that horizontal jump performance is negatively correlated with sand-based acceleration and sprint times ($r = -0.369$ and -0.411 , $p < 0.05$) and can predispose players to perform better in high-intensity match actions (Lemos et al., 2020). The elite athletes' better performance is unsurprising (Moss et al., 2015), given the importance of jumping in different specific sport's techniques, such as throwing and specially blocking. Given that beach handball is played in sand surface, lower limbs power allows players to perform jumps that require a great horizontal component to block the opponent's shot. It is also important to note that as aerial goals are worth two points, it demands athletes do be able to produce high muscle power in the lower

limbs. In fact, horizontal jump distance presented a correlation of 0.357 with spin throw speed in beach handball players (Lemos et al., 2020).

In our study, no anthropometric variables differentiate performance between elite and sub-elite player's performance. Differences in anthropometric characteristics between player's performance are widely available for male team handball players (Gorostiaga et al., 2005; Mohamed et al., 2009; Zapartidis, Vareltsis, Gouvali, & Kororos, 2009). These findings are likely a result of overall greater body mass of elite players, alongside higher musculature to withstand court handball's characteristic body contact and game-specific actions. Conversely, in beach handball matches there are less body contacts (hits and pushes) compared to court handball, potentially resulting in a lesser demand on anthropometric attributes for success in beach handball. Moreover, although age is different between groups, the relationship between age and all the dependent variables was explored, both in elite and sub-elite groups, and age was not a significant covariate with any of the dependent variables. Nonetheless, future studies involving larger number of participants are necessary to explore possible relationships between age/training experience and performance variables in beach handball players.

The specific physiological and mechanical components required in beach sports, including beach handball are substantially different from those needed when playing on a stable surface. Moreover, the characteristics of the environment during beach handball (wind, temperature) and its rules, including specific throwing techniques, create quite a very specific set of movement requirements for optimal performance. Indeed, in training context, procedures are based on general knowledge, or on the subjective opinion of "expert" selection coaches, although scientific data (i.e. objective measures of technical, tactical, and physical characteristics) can be used to complement coaches' opinion of an individual player's abilities. In beach handball, few scientific data are available. Thus, the current results may support coaches, by redirecting their priorities in daily training planning. Moreover, the results of the current study are unique given the elite sample in the present study comprised the top elite beach handball world champions, that have been dominating the world ranking for at least ten years. As such, the current study adds important insight and key steps for coaches and athletes and may support future beach handball studies and practice.

5. Conclusion

This study shows that anthropometric and physical performance in strength-power-speed tests (with exception of horizontal jump distance) do not discriminate between elite and sub-elite beach handball players, but that technical performance in sport specific throwing skills are the differentiating factor between elite and sub-elite performers. This information is key to support coaches and physical coaches on training preparation, and on achieving athlete's best performance.

What does this article add?

There are no scientific studies showing the most effective training strategies to lead players to achieve the elite level in beach handball. This study shows that specific anthropometric and physical performance in strength-power-speed tests (with exception of horizontal jump distance) do not discriminate between elite and sub-elite players but that technical performance in sport specific throwing skills are the differentiating factor between elite and sub-elite performers. It is evident that these anthropometric and physiological characteristics need to be considered while detecting and developing talent in this sport. However, preparing players to achieve the elite level necessarily implies developing specific body control and coordination to perform the highly-skilled attacking throwing actions by improving both strength-power but especially the technical aspects of the throws.

6. References

- Achenbach, L., Loose, O., Laver, L., Zeman, F., Nerlich, M., Angele, P., & Krutsch, W. (2018). Beach handball is safer than indoor team handball: injury rates during the 2017 European Beach Handball Championships. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(7), 1909-1915. doi:10.1007/s00167-018-4907-5
- Association, W. M. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191.
- Binnie, M. J., Peeling, P., Pinnington, H., Landers, G., & Dawson, B. (2013). Effect of surface-specific training on 20-m sprint performance on sand and grass surfaces. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(12), 3515-3520. doi:10.1519/JSC.0b013e31828f043f
- Bottoni, A., Gianfelici, A., Tamburri, R., & Faina, M. (2011). Talent selection criteria for olympic distance triathlon.
- Chelly, M. S., Hermassi, S., & Shephard, R. J. (2010). Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1480-1487. doi:10.1519/JSC.0b013e3181d32fbf
- García, J. A., Sabido, R., Barbado, D., & Moreno, F. J. (2013). Analysis of the relation between throwing speed and throwing accuracy in team-handball according to

- instruction. *European Journal of Sport Science*, 13(2), 149-154.
doi:10.1080/17461391.2011.606835
- Gorostiaga, E., Granados, C., Ibanez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 26(03), 225-232.
- Granados, C., Izquierdo, M., Ibañez, J., Bonnabau, H., & Gorostiaga, E. M. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 28(10), 860-867.
doi:10.1055/s-2007-964989
- Kelly, A. L., & Williams, C. A. (2020). Physical Characteristics and the Talent Identification and Development Processes in Male Youth Soccer: A Narrative Review. *Strength & Conditioning Journal*, 42(6), 15-34. doi:10.1519/ssc.0000000000000576
- Krishnan, A., Sharma, D., Bhatt, M., Dixit, A., & Pradeep, P. (2017). Comparison between Standing Broad Jump test and Wingate test for assessing lower limb anaerobic power in elite sportsmen. *Med J Armed Forces India*, 73(2), 140-145.
doi:10.1016/j.mjafi.2016.11.003
- Lemos, L. F., Oliveira, V. C., Duncan, M. J., Ortega, J. P., Martins, C. M., Ramirez-Campillo, R., . . . Nakamura, F. Y. (2020). Physical fitness profile in elite beach handball players of different age categories. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 60(12), 1536-1543. doi:10.23736/s0022-4707.20.11104-6
- Lidor, R., Falk, B., Arnon, M., Cohen, Y., Segal, G., & Lander, Y. (2005). Measurement of talent in team handball: the questionable use of motor and physical tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 318-325. doi:10.1519/1533-4287(2005)19[318:Motith]2.0.Co;2
- Manchado, C., Tortosa-Martinez, J., Vila, H., Ferragut, C., & Platen, P. (2013). Performance factors in women's team handball: physical and physiological aspects--a review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(6), 1708-1719.
doi:10.1519/JSC.0b013e3182891535
- Marques, M. C., van den Tilaar, R., Vescovi, J. D., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2007). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 414-422.
- Mohamed, H., Vaeyens, R., Matthys, S., Multael, M., Lefevre, J., Lenoir, M., & Philippaerts, R. (2009). Anthropometric and performance measures for the development of a talent detection and identification model in youth handball. *J Sports Sci*, 27(3), 257-266.
doi:10.1080/02640410802482417
- Moss, S. L., McWhannell, N., Michalsik, L. B., & Twist, C. (2015). Anthropometric and physical performance characteristics of top-elite, elite and non-elite youth female team handball players. *Journal of Sports Sciences*, 33(17), 1780-1789.
doi:10.1080/02640414.2015.1012099
- Pueo, B., Jimenez-Olmedo, J. M., Penichet-Tomas, A., Ortega Becerra, M., & Espina Agullo, J. J. (2017). Analysis of Time-Motion and Heart Rate in Elite Male and Female Beach Handball. *Journal of Sports Science & Medicine*, 16(4), 450-458. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29238243>
- Trosclair, D., Bellar, D., Judge, L. W., Smith, J., Mazerat, N., & Brignac, A. (2011). Hand-Grip Strength as a Predictor of Muscular Strength and Endurance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25, S99. doi:10.1097/01.JSC.0000395736.42557.bc
- Tucker, R., & Collins, M. (2012). What makes champions? A review of the relative contribution of genes and training to sporting success. *British Journal of Sports Medicine*, 46(8), 555-561. doi:10.1136/bjsports-2011-090548
- van den Tillaar, R. (2004). Effect of different training programs on the velocity of overarm throwing: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 388-396. doi:10.1519/r-12792.1

- 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. doi:10.2466/pms.2003.96.2.423
- van den Tillaar, R., & Ettema, G. (2007). A three-dimensional analysis of overarm throwing in experienced handball players. *Journal of Applied Biomechanics*, 23(1), 12-19. doi:10.1123/jab.23.1.12
- Van Muijen, A. E., Joris, H., Kemper, H. C. G., & Van Ingen Schenau, G. J. (1991). Throwing practice with different ball weights: Effects on throwing velocity and muscle strength in female handball players. *Sports Medicine, Training and Rehabilitation*, 2(2), 103-113. doi:10.1080/15438629109511906
- Verburgh, L., Scherder, E. J., van Lange, P. A., & Oosterlaan, J. (2016). The key to success in elite athletes? Explicit and implicit motor learning in youth elite and non-elite soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 34(18), 1782-1790. doi:10.1080/02640414.2015.1137344
- Vila, H., Zapardiel, J. C., & Ferragut, C. (2020). The relationship between effectiveness and throwing velocity in a handball match. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20(2), 180-188. doi:10.1080/24748668.2020.1726159
- Wagner, H., Buchecker, M., von Duvillard, S. P., & Muller, E. (2010). Kinematic description of elite vs. Low level players in team-handball jump throw. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(1), 15-23.
- Wagner, H., Fuchs, P., Fusco, A., Fuchs, P., Bell, W. J., & Duvillard, S. P. (2018). Physical Performance in Elite Male and Female Team Handball Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1-24. doi:10.1123/ijsp.2018-0014
- Wagner, H., Fuchs, P. X., & von Duvillard, S. P. (2018). Specific physiological and biomechanical performance in elite, sub-elite and in non-elite male team handball players. *J Sports Med Phys Fitness*, 58(1-2), 73-81. doi:10.23736/s0022-4707.16.06758-x
- Wagner, H., Pfusterschmied, J., Klous, M., von Duvillard, S. P., & Muller, E. (2012). Movement variability and skill level of various throwing techniques. *Hum Mov Sci*, 31(1), 78-90. doi:10.1016/j.humov.2011.05.005
- Wagner, H., Pfusterschmied, J., Von Duvillard, S. P., & Muller, E. (2012). Skill-dependent proximal-to-distal sequence in team-handball throwing. *Journal of Sports Sciences*, 30(1), 21-29. doi:10.1080/02640414.2011.617773
- Woods, C. T., Raynor, A. J., Bruce, L., McDonald, Z., & Robertson, S. (2016). The application of a multi-dimensional assessment approach to talent identification in Australian football. *Journal of Sports Sciences*, 34(14), 1340-1345. doi:10.1080/02640414.2016.1142668
- Zapartidis, I., Skoufas, D., Vareltzis, I., Christodoulidis, T., Toganidis, T., & Kororos, P. (2009). Factors influencing ball throwing velocity in young female handball players. *The Open Sports Medicine Journal*, 3(1).
- Zapartidis, I., Vareltzis, I., Gouvali, M., & Kororos, P. (2009). Physical fitness and anthropometric characteristics in different levels of young team handball players. *The Open Sports Sciences Journal*, 2(1).

Estudo 3

Under review - Journal of Sports Sciences (16th December, 2022)

THE UNPREDICTABLE TALENT SELECTION IN YOUTH BEACH HANDBALL PLAYERS: LINEAR OR NON-LINEAR APPROACHES?

Luís Lemos ^{1,2}; Alexandre Almeida ^{2,3}, Alan Nevill ⁴, Vinícius Oliveira ², Guilherme Caporal ², Clarice Martins ^{1,5}, Michael Duncan ⁶, Fábio Yuzo Nakamura⁷

¹ Associate Graduate Program in Physical Education UPE/UFPB, João Pessoa, Brazil.

² Brazilian Handball Confederation.

³ Campinas State University, São Paulo, Brazil.

⁴ Department of Education Health & Wellbeing, University of Wolverhampton, Wolverhampton, United Kingdom.

⁵ Research Centre of Physical Activity, Health and Leisure, Faculty of Sports; Laboratory for Integrative and Translational Research in Population Health (ITR), University of Porto, Porto, Portugal

⁶ Department of Applied Sciences and Health, Coventry University, Coventry, United Kingdom.

⁷ Maia University, Porto, Portugal.

Corresponding Author:

Luís F. Lemos – luís.training75@gmail.com

Address: Federal University of Paraíba, João Pessoa, Brazil

Phone number: (+351) 914653201

The unpredictable talent selection in youth beach handball players: linear or non-linear approaches?

Abstract

This study identified the most important variables to differentiate selected and non-selected Brazilian young beach handball players using linear and non-linear approaches. A total of 64 players (16.5 years-old; 33 male) participated in the Brazilian National Team preparatory stage for the Beach Handball World Championships (2017), and were grouped in selected and non-selected players. Participants were assessed for anthropometrics and body composition, countermovement jump, and ball speed throwing. Comparisons between groups were tested, and the outcomes were analyzed using logistic regression (SPSS 25.0; $p < 0.05$). Network Analysis was used to establish non-linear relationships between variables, and the *Expected Influence* was calculated (Rstudio). For male players, increments of 1 kg in fat-free mass and 1 m/s in ball speed, increased the odds of being selected by 44% and 17 times more, respectively. For females, 1 cm increase in jump height and in palmar diameter, increased the odds of being selected by 29.5%, and 6.7 times more, respectively. The non-linear analysis showed similar emergent patterns and expected influence values for selected and non-selected players. The results reflect the multidimensional nature of predictors of talent in beach handball, and represent important finding for coaches and stakeholders.

Keywords: talent identification; beach handball; complex systems

1. INTRODUCTION

On the road to the top sports performance, talent selection plays a crucial role, and involves the ongoing process of selecting players at various stages, who demonstrate prerequisite levels of performance for inclusion in a national team. This process is focused on choosing the most appropriate individual or group of individuals who can best carry out specialized tasks within a specific context (MOHAMED, H.; VAEYENS, R.; MATTHYS, S.; MULTAEL, M. *et al.*, 2009). Therefore, selection programs are critical to identify young players with the potential for success at elite senior levels. Such selection programs are currently used in different sports (KALÉN; PADRÓN-CABO; LUNDKVIST; REY *et al.*, 2021; SULLIVAN; KEMPTON; WARD; COUTTS, 2020; TRÓZNAI; UTCZÁS; PÁPAI; NÉGELE *et al.*, 2021) to provide the optimal environments for athlete development during early phases.

Commonly used approaches to talent selection have pros and cons (VAEYENS, R.; LENOIR, M.; WILLIAMS, A. M.; PHILIPPAERTS, R. M., 2008) and given the multidimensional nature of factors that contribute to sport success, multidimensional methodologies are more preferable for talent selection in sport (TILL; JONES; COBLEY; MORLEY *et al.*, 2016). The uses of large-scale studies on anthropometric, morphological, and physical performance characteristics in young athletes have been suggested to improve the selection process. Previous research has shown that specific anthropometric characteristics are associated with success in a variety of team sports (MALINA; BOUCHARD; BAR-OR, 2004). In indoor handball, a greater stature is generally considered a physical advantage for technical skills such as stealing, throwing, blocking and handling of the ball in a direct duel with an opponent. Nonetheless, most clubs and associations still rely exclusively on subjective data from coach assessments (LARKIN; REEVES, 2018). For example, the selection of gifted court handball players into representative teams is often based on subjective opinion of selection coaches, although scientific data (i.e. objective measures of technical, tactical, and physical characteristics) can be used to complement coaches' opinion of an individual player's abilities (JOHANSSON; FAHLÉN, 2017).

Beach handball is a recently created sport, and likely a new Olympic sport in 2024 (Paris). It is similar to court handball, as it demands high-intensity locomotor activities, combined with lower intensity efforts, besides involving specific actions such as jumps, throws and blocks (PUEO; JIMENEZ-OLMEDO; PENICHET-TOMAS; ORTEGA BECERRA *et al.*, 2017). While there are fewer body contacts (hits and

pushes) during beach handball matches compared to court handball, the players are requested to walk/run on the unstable sand surface, which imposes higher energetic and neuromuscular demands at the same running speeds compared to firm surfaces (PINNINGTON; DAWSON, 2001a; ZAMPARO; PERINI; ORIZIO; SACHER *et al.*, 1992).

Although elite Brazilian national teams are recognized as top teams in international beach handball ranking, to our knowledge, there are no investigations concerning the actual talent selection process. Insight into the talent selection process, particularly with elite teams, is essential to explore the potential of anthropometric, morphological, and physical aspects in supporting talent selection process in beach handball. Nonetheless, caution is needed when generalizing the predictable importance of a specific variable in selecting talents for the beach handball national team. While there are potential anthropometric, morphological, and physical predictors commonly used across beach handball and other sports, being selected or not to the national team depends on the optimal nonlinear interaction of these factors, and its continuous adaptation to intrinsic (i.e. motivation, physical performance) and extrinsic (i.e. temperature, opponent's performance) perturbations. The necessary continuous adaptations to these perturbations impact on the importance, availability, and inter-relatedness of the possible predictors of being selected among young players.

Like many other sports, such as football (SALMON; MCLEAN, 2020), beach handball is also a complex system, and consequently, detecting the possible predictors of being or not selected to a beach handball national teams also deserves a complex approach. This assumption allows us to suggest that the relationships between different variables that potentially predict being selected or not may be better understood through a network perspective. These possible predictors (e.g. body mass, wingspan, jump height) interact to form a dimensional structure called emerging pattern (HOLLAND, 2014). Performance in beach handball cannot be understood by studying components of the structure in isolation (SALMON; MCLEAN, 2020), as the some of the parts not necessarily gives a complete understand of players performance. Thus, it is reasonable to suggest that the adoption of a network analysis (BUTTS, 2009) perspective may provide central information to better understand the nonlinear characteristics of the emerging patterns (SCHMITTMANN; CRAMER; WALDORP; EPSKAMP *et al.*, 2013) observed for non-selected and selected young players. To date, no formal examination of the complexity underlying selecting talents in beach

handball is presented. Thus, the aim of this study was to identify which are the most important variables to likely differentiate selected and non-selected Brazilian young beach handball players using both linear and non-linear approaches.

2. METHODS

2.1 Participants

A total of 64 players (198.29 months of age; 33 male) participated in the Brazilian National Team preparatory stage for the Beach Handball World Championships (2017), carried out in São Paulo, for 15 days, and comprised the sample. From those, 15 boys and 15 girls were selected for the National Team and comprised the “selected” group. The participants who were not selected were grouped in the “non-selected” group. All the participants were involved in specific beach handball training at least three times per week (on average 90 minutes per session), and 1-2 physical/strength session(s) per week involving plyometrics, injury prevention and strength-power training.

2.1 Study concept and procedures

Tests were conducted at the beach court from 08:00 a.m. to 9:00 a.m. The players were previously familiarized with the protocols and performed the respective tests in the following order: 1) Anthropometric and morphologic variables 2) physical variables; 4) specific throwing velocities. Trained assessors, under the supervision of the senior researchers, conducted the tests while providing verbal encouragement to the players, especially in the all-out sprints.

Information about environmental conditions were registered during the 4-day tournament, according to the Weather Forecasting and Climate Studies Center, from the Brazilian Government. Temperature ranged between 27.8 and 30.4 °C, the air humidity between 64 and 69% and the wind velocity between 2.57 and 3.08 m/s.

The Helsinki Declarations’ ethical aspects were followed (WMA, 2013), and the evaluation methods and procedures were approved by an local Ethics Board. All the players were informed of the benefits and risks of the investigation, and signed an informed consent document to participate in the study.

2.3 Anthropometric and morphologic variables

Body height (m) and body mass (kg) were measured in each participant. Height was measured using a stadiometer (Holtain, Ltd., Pembrokeshire, UK), and body mass was measured to the nearest 0.1 kg, using a portable digital scale ((RM-BD117, Relaxmedic). Body mass index (BMI) was calculated from body mass and body height (kg/m^2).

Skinfold thickness was assessed to the nearest 0.1 mm using a Rosscraft skinfold calipers in the following references: triceps and subscapular. Estimates of fat mass percentage were obtained from the sex-specific equation derived from the sum of the triceps and subscapular skinfolds (SLAUGHTER, M. H.; LOHMAN, T.; BOILEAU, R.; HORSWILL, C. *et al.*, 1988). Afterward, estimated fat and fat-free masses were calculated to the nearest 0.1 kg.

Wingspan was assessed using a tape-measure (0.1 cm scale), fixed to the wall, and parallel to the ground. One investigator checked that the arms were parallel to the floor. Paper with horizontal lines (5-cm interval) was placed on the wall, then two investigators placed plastic tape on the wall at the tips of the middle fingers of both hands and then measured the distance between the plastic tape marks on the wall (TSUJI; AYABE; TANAKA; SENJU *et al.*, 2017). Hand span was measured in both hands from the tip of the thumb to the tip of the small finger with the hand opened as wide as possible (RUIZ; ESPAÑA-ROMERO; ORTEGA; SJÖSTRÖM *et al.*, 2006). Measures were rounded to the nearest whole centimeter for analysis.

2.4 Jump height

Countermovement jump Abalakov was assessed with a high-speed video recording (Sony HDR-CX220) (1920×1080 pixels at 60 fps). A video camera was placed on a level tripod at 90 cm height, with the sensor parallel to the back frontal plane, to avoid errors due to optical misalignments. Analysis with biomechanical open-source software Kinovea (0.8.15) was employed to assess vertical excursion of the sacrum marker throughout the jump to track the vertical displacement of the center of gravity from a standing position to the highest jump height (PUEO; PENICHET-TOMAS; JIMENEZ-OLMEDO, 2020). Each participant performed two consecutive jumps with countermovement using the arms to assist, with an interval of 15 seconds between attempts. For analysis, the highest countermovement jump was considered.

2.6 Sport specific skill (ball speed)

Sport specific technical skill was assessed using the 6-meter throw. The players were instructed to throw a standard beach handball size (male: 450 g; 58 cm circumference; female: 350 g; 56 cm circumference) at maximal velocity on the upper half of the goal (over 1-m of the ground), 6-m distance of the goal, using the dominant hand. Two throws were performed with an interval of 1-min between consecutive trials, and the greatest ball speed value was used for analysis.

2.6 Statistical procedures

Descriptive procedures for all variables are reported as mean and standard deviation (SD). Comparisons between groups (selected vs. non-selected) were tested using independent student t-test. Firstly, all anthropometric, body composition, sport-specific skill tests, and physical variables were analyzed using logistic regression analysis (forward stepwise method), with sex and group (selected vs non-selected) as the fixed factors. The best fit of the model is indicated by a smaller difference in rank between the observed and predicted values, so a non-significant chi-square value indicates a good fit of the model (HAIR; BLACK; BABIN; ANDERSON *et al.*, 2009). SPSS Software – version 25.0 (Macintosh) was used, and significance was assumed at $P < 0.05$.

Further, considering the importance of the assessed variables for an adequate performance pattern, a "Machine Learning" non-linear approach entitled Network Analysis was used to complementary explore the relationships between the assessed variables among non-selected and selected young players, according to sex. This technique aims to establish relationships through multiple interactions between variables from graphical representations (EPSKAMP; CRAMER; WALDORP; SCHMITTMANN *et al.*, 2012). Concerning the cross-sectional nature of this study, an undirected weighted network analysis was used to estimate the relationship between nodes (assessed variables) from a correlation matrix, that when transformed, are represented by positive or negative edges, which are the relationships between the different nodes, but with no arrowheads to indicate direction of effect (HEVEY, 2018).

The "Fruchterman-Reingold" algorithm was applied so data were presented in the relative space in which variables with stronger associations remain together, and the less strongly associated variables were repelled from each other (FRUCHTERMAN; REINGOLD, 1991). The pairwise Markov random field model was

used to improve the accuracy of the partial correlation network, which was estimated from L1 regularized neighborhood regression. The least absolute contraction and selection operator was used to obtain regularization and to make the model less sparse (FRIEDMAN; HASTIE; TIBSHIRANI, 2007). The (EBIC) parameter was adjusted to 0.25 to create a network with greater parsimony and specificity (FOYGEL; DRTON, 2010). The qgraph package of the Rstudio (free version) program was used to estimate and visualize the graph (EPSKAMP; CRAMER; WALDORP; SCHMITTMANN *et al.*, 2012). Regularized algorithms of the selection operator and minimum absolute reduction (LASSO) were used to obtain the precision matrix, that when standardized, represents the associations between network variables.

Finally, the centrality index “Expected Influence” was calculated. The Expected Influence indicates the importance of a node for the structure and functioning of the network, was calculated. This centrality measure consists of the sum of all possible edge weights that connect one node to another, and was used to assess the nature and strength of a variable’s cumulative influence within the network, and thus, the role it may be expected to play in the activation, persistence, and remission of the network (ROBINAUGH; MILLNER; MCNALLY, 2016). A positive expected influence means that the influence of that specific node in the network tends to increase, for the acquisition of an adequate network pattern (POLISHCHUK; POLISHCHUK, 2019) .

3. RESULTS

Non-selected and selected young male athletes differed significantly in height, body mass, fat free mass, ball speed, wingspan, and palmar diameter. For female athletes, differences were seen for fat mass, countermovement jump Abalakov height, ball speed, wingspan, and palmar diameter, in favour of the selected ones (Table 1).

Table 1. Sample’s descriptive data

Variables	Group	Male		Female	
		Mean $\pm$ SD	p	Mean $\pm$ SD	p
Age (months)	Non-selected	199.72 $\pm$ 7.29	.828	195.12 $\pm$ 12.68	.379
	Selected	199.20 $\pm$ 6.21		199.13 $\pm$ 12.26	

Height (cm)	Non-selected	177.55 ± 7.44	.010*	166.87 ± 4.62	.146
	Selected	185.46 ± 9.06		169.80 ± 6.20	
Body mass (kg)	Non-selected	71.00 ± 11.26	.012*	61.59 ± 8.40	.353
	Selected	83.25 ± 15.12		64.04 ± 5.68	
Fat mass (%)	Non-selected	17.31 ± 8.66	.933	20.65 ± 5.66	.033*
	Selected	17.57 ± 8.76		24.69 ± 4.23	
Fat mass (kg)	Non-selected	12.97 ± 8.58	.431	12.94 ± 4.86	.063
	Selected	15.74 ± 11.34		15.88 ± 3.41	
Fat free mass (kg)	Non-selected	58.03 ± 5.79	.000*	48.64 ± 5.46	.784
	Selected	67.51 ± 6.21		48.15 ± 4.19	
Countermovement jump height (cm)	Non-selected	51.27 ± 6.97	.139	43.20 ± 5.84	.009*
	Selected	55.08 ± 7.40		48.69 ± 5.05	*
Ball speed (m/s)	Non-selected	19.35 ± 1.05	.000*	18.10 ± 1.68	.008*
	Selected	21.55 ± 1.64		19.70 ± 1.43	*
Wingspan (cm)	Non-selected	180.55 ± 7.60	.002*	167.12 ± 6.71	.011*
	Selected	192.00 ± 11.45		173.60 ± 6.45	
Palmar diameter (cm)	Non-selected	23.05 ± 1.92	.005*	20.53 ± .97	.000*
	Selected	24.83 ± 1.35		22.06 ± 1.09	*

When applicable, results are expressed as frequencies (percentage) or mean ± SD; Independent student t-test. *p<0.05; **p<0.01

The logistic regression analysis revealed that for male players, every 1 kg increase in fat-free mass, the odds of being selected increased by 44%. Similarly, for every 1 m/s increase in ball speed, the players were 17 times more likely to be selected. The logistic regression analysis also revealed that for female players, every 1 cm increase in jump height, the odds of being selected increased by 29.5%. Similarly, for every 1 cm increase in palmar diameter, the players were 6.7 times more likely to

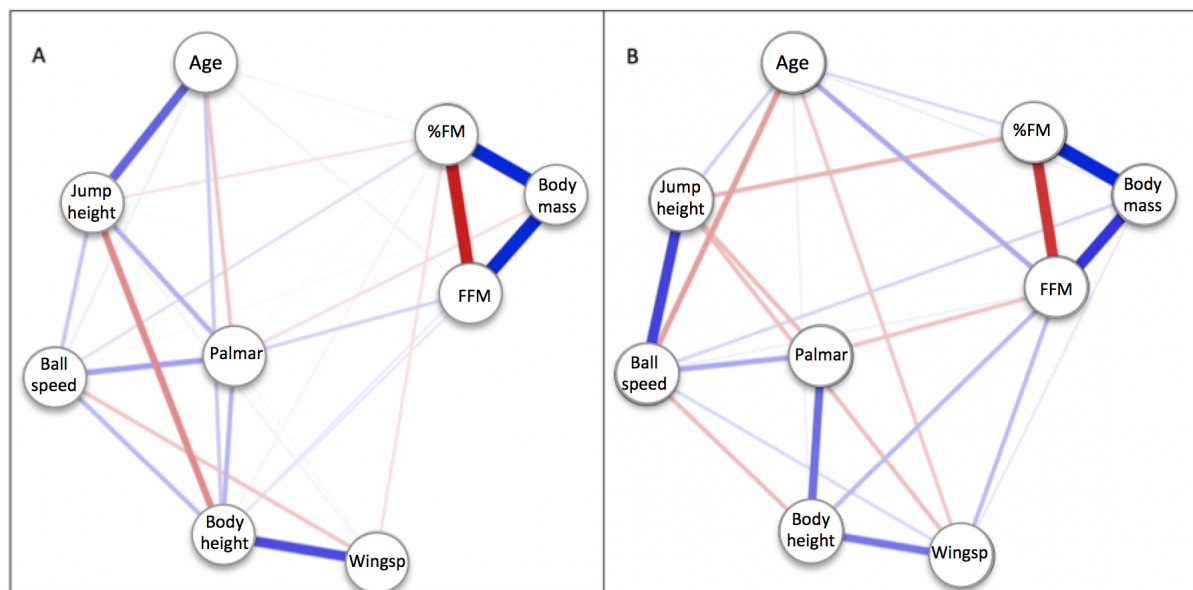
be selected (Table 2). The chi-square significance values ($p > 0.05$) indicated a good fit of the model.

Table 2. Predicted probability of being selected for national team

		B	SE	p	Exp(B)
Male	Fat free mass (kg)	.367	.171	.031	1.444
	Ball speed (m/s)	2.857	1.326	.031	17.403
Female	Countermovement jump Abalakov height (cm)	.259	.122	.034	1.295
	Palmar diameter (cm)	1.906	.781	.015	6.728

Logistic regression analyzes (forward stepwise method). Non-selected as reference category. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

The possible predictors were also tested in a non-linear network perspective. The patterns of associations between the different variables assessed are presented in Figure 1. Although similar network organization patterns are seen for male (panels A and B) and female (panels C and D) young players, the interrelationships between the variables presented in the network vary in strength and direction. The weight matrix is presented as supplementary file.



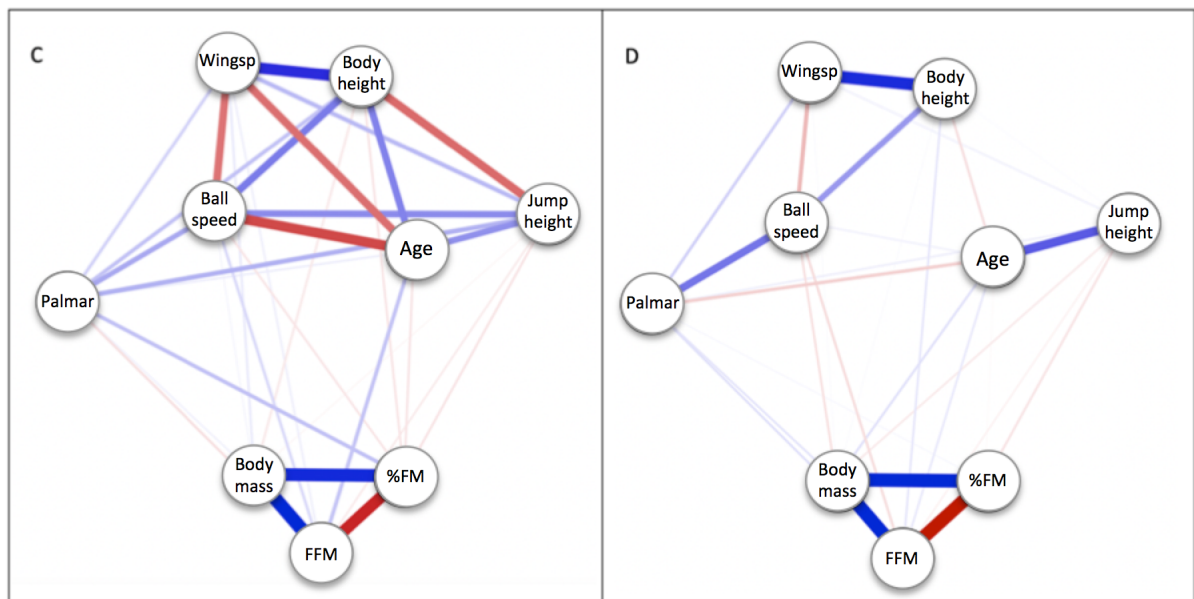


Figure 1: Patterns of associations between the assessed variables for male (panels A – non-selected; and B - selected) and female (panels C – non-selected; and D - selected) young players. The blue edges express positive associations, while the red one, negative associations. The thickness and the color intensities of the lines of the graph indicates the magnitude of the associations.

The emergent patterns highlighted similar expected influence values and emphasized body mass as the variable with the highest expected influence value for both non-selected and selected players (Figure 2).

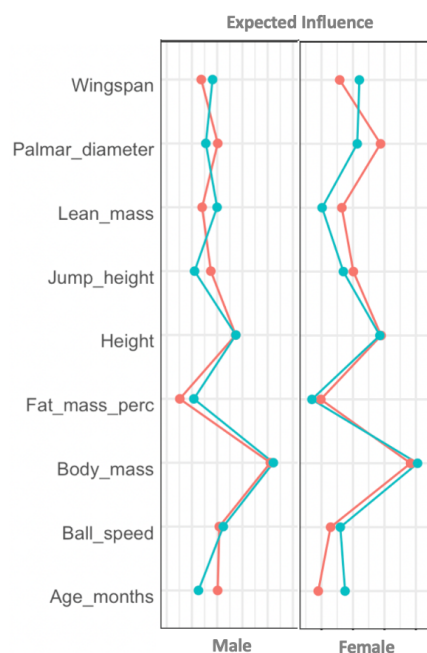


Figure 2: Expected Influence values for all the nodes presented in the emergent patterns. Red edge: non-selected players; blue edge: selected players

4. DISCUSSION

This study identified the most important variables to likely differentiate non-selected and selected young beach handball players, using both a commonly seen linear tools, and a non-linear approach, highlighting differences according to the methodological perspective adopted. The study offers a unique insight into which variables differentiate those beach handball players that were selected for the national beach handball team. Such an approach goes beyond typical linear approaches and better reflects the multidimensional nature of predictors of talent in beach handball.

Our main findings provided by the linear analysis highlighted fat free mass and ball speed for young male players, and palmar diameter and countermovement jump height for female one, as the most important predictable variables. The current results suggest that according to sex, morphological, anthropometric and physical performance variables differentiate between non-selected and selected young beach handball players. Using a linear approach, we have previously demonstrated that in senior players, the variables that differentiate between elite (world champions) and sub-elite performers are countermovement jump and technical ability via the performance of specific throwing skills, rather than anthropometric or any other physical variables, irrespective of sex (LEMOS; NEVILL; DUNCAN; DE OLIVEIRA *et al.*, 2021). Nonetheless, the current study, extend scientific knowledge of the topic, by adding information that for young beach handball players, variables related to anthropometrics, morphological and physical performance are important to differentiate those who were selected or not to the beach handball national team. These are important and useful information for coaches in preparing athletes and tailoring training programs for beach handball, and provide a perspective for young beach handball players, different of that previously shown for senior players.

Considering beach handball is a faster game than its court equivalent, characterized by various offensive and defensive transitions, these results might infer that for male young beach handball players, a body mass composed of fat free mass could be determinant for their locomotion ability in sand surface, favoring their physical

ability to produce higher mechanical power during vertical jumping, and throwing, for example (GOROSTIAGA; GRANADOS; IBANEZ; IZQUIERDO, 2005). Actually, while for senior players technical factors differentiate performance between elite and sub-elite players (LEMOIS; NEVILL; DUNCAN; DE OLIVEIRA *et al.*, 2021), for the young players anthropometric and morphological factors still assume a preponderant importance for being selected.

Moreover, our results also showed that for young male athletes, ball speed was highlighted as one of the most important predictable variables. Indeed, Wagner *et al.* (2018) stated that one of the most reliable variables to differentiate between performance levels in court handball male players is throwing performance. When identifying predictors of future performance in young court handball players, Koopmann and colleagues (2022) emphasized the importance of basic technical throwing skills as a prerequisite on national level and in younger age groups. In the current study, no difference has been seen for age between male groups. Nonetheless, considering that strength increases with age and throwing skills, besides upper-limb strength and power tests performances, are related to ball velocity (CHELLY; HERMASSI; SHEPHARD, 2010), it is plausible to infer that determinant factors for a higher ball speed, such as the significant differences seen for fat free mass, wingspan, and palmar diameter in favor of the selected male players could explain the observed results.

Previous research has shown that specific anthropometric characteristics are associated with success in a variety of team sports (Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004). In court handball, a greater stature is generally considered a physical advantage for technical skills such as throwing, and handling of the ball in a direct duel with an opponent. In beach handball, offensive actions are carried out in numerical superiority. So, direct duel is not common, and the body stature was not a predictable variable for selecting the player. Instead, anthropometric variables such as palmar diameter was determinant in young female players. In fact, both male and female players presented difference in palmar diameter between non-selected and selected groups, though the likely predictable importance of this variable had been seen only for female players. A higher palmar diameter is important for the essential ability of grasping the ball, a decisive prerequisite for the beach handball specific throws, such as inflight and spin throwing. Moreover, given the importance of jumping in most of the specific beach handball's defensive (e.g. blocking) and offensive (e.g. inflight and spin throwing)

actions, it is unsurprising that jump high was highlighted as an important predictable variable for selecting female players. In fact, female games are characterized by aerial actions (i.e. spin and inflight throwings), what may justify the present results (DOL; ONETTO; CARBONELL; GONZÁLEZ-RAMÍREZ, 2020) concerning palmar diameter and jump high.

In linear analytic terms, it is possible that some of these variables do not discriminate the non-selected and selected players, because for specific variables, young athletes demonstrate values with few variability (see descriptive table 1), what may reduce the power to differentiate them. From a systemic view, one expects that all the assessed variables present its importance, affecting the possibility of being selected for the national team. This complex network perspective is a highly suitable tool for modeling the real world (ŞİMŞEK, 2021) and draws attention to how interconnected all the assessed variables are and which of them are most influential on others. This is an aspect that prior work relating to talent selection has had more difficulty in determining interconnectedness, and strength of such interconnectedness, between variables that contribute to success in sport. The use of a machine learning approach via network analysis in the current study therefore represents an original contribution to understanding of talent selection in youth sport. The complementary non-linear analysis highlighted similar patterns of self-organization between variables, and similar greatest expected influence values for body weight in both non-selected and selected players. Variables with higher Expected Influence assesses the role a node plays in the network's (ŞİMŞEK, 2021) activation, persistence, and remission.

Based on the varying continuous intrinsic and extrinsic pressures that happens in a complex game such as beach handball, in which factors of different natures (i.e. climate, sand density, wind, congestion calendar, and technical and tactical aspects) may affect the perfect interaction of these nonlinear factors, our understanding of whether profiles of current players represent the actual elements of performance necessary for being selected at key points is extremely limited (BAKER; JOHNSTON; WATTIE, 2022a). Indeed, a more harmonized perspective on the selection of young players must recognize inefficiencies and incongruences in the system, and the dynamic nature of performance environments (BAKER; JOHNSTON; WATTIE, 2022a).

Considering the limitations in how we select players, particularly at younger ages, developing a more comprehensive understanding of what these selections mean

for their long-term development will only come from systemic and complex approaches. To the best of the authors' knowledge, this study is the first to investigate the most important variables to differentiate young beach handball players selected and non-selected for a national team, especially when considering its non-linear characteristics. As seen in our results, even considering some statistical differences between non-selected and selected players, and the linear determinants of being selected, the non-linear approach showed that selecting players to achieve an elite level necessarily implies developing more than anthropometric, morphological or physical performance. These results are unique and gives attention to the fact that further studies should focus on the non-linear interrelationships between other tactical, cognitive, emotional, and environmental characteristics that may better differentiate non-selected and selected young players. Moreover, it is also important to strengthen that even considering further additional variables, in a real and ecological context, as throughout an entire game, continuous intrinsic and extrinsic perturbations could impact on the importance of the previously determinant variables.

Thus, it is imperative to overarching strategies that consider the complex and chaotic developmental trajectory in sports participation (GULBIN; WEISSENSTEINER; OLDENZIEL; GAGNÉ, 2013). Though cross-sectional profile metrics provide valuable information to the ongoing performance, these cross-sectional approaches do not necessarily predict the actual differences between selected or non-selected players, limiting its utility of relying on these metrics to select young players for the beach handball national selection.

The results of the current study play an important role for coaches and sports professionals and represent an essential tool to expand the knowledge and the processes for selecting young players in beach handball. Despite this, limitations should be highlighted. First, even considering the complex interrelationships between several possible determinants, the cross-sectional design limits its causal extrapolation. Second, network emergent patterns are non-deterministic, and comparisons between other selection processes in different contexts are inapplicable. Finally, we have focused on anthropometric, morphological, and physical variables that possible determine being selected. Although this study gets insights into the behaviour and structure of the system, future studies should expand these non-linear concepts and explore other emotional, cognitive, and environmental possible predictors at a representative task design of being selected for the beach handball national selection.

5. CONCLUSION

This study highlighted fat free mass and ball speed for male players, and palmar diameter and jump height for female ones, as linear determinants for being selected. The non-linear approach showed that selecting players to achieve an elite level necessarily implies developing more than anthropometric, morphological or physical performance, reflecting the multidimensional nature of predictors of talent in beach handball. This represents an important finding for coaches and stakeholders, concerning a developmental performance perspective.

6. DISCLOSURE STATEMENT

No potential conflict of interest was reported by the author(s).

7. FUNDING

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

8. REFERENCES

- Association, W. M. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191.
- Baker, J., Johnston, K., & Wattie, N. (2022). Survival Versus Attraction Advantages and Talent Selection in Sport. *Sports Medicine-Open*, 8(1), 1-4.
- Butts, C. T. (2009). Revisiting the foundations of network analysis. *science*, 325(5939), 414-416.
- Chelly, M. S., Hermassi, S., & Shephard, R. J. (2010, Jun). Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players. *J Strength Cond Res*, 24(6), 1480-1487. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d32fbf>
- Dol, G., Onetto, V., Carbonell, V., & González-Ramírez, A. (2020). Analysis of throwing performance in elite Women's beach handball. *Apunts*, 141, 49-54.
- Epskamp, S., Cramer, A. O. J., Waldorp, L. J., Schmittmann, V. D., & Borsboom, D. (2012, 2012-05-24). qgraph: Network Visualizations of Relationships in Psychometric Data. 2012, 48(4), 18. <https://doi.org/10.18637/jss.v048.i04>
- Foygel, R., & Drton, M. (2010). Extended Bayesian information criteria for Gaussian graphical models. *Advances in neural information processing systems*,

- Friedman, J., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2007). Sparse inverse covariance estimation with the graphical lasso. *Biostatistics*, 9(3), 432-441.
<https://doi.org/10.1093/biostatistics/kxm045>
- Fruchterman, T. M. J., & Reingold, E. M. (1991). Graph drawing by force-directed placement. *Software: Practice and Experience*, 21(11), 1129-1164.
<https://doi.org/10.1002/spe.4380211102>
- Gorostiaga, E., Granados, C., Ibanez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. *International journal of sports medicine*, 26(03), 225-232.
- Gulbin, J., Weissensteiner, J., Oldenzien, K., & Gagné, F. (2013). Patterns of performance development in elite athletes. *Eur J Sport Sci*, 13(6), 605-614.
<https://doi.org/10.1080/17461391.2012.756542>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2009). *Análise multivariada de dados*. Bookman editora.
- Hevey, D. (2018). Network analysis: a brief overview and tutorial. *Health Psychology and Behavioral Medicine*, 6(1), 301-328.
- Holland, J. H. (2014). *Complexity: A Very Short Introduction*. Oxford University Press.
<https://doi.org/10.1093/actrade/9780199662548.001.0001>
- Johansson, A., & Fahlén, J. (2017). Simply the best, better than all the rest? Validity issues in selections in elite sport. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 12(4), 470-480.
- Kalén, A., Padrón-Cabo, A., Lundkvist, E., Rey, E., & Pérez-Ferreirós, A. (2021). Talent Selection Strategies and Relationship With Success in European Basketball National Team Programs. *Front Psychol*, 12, 666839.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.666839>
- Koopmann, T., Lath, F., Büsch, D., & Schorer, J. (2022). Predictive Value of Technical Throwing Skills on Nomination Status in Youth and Long-Term Career Attainment in Handball. *Sports Medicine-Open*, 8(1), 1-11.
- Larkin, P., & Reeves, M. J. (2018). Junior-elite football: time to re-position talent identification? *Soccer & Society*, 19(8), 1183-1192.
- Lemos, L., Nevill, A., Duncan, M. J., De Oliveira, V. C., Pino-Ortega, J., Santos, A., Martins, C., & Nakamura, F. (2021). Sport Specific Skills Differentiates Performance Levels Better Than Anthropometric or Physiological Factors in Beach Handball. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 1-6.
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity*. Human kinetics.
- Mohamed, H., Vaeyens, R., Matthys, S., Multaet, M., Lefevre, J., Lenoir, M., & Philippaerts, R. (2009, Feb 1). Anthropometric and performance measures for the development of a talent detection and identification model in youth handball. *J Sports Sci*, 27(3), 257-266.
<https://doi.org/10.1080/02640410802482417>

- Pinnington, H. C., & Dawson, B. (2001, Dec). The energy cost of running on grass compared to soft dry beach sand. *J Sci Med Sport*, 4(4), 416-430. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11905936>
- Polishchuk, D., & Polishchuk, O. (2019). *Centrality measures in flow models of complex network systems*.
- Pueo, B., Jimenez-Olmedo, J. M., Penichet-Tomas, A., Ortega Becerra, M., & Espina Agullo, J. J. (2017, Dec). Analysis of Time-Motion and Heart Rate in Elite Male and Female Beach Handball. *J Sports Sci Med*, 16(4), 450-458. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29238243>
- Pueo, B., Penichet-Tomas, A., & Jimenez-Olmedo, J. M. (2020). Validity, reliability and usefulness of smartphone and kinovea motion analysis software for direct measurement of vertical jump height. *Physiology & Behavior*, 227, 113144.
- Robinaugh, D. J., Millner, A. J., & McNally, R. J. (2016, Aug). Identifying highly influential nodes in the complicated grief network. *J Abnorm Psychol*, 125(6), 747-757. <https://doi.org/10.1037/abn0000181>
- Ruiz, J. R., España-Romero, V., Ortega, F. B., Sjöström, M., Castillo, M. J., & Gutierrez, A. (2006). Hand span influences optimal grip span in male and female teenagers. *The Journal of hand surgery*, 31(8), 1367-1372.
- Salmon, P. M., & McLean, S. (2020, 2020/04/02). Complexity in the beautiful game: implications for football research and practice. *Science and Medicine in Football*, 4(2), 162-167. <https://doi.org/10.1080/24733938.2019.1699247>
- Schmittmann, V. D., Cramer, A. O., Waldorp, L. J., Epskamp, S., Kievit, R. A., & Borsboom, D. (2013). Deconstructing the construct: A network perspective on psychological phenomena. *New Ideas in Psychology*, 31(1), 43-53.
- Şimşek, A. (2021). Estimating the Expected Influence Capacities of Nodes in Complex Networks under the Susceptible-Infectious-Recovered (SIR) Model. *arXiv preprint arXiv:2103.02324*.
- Slaughter, M. H., Lohman, T., Boileau, R., Horswill, C., Stillman, R., Van Loan, M., & Bembien, D. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Human biology*, 709-723.
- Sullivan, C., Kempton, T., Ward, P., & Coutts, A. J. (2020, Apr). The efficacy of talent selection criteria in the Australian Football League. *J Sports Sci*, 38(7), 773-779. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1734309>
- Till, K., Jones, B. L., Cobley, S., Morley, D., O'Hara, J., Chapman, C., Cooke, C., & Beggs, C. B. (2016). Identifying Talent in Youth Sport: A Novel Methodology Using Higher-Dimensional Analysis. *PLoS One*, 11(5), e0155047. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155047>
- Tróznai, Z., Utczás, K., Pápai, J., Négele, Z., Juhász, I., Szabó, T., & Petridis, L. (2021, Oct 29). Talent Selection Based on Sport-Specific Tasks Is Affected by the Relative Age Effects among Adolescent Handball Players. *Int J Environ Res Public Health*, 18(21). <https://doi.org/10.3390/ijerph182111418>
- Tsuji, M., Ayabe, T., Tanaka, R., Senju, A., Shibata, E., Araki, S., Morokuma, S., Sanefuji, M., Kusuhara, K., & Kawamoto, T. (2017). Comparative study on

three different methods for arm-span measurement: the Japan environment and Children's study pilot. *Environmental health and preventive medicine*, 22(1), 1-4.

Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., & Philippaerts, R. M. (2008). Talent identification and development programmes in sport : current models and future directions. *Sports Med*, 38(9), 703-714.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200838090-00001>

Zamparo, P., Perini, R., Orizio, C., Sacher, M., & Ferretti, G. (1992). The energy cost of walking or running on sand. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 65(2), 183-187. <https://doi.org/10.1007/bf00705078>

Estudo 4

A submeter ao International Journal of Sports Physiology and Performance

**USING SELF-ORGANIZATION MAPPING OF INTERNAL AND EXTERNAL LOAD
PARAMETERS TO DIFFERENTIATE WINNER TEAMS IN BEACH HANDBALL
MATCHES**

Luís Lemos ¹; José Pino-Ortega ²; Paulo Bandeira³, Vinícius Oliveira⁴, Amilton Santos¹, Clarice Martins ^{1,5}, Fábio Yuzo Nakamura⁶

¹ Associate Graduate Program in Physical Education UPE/UFPB, João Pessoa, Brazil.

² University of Murcia, Murcia, Spain

³ Regional University of Cariri (URCA), Crato, Brazil

⁴ Brazilian Handball Confederation

⁵ Research Centre of Physical Activity, Health and Leisure, Faculty of Sports; Laboratory for Integrative and Translational Research in Population Health (ITR), University of Porto, Porto, Portugal

⁶ Maia University, Porto, Portugal.

Corresponding Author:

Luís F. Lemos – luis.training75@gmail.com

Address: Cidade Universitária, João Pessoa, Paraíba, Brasil

Cep: 58051-900

Phone number: (+351) 914653201

Abstract

Background: Athletes' load parameters may differ across matches, competition season and environmental conditions. Thus, understand how load parameters self-organize is a needed first step for successful results in beach handball. This study aimed to use a self-organization mapping of internal and external load parameters to differentiate the winner teams in beach handball matches. **Methods:** To differentiate the load parameters of winner and loser teams, 18 internal and external load parameters were evaluated through inertial measurement unit system in 124 senior players (71 men), over 21 official matches, using exploratory graph analysis. **Results:** Winner and loser teams showed similar internal and external load parameters, regardless of sex, though lower entropy values have been reported for winner groups (-17.14 and -18.68 for males and females, respectively). **Conclusion:** When using non-linear analytical approaches, the assessed variables were not capable of differentiating winner and loser teams, but the patterns of interrelation between them for the winner teams suggest greater self-organization. Statistically providing arguments that a network of interconnected internal and external load components may differ between winner and loser teams may subsidize the understand of the match demands, based on variables that comprise athletes' performance during the beach handball competition.

Keywords: load parameters, complex systems, beach handball

1.Introduction

Beach handball is a relatively young discipline with increasing professionalization over the last two decades, inciting additional efforts for coaches and researchers. To improve the athletes' performance, knowledge on demands of the sport, through valid and accurate assessments of internal and external loads are essential.

Similar to in other sports, such as beach soccer (CASTELLANO; CASAMICHANA, 2010), evaluation of internal and external load demands in beach handball are crucial to allow the planning of specific sessions, optimizing the training process (CAMPOS-VAZQUEZ; MENDEZ-VILLANUEVA; GONZALEZ-JURADO; LEÓN-PRADOS *et al.*, 2015) . Internal and external load indicators, such as running demands and heart rate (HR) responses imposed during a match constitute relevant information for characterizing the match, being crucial to better understand it and prescribe the training process (AUGHEY; FALLOON, 2010), especially in beach handball, whose lack of studies makes the work of coaches difficult. Moreover, beach handball is a very particular sport in relation to its active time, due to the continuous substitutions of players that occur during a match (ZAPARDIEL; ASÍN-IZQUIERDO, 2020). In this sense, the use of microsenors (accelerometers, gyroscopes, and magnetometers) is as a reliable and accurate option to register both internal and external load, giving the possibility for the analysis of training/competition loads in real-time. By combining external and internal load variables, coaches and sport scientists may develop and manage physical and physiological attributes in a more specific and optimal way during beach handball competition, considering its specific activity demands.

Though along the past few decades new real-time load monitoring technologies have been commonly used in team sports, including data in beach handball (MÜLLER; WILLBERG; REICHERT; ZENTGRAF, 2022), in general, the analysis and interpretation of these data continued to preserve a reductionist and linear stance in sports. Objective monitoring is usually fragmented in scale of observations to permit the quantitative precision of isolated metrics (MONTULL; SLAPŠINSKAITĖ-DACEVIČIENĖ; KIELY; HRISTOVSKI *et al.*, 2022). In fact, more and more real-time information is available, but its linear and deterministic analysis, far from the way it happens in the real context of competition, do not allow to combine all of the

information in translational, plausible and useful insights for coaches and stakeholders.

More recently, researchers have been applying complex systems approaches to gather all the possible information derived from real-time monitoring envisions to understand athletes and competition loads as systems composed and organized by multiple components (XIE, 2022). Understanding the competition, and consequently match and athletes loads as a phenomenon with characteristics of a complex adaptive system (CAS) implies understand it as system with a large number of variables from different natures, at different scale levels, with flexible parts that are synergically and cooperatively connected to produce a wide range of outcomes, that cannot be explained from a predetermined linear view, or a unique mechanism. In sports sciences, the use of CAS' approaches, together with the development of adequate technology, gained new insights into the interrelationships between groups of variables (MONTULL; SLAPŠINSKAITĖ-DACEVIČIENĖ; KIELY; HRISTOVSKI *et al.*, 2022) that could enable in the future a more effective, integrative and realistic understanding of athlete' behaviours.

In fact, internal and external load parameters vary substantially among individuals. Moreover, as a key, but under-researched aspect of athletes' performance, and consequently team results, is the knowledge on how load parameters self-organize among loser and winner teams. The Dynamic Systems principle of self-organization represents a fundamental reallocation of energy and action within a system to achieve a larger goal (COMFORT, 1994b) and recognizes the existence of a system's capacity for adaptation to environmental conditions, through the influence that some units exert over other units in the system (COMFORT, 1994a). Considering that load parameters may differ across matches, competition season, environmental conditions, understand how load parameters self-organize is a needed first step for successful results in beach handball. Thus, this study aimed to use a self-organization mapping of internal and external load parameters to differentiate the winner teams in beach handball matches. Statistically providing arguments that a network of interconnected internal and external load components may differ between winner and loser teams may subsidize the understand of the match demands, based on variables that comprise athletes' performance during the beach handball competition.

2. Methods

2.1 Experimental Approach to the Problem

This exploratory study used internal and external loads data from 124 senior players (more than 21 years-old; 71 males; 19 world champions), assessed along 21 matches, in the 13rd Taça KIKA Beach Handball Tournament, held in João Pessoa/Brazil, in January/2019, for 4 days. Matches happened at the beach court from 08:00 a.m. to 18:00 p.m., according to matches schedule. Trained assessors, under the supervision of the senior researchers, conducted the study's protocol.

The Helsinki Declarations' ethical aspects were followed (WMA, 2013), and the evaluation methods and procedures were approved by an local Ethics Board. All the players were informed of the experimental risks and signed an informed consent document prior to the investigation.

2.2 Participants

A total of 124 players (71 males) participated in the study. The participants were beach handball athletes for at least 10 years and were involved in specific beach handball training at least three times per week (on average 90 minutes per session), and 1-2 physical/strength session(s) per week involving plyometrics, injury prevention and power training. From the 124 senior players, 19 (12 female) were world champion.

2.3 Setting and protocol

Information about environmental conditions were registered during the 4-day tournament, according to the Weather Forecasting and Climate Studies Center, from the Brazilian Government. Temperature ranged between 27.8 and 30.4 °C, the air humidity between 64 and 69% and the wind velocity between 2.57 and 3.08 m/s.

The athletes were equipped with an inertial measurement unit (IMU) system, integrating 4 accelerometers, 2 gyroscopes, 1 magnetometer and a chip with GPS, from an ultra-wideband system (WIMUPRO™, RealTrack Systems, Almeria, Spain), to assess external load parameters through real time movement analysis. This equipment successfully quantifies accelerations and decelerations in all three orthogonal axes with acceptable validity (MÜLLER; WILLBERG; REICHERT;

ZENTGRAF, 2022) and allows evaluating important variables for determining the external load during the matches.

The athletes were equipped with the IMU 15 minutes before the warm-up, using a vest at the height of the 2nd and 4th thoracic vertebrae (SVILAR; CASTELLANO; JUKIC, 2019), and asked to use it throughout the match. The WIMUs were calibrated following previously published study criteria (BASTIDA CASTILLO; GÓMEZ CARMONA; DE LA CRUZ SÁNCHEZ; PINO ORTEGA, 2018). All data was measured using a sampling frequency of 18Hz for positioning and 100Hz for accelerometry-based variables. The accuracy and reliability of the system has been previously reported under different conditions (BASTIDA CASTILLO; GÓMEZ CARMONA; DE LA CRUZ SÁNCHEZ; PINO ORTEGA, 2018).

All matches were held at the same venue. A six-antenna system configuration was used to cover two side blocks. The antennas were located 3.5 m from the ground and fixed at 4.5-5.5 m from the perimeter of the court, in order to create a hexagon for better signal emission and reception (GÓMEZ-CARMONA; ROJAS-VALVERDE; RICO-GONZÁLEZ; DE OLIVEIRA *et al.*, 2022) (Figure 1).

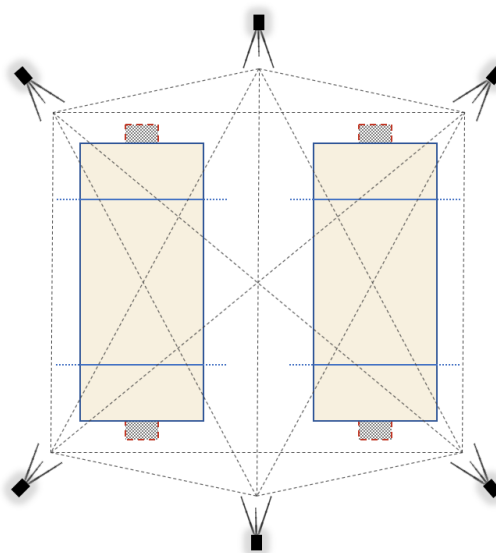


Figure 1. Ultra-wideband configuration in the two-court beach handball scenario used during the tournament

The data obtained in the matches were downloaded and exported immediately after the end of each match, using specific software (SPRO, RealTrack Systems, Almeria, Spain). All pauses were considered in the analysis (i.e. ball out, fouls, free

throws), in order to explore the natural behavior of the match in an ecological way, as adopted in previous studies carried out in team sports games (PINO-ORTEGA; ROJAS-VALVERDE; GÓMEZ-CARMONA; BASTIDA-CASTILLO *et al.*, 2019). Considering the particularities of beach handball substitution, the software was programmed to automatically identify who was playing and which players remained on the bench, as the software allows predefining the delimitation of court lines and identifying who is playing and who is resting off the court.

2.4 Variables

The IMU provided approximately 30 different external load parameters, relativized per minute. Due to the particularities in substitution and changes in the position between players during the game, only relative variables expressed relative to time (e.g., relative distance, accelerations per min) and maximum values of a variable were included in the study. Moreover, all these were tested and those that present extremely high multicollinearity ($r > .95$) were automatically excluded from the analysis. For this study, the following parameters derived from the IMU were considered:

- a) total distance;
- b) explosive distance;
- c) high intensity braking distance (HIBD);
- d) relative high speed running (HSR-rel);
- e) acceleration; (accel)
- f) deceleration (decel);
- g) maximal acceleration (Max-acc)
- h) maximal deceleration (Max-dec);
- i) distance in acceleration (dist-accel);
- j) distance in deceleration (dist-decel)
- k) speed;
- l) maximal speed achieved (max speed);
- m) number of impacts per minute. This variable was categorized in 3 groups (3-to-5, 5-to-8, and >8).

Internal load was assessed using a heart rate (HR) monitor (Garmin Ltd., Olathe, Kansas, United States). The device was programmed to send data through Ant+ technology, with a frequency of 4 Hz, to the WIMU PROTM system, allowing to monitor

the HRmax achieved, the average HR, the percentage of the average HR relative to the maximum and the percentage of time in each HR zone, for each of the matches played (MOLINA-CARMONA; GÓMEZ-CARMONA; BASTIDA-CASTILLO; PINO-ORTEGA, 2018). For analysis, average HR during matches was considered.

2.5 Analytic procedures

Descriptive procedures were performed for all variables and values were reported as mean and standard deviation (SD). Independent t-test was used to compare load parameters among loser and winners, for both male and female athletes in SPSS Software – version 25.0 (Macintosh), assuming a level of significance of 95% ($p < .05$).

The Exploratory Graph Analysis (EGA) (GOLINO; EPSKAMP, 2017) was used to present a new theoretical perspective to differentiate winner and loser beach handball teams. The analysis consists is a network psychometric approach, based on Complexity Theory. It applies a Gaussian graphical model, centered on estimations using the Graphical Least Absolute Shrinkage and Selection Operator (GLASSO) (FRIEDMAN; HASTIE; TIBSHIRANI, 2008), followed by cluster detection, to estimate the number of dimensions, and which items belong to each dimension. Thus, a network's section in which several nodes (variables) are connected with each other by edges is known as a *cluster* (GOLINO; EPSKAMP, 2017). Athletes' performance during the match is seen as a product of a network, in which the observed variables do not measure the construct but are part of it. Studying the construct means looking at the function of observable variables in the network. Thus, the statistical procedure was based on four steps:

- 1) EGA - to explore potential evidence network of interconnected constructs. A network estimation method was applied, followed by the Walktrap algorithm, for community detection in weighted networks (FORTUNATO, 2010). Then, the graphical least absolute shrinkage and selection operator (GLASSO) (FRIEDMAN; HASTIE; TIBSHIRANI, 2008; FRIEDMAN; HASTIE; TIBSHIRANI, 2014) was used to estimate the Gaussian graphical model (GGM) (LAURITZEN, 1996). The least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) (TIBSHIRANI, 1996) of the GLASSO was used. The

extend Baeyesian information criterion (EBIC) model selection (CHEN; CHEN, 2008), using a gamma (γ) hyperparameter was used, and adopting $\gamma = 0.5$;

- 2) Community Detection Algorithm - by computing the Walktrap algorithm (PONS; LATAPY, 2006), to detect communities in networks (GOLINO; CHRISTENSEN; MOULDER, 2020; GOLINO; EPSKAMP, 2017), was used;
- 3) Network Loadings - by dividing the "strength" of a node between the dimensions found in the EGA, obtained from a factor model (Christensen and Golino (2020);
- 4) Bootstrap Exploratory Graph Analysis (bootEGA) - to estimate and evaluate the dimensional structure of a model, when using the EGA (CHRISTENSEN; GARRIDO; GOLINO, 2020). The bootEGA generates x number of bootstrap samples, resulting in a sampling distribution of the EGA results. In the present study, a non-parametric procedure (resampling) was used. The EGA was applied to the replicated data continuing iteratively, until the desired number of samples was completed (1000 interactions).

To verify the fit of the models, the entropy fit index (TEFI) was used. This analysis provides adjustment estimates without a confirmatory model, being suitable for exploratory situations. The EGAnet package (version 0.9.9;) was used to estimate the EGA and BootEGA. The results were visualized using the GGally packages (version 2.1.2;) and ggplot2 (version 3.3.5;) in RStudio.

In network analysis, *entropy* represents a measure of unpredictability of information content, and can be used to distinguish between different structures (YE; WILSON; HANCOCK, 2018). It is a disorder measure that describes the level of randomness and the amount of information encoded in a graph (ANAND; KRIOUKOV; BIANCONI, 2014), and can also be used to quantify network complexity (FREITAS; AQUINO; RAMOS; FRERY *et al.*, 2019). The von Neumann entropy was used to calculate approximations for a graph, which is based on the degree statistics of vertices connected by edges (HAN; ESCOLANO; HANCOCK; WILSON, 2012), using the *EGAnet* package. The von Neumann entropy increases under edge addition, increases with the regularity properties of the network, and with the number of its connected components (PASSERINI; SEVERINI, 2009). Data code script is available in supplementary file S1.

3. Results

A total of 124 players, being 71 male (23.7±6.2 years-old) and 53 female (25.3±5.8) participated in the study. Descriptive data of load parameters, according to matches results are presented in Table 1. For male teams, significant differences were seen between loser and winners for distance of deceleration, while for females, differences were seen for impact (5-8min) and player load.

Table 1. Descriptive data of load parameters, according to matches results

Variable	Sex	Loser (N=175)	Winner (N=220)	p
		Mean ± SD	Mean ± SD	
HR (bpm)	Male	160.37±21.77	154.33±22.31	.456
	Female	166.63±18.93	167.93±17.95	.103
Distance (m)	Male	303.31±167.95	276.29±157.67	.443
	Female	264.55±154.69	277.92±152.78	.936
Explosive distance (m/s)	Male	9.25±5.29	8.98±4.53	.224
	Female	8.24±4.69	9.12±4.19	.963
HIBD (m/min)	Male	0.74±0.61	0.47±0.59	.575
	Female	0.51±0.43	0.55±0.40	.581
HSR-rel (m/min)	Male	3.20±4.22	3.44±3.90	.483
	Female	3.43±4.12	3.26±4.19	.816
Accel (min)	Male	37.43±4.81	36.55±4.96	.710
	Female	35.24±4.62	33.83±4.74	.887
Decel (min)	Male	37.02±5.46	36.02±5.54	.536
	Female	34.82±5.12	33.45±5.44	.621
Max-accel (m/s ²)	Male	3.39±1.04	3.34±0.98	.684
	Female	2.98±0.84	3.07±.074	.423
Max-decel (m/s ²)	Male	-3.80±1.32	-3.81±1.26	.594
	Female	-3.48±1.17	-3.61±1.13	.410
Dist-accel (m)	Male	16.22±15.81	14.31±14.41	.168
	Female	6.39±8.48	6.10±8.82	.727
Dist-decel(m)	Male	5.51±5.92	4.35±4.71	.004*
	Female	2.96±4.02	2.76±3.24	.195
Speed (Km/h)	Male	4.10±0.93	4.07±0.90	.936
	Female	4.07±0.80	4.14±0.74	.911
Max speed (km/h)	Male	14.61±4.17	14.57±3.90	.624
	Female	13.22±3.19	13.69±2.95	.495
Impacts 3-5 (min)	Male	7.92± 6.25	8.62±6.40	.994
	Female	4.41±3.15	5.53±3.95	.057
	Male	1.79±1.76	2.08±2.51	.339

Impacts 5-8 (min)	Female	0.84±.088	1.17±1.28	.008*
Impacts >8 (min)	Male	0.52±0.73	0.63±0.97	.259
	Female	0.23±0.44	0.28±0.53	.353
Steps (min)	Male	42.30±23.06	44.12±21.99	.824
	Female	42.26±18.50	48.57±22.12	.058
Player load (min)	Male	1.35±3.67	1.27±3.31	.531
	Female	1.13±2.88	2.05±5.82	<.001**

Results are expressed as mean ± SD; Independent student t-test.

*p<0.05; **p<0.01

When performing BootEGA, four distinct emergent patterns were estimated using 18 internal or external load parameters for groups A (loser males), B (winner males), and C (loser females), while for group D (winner females), a three-dimension solution represented the most frequency dimensional structures in the bootstrap analysis (38.3%). The TEFI value for the models indicated a good fit for the four models.

The lowest entropy values were seen for winner groups (-17.14 and -18.68 for males and females, respectively), suggest greater self-organization dimension.

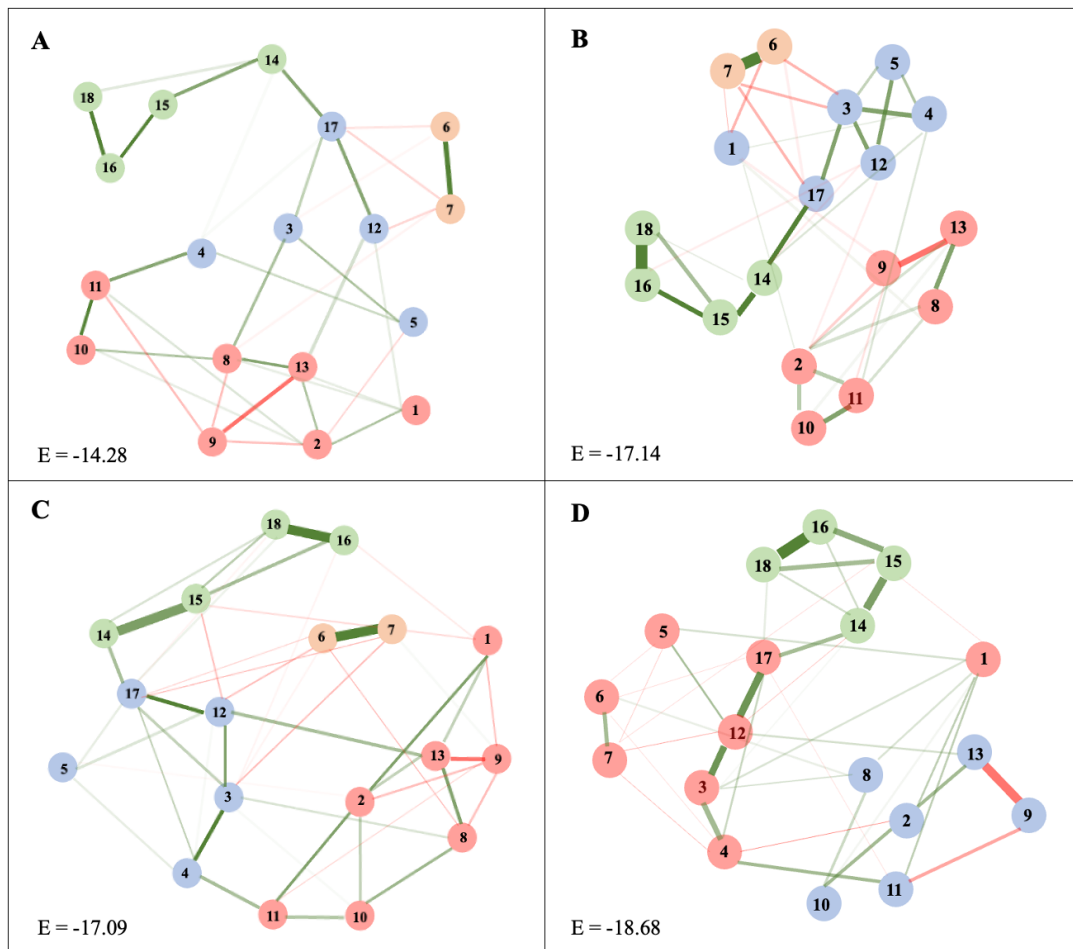


Figure 2: Dimensionality structure of internal and external parameters using Exploratory Graph Analysis; Dimensions are represented by colors. **Panel A: male losers; Panel B: male winners; Panel C: female losers; Panel D: female winners.** 1: HR (bpm); 2: Distance (m); 3: Explosive distance (m/s); 4: HIBD (m/min); 5: HSR-rel (m/min); 6: Accel (min); 7: Decel (min); 8: Max-accel (m/s²); 9: Max-decel (m/s²); 10: Dist-accel (m); 11: Dist- decel(m); 12: Speed (Km/h); 13: Max speed (km/h); 14: Impacts 3-5 (min); 15: Impacts 5-8 (min); 16: Impacts >8 (min); 17: Steps (min); 18: Player load (min). E: von Neuman Entropy.

4. Discussion

This study used non-linear analytical approaches to identify the internal and external load parameters that differentiate the winner teams in beach handball matches. To the best of our knowledge, this is the first study to statistically highlight the interconnected networks of internal and external parameters that could differentiate winner and loser teams in male and female beach handball matches. Our main results showed that: 1) mean values of internal and external parameters are quite similar between loser and winners, exceptions are distance of deceleration for males, and for females impact 5-8min and player load; 2) a four-dimension structure composing all

the 18 internal and external loads parameters was highlighted for males (winner and loser), and loser females, but winners' emergent patterns suggest greater self-organized networks.

The discrete significant differences seen between loser and winner teams are important findings to highlight, as in the current study, several load parameters are quite similar between the two groups for both male and females. In fact, the ability to decelerate quickly is an important skill, attributed to the fact that running speed zones do not consider the effort made when changing to another speed (CLARKE; READ; DE STE CROIX; HUGHES, 2020). The ability to decelerate allows athletes to link other beach handball technical skills, such as changes of direction, feints, jumps. The importance of accelerations and decelerations is attributed to the fact that running speed zones do not consider the effort made when changing to another speed. In fact, considering the high energetic demand of accelerating (OSGNACH; POSER; BERNARDINI; RINALDO *et al.*, 2010), combined with the disruptive effects on tissue from decelerating (HEWIT; CRONIN; BUTTON; HUME, 2011), it is no surprise that these qualities are likely different between loser and winner teams. Thus, it is somehow expected that positively significant results are observed in winner team, though the importance of this metric is perhaps most critical in sports which contain high-intensity collisions, such as beach handball, rugby or American football. Moreover, player load reflects the summatory of acceleration forces in the three axis of the accelerometer. It is an arbitrary measure of the total external mechanical stress (WEAVING; MARSHALL; EARLE; NEVILL *et al.*, 2014). In males, physical condition is more similar, which justifies the absence of significant differences. However, in women, as seen in other sports (LIDOR; ZIV, 2010; SEDANO; VAEYENS; PHILIPPAERTS; REDONDO *et al.*, 2009; ZIV; LIDOR, 2009), there is greater variability in physical capacity parameters, which is reflected in a greater player load. It is also important to consider that the formula for calculating the player load value appears only to be the sum of all accelerometer forces. Therefore, it may not include any of the rotational forces that would most definitely occur during a female match. The issue with this is that it does not appear to include any of the gyroscope data from a beach handball specific throwing skill (i.e. spin throw), that is more frequent in female matches (DOL; ONETTO; CARBONELL; GONZÁLEZ-RAMÍREZ, 2020). Nonetheless, the consequence of the spin throwing, which is the impact, is seen in winner female teams, when compared to loser teams.

This study also brings attention to other parameters, besides workload, that could be even more important to differentiate loser and winner teams, such as decision making, motivation, and tactical aspects, for example (CANOSSA; ABRALDES; ESTRIGA; FERNANDES *et al.*, 2020; FISHER; WAKEFIELD, 1998; LAGO-PEÑAS; LAGO-BALLESTEROS; DELLAL; GÓMEZ, 2010). So, it is critical to highlight that existing studies in beach handball using IMU used classical linear analysis seeking to understand load parameters during matches (MÜLLER; WILLBERG; REICHERT; ZENTGRAF, 2022; PUEO; JIMENEZ-OLMEDO; PENICHET-TOMAS; ORTEGA BECERRA *et al.*, 2017). The network analysis approach used in the current study advances the field and extends our understanding of the topic in a complementary way to linear analysis. The present study consequently enables a comprehension of the intrinsic correlations between internal and external load parameters across loser and winner teams and determines how different load parameters self-organize, which has not been seen in the literature to date. Such analysis forms a more robust foundation on which coaches and researchers can base efforts to improve training processes. In this sense, although our results have shown a similar four-dimension structure for males (winner and loser), and loser females, and a three-dimension solution for winner females, our results also highlighted distinct emergent patterns of load parameters' self-organization. Indeed, self-organization is an essential step towards understanding the possibilities of evolution for more effective training processes, through connections between the involved parameters. Furthermore, although different emergent patterns can be seen in the current study, these patterns are dependent on its degree of order (EBELING; FEISTEL, 1992). For instance, increments in a system's complexity results from its ability to self-organize towards a state of higher complexity, such as the ability to positively interconnect all the load parameters. Our results clearly highlighted that although subtle mean values differences are seen between loser and winners, winners' emergent patterns have the ability to better self-organize.

By employing network analysis, this study presents a robust analysis of how internal and external loads differ across loser and winner teams. Nonetheless, several limitations should be noted. Although our study had used different load parameters, other important variables could be further explored in future studies. Moreover, possible biases credited to environmental factors, such as matches schedules during high heat temperature, that could randomly prejudice a certain team should not be disregarded; and even considering that the current study pooled available data from

21 matches, differences in the sample size of each team, that possibility more substitutions along the tournament were not controlled.

5. Conclusion

This study highlighted that even with similar internal and external load values, there is a greater self-organization of load parameters in the emerging patterns of the winning teams. To further advance our understanding on parameters that differentiate loser and winner teams in beach handball, there is a need for further investigation on cognitive, emotional and environmental parameters across different age ranges.

6. References

- Anand, K., Krioukov, D., & Bianconi, G. (2014). Entropy distribution and condensation in random networks with a given degree distribution. *Physical Review E*, 89(6), 062807.
- Aughey, R. J., & Falloon, C. (2010). Real-time versus post-game GPS data in team sports. *Journal of science and medicine in sport*, 13(3), 348-349.
- Bastida Castillo, A., Gómez Carmona, C. D., De la cruz sánchez, E., & Pino Ortega, J. (2018, 2018/04/21). Accuracy, intra- and inter-unit reliability, and comparison between GPS and UWB-based position-tracking systems used for time-motion analyses in soccer. *European Journal of Sport Science*, 18(4), 450-457. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1427796>
- Campos-Vazquez, M. A., Mendez-Villanueva, A., Gonzalez-Jurado, J. A., León-Prados, J. A., Santalla, A., & Suarez-Arrones, L. (2015, Jul). Relationships between rating-of-perceived-exertion- and heart-rate-derived internal training load in professional soccer players: a comparison of on-field integrated training sessions. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(5), 587-592. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2014-0294>
- Canossa, S., Abraldes, J. A., Estriga, L., Fernandes, R. J., & Garganta, J. (2020). Water polo shooting performance: Differences between world championship winning, drawing and losing teams. *J Hum Kinet*, 72, 203.
- Castellano, J., & Casamichana, D. (2010). Heart Rate and Motion Analysis by GPS in Beach Soccer. *J Sports Sci Med*, 9(1), 98-103.
- Chen, J., & Chen, Z. (2008). Extended Bayesian information criteria for model selection with large model spaces. *Biometrika*, 95(3), 759-771. <https://doi.org/10.1093/biomet/asn034>
- Christensen, A., Garrido, L., & Golino, H. (2020). Comparing community detection algorithms in psychological data: A Monte Carlo simulation.

- Clarke, R., Read, P. J., De Ste Croix, M. B. A., & Hughes, J. D. (2020). The Deceleration Deficit: A Novel Field-Based Method to Quantify Deceleration During Change of Direction Performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003856>
- Comfort, L. K. (1994a). Initiating change: A dialogue between theory and practice. *Journal of Public Administration Research and Theory: J-PART*, 4(3), 323-325.
- Comfort, L. K. (1994b). Self-organization in complex systems. *Journal of Public Administration Research and Theory: J-PART*, 4(3), 393-410.
- Dol, G., Onetto, V., Carbonell, V., & González-Ramírez, A. (2020). Analysis of throwing performance in elite women's beach handball. *Apunts*, 141, 49-54.
- Ebeling, W., & Feistel, R. (1992). Theory of selforganization and evolution: The role off entropy, value and information1. *J Non-Equilib Thermodyn*, 17(4), 303-332.
- Fisher, R. J., & Wakefield, K. (1998). Factors leading to group identification: A field study of winners and losers. *Psychology & Marketing*, 15(1), 23-40.
- Fortunato, S. (2010). Community detection in graphs. *Physics reports*, 486(3-5), 75-174.
- Freitas, C. G., Aquino, A. L., Ramos, H. S., Frery, A. C., & Rosso, O. A. (2019). A detailed characterization of complex networks using Information Theory. *Scientific reports*, 9(1), 1-12.
- Friedman, J., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2008, Jul). Sparse inverse covariance estimation with the graphical lasso. *Biostatistics*, 9(3), 432-441. <https://doi.org/10.1093/biostatistics/kxm045>
- Friedman, J., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2014). glasso: Graphical lasso-estimation of Gaussian graphical models. *R package version*, 1(8).
- Golino, H., Christensen, A., & Moulder, R. (2020). EGAnet: Exploratory Graph Analysis: A framework for estimating the number of dimensions in multivariate data using network psychometrics. *R package version 0.9*, 2.
- Golino, H. F., & Epskamp, S. (2017). Exploratory graph analysis: A new approach for estimating the number of dimensions in psychological research. *PLoS One*, 12(6), e0174035. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174035>
- Han, L., Escolano, F., Hancock, E. R., & Wilson, R. C. (2012). Graph characterizations from von Neumann entropy. *Pattern Recognition Letters*, 33(15), 1958-1967.
- Hewit, J., Cronin, J., Button, C., & Hume, P. (2011). Understanding Deceleration in Sport. *Strength & Conditioning Journal*, 33(1). https://journals.lww.com/nsca-scj/Fulltext/2011/02000/Understanding_Deceleration_in_Sport.7.aspx
- Lago-Peñas, C., Lago-Ballesteros, J., Dellal, A., & Gómez, M. (2010). Game-Related Statistics that Discriminated Winning, Drawing and Losing Teams from the Spanish Soccer League. *J Sports Sci Med*, 9(2), 288-293.
- Lauritzen, S. L. (1996). Oxford Statistical Science Series. *Graphical models*, 17.

- Lidor, R., & Ziv, G. (2010, Jul). Physical and physiological attributes of female volleyball players--a review. *J Strength Cond Res*, 24(7), 1963-1973. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ddf835>
- Molina-Carmona, I., Gómez-Carmona, C., Bastida-Castillo, A., & Pino-Ortega, J. (2018). Validez del dispositivo inercial WIMU PRO para el registro de la frecuencia cardiaca en un test de campo. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 7(1), 81-86.
- Montull, L., Slapšinskaitė-Dackevičienė, A., Kiely, J., Hristovski, R., & Balagué, N. (2022). Integrative proposals of sports monitoring: Subjective outperforms objective monitoring. *Sports Medicine-Open*, 8(1), 1-10.
- Müller, C., Willberg, C., Reichert, L., & Zentgraf, K. (2022). External Load Analysis in Beach Handball Using a Local Positioning System and Inertial Measurement Units. *Sensors*, 22(8), 3011.
- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., & di Prampero, P. E. (2010, Jan). Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Med Sci Sports Exerc*, 42(1), 170-178. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ae5cfd>
- Passerini, F., & Severini, S. (2009). Quantifying complexity in networks: the von Neumann entropy. *International Journal of Agent Technologies and Systems (IJATS)*, 1(4), 58-67.
- Pino-Ortega, J., Rojas-Valverde, D., Gómez-Carmona, C. D., Bastida-Castillo, A., Hernández-Belmonte, A., García-Rubio, J., Nakamura, F. Y., & Ibáñez, S. J. (2019). Impact of Contextual Factors on External Load During a Congested-Fixture Tournament in Elite U'18 Basketball Players. *Front Psychol*, 10, 1100. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01100>
- Pons, P., & Latapy, M. (2006). Computing communities in large networks using random walks. *J. Graph Algorithms Appl*,
- Pueo, B., Jimenez-Olmedo, J. M., Penichet-Tomas, A., Ortega Becerra, M., & Espina Agullo, J. J. (2017, Dec). Analysis of Time-Motion and Heart Rate in Elite Male and Female Beach Handball. *J Sports Sci Med*, 16(4), 450-458. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29238243>
- Sedano, S., Vaeyens, R., Philippaerts, R. M., Redondo, J. C., & Cuadrado, G. (2009, Dec). Anthropometric and anaerobic fitness profile of elite and non-elite female soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 49(4), 387-394.
- Svilar, L., Castellano, J., & Jukic, I. (2019, Jul). Comparison of 5vs5 Training Games and Match-Play Using Microsensor Technology in Elite Basketball. *J Strength Cond Res*, 33(7), 1897-1903. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002826>
- Tibshirani, R. (1996). Regression Shrinkage and Selection Via the Lasso. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 58(1), 267-288. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1996.tb02080.x>
- Weaving, D., Marshall, P., Earle, K., Nevill, A., & Abt, G. (2014, Nov). Combining internal- and external-training-load measures in professional rugby league. *Int*

- J Sports Physiol Perform*, 9(6), 905-912. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2013-0444>
- WMA. (2013, Nov 27). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *Jama*, 310(20), 2191-2194. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Xie, X. (2022). Real-Time Monitoring Of Big Data Sports Teaching Data Based On Complex Embedded System. *Microprocessors and Microsystems*, 104181.
- Ye, C., Wilson, R. C., & Hancock, E. R. (2018). Network analysis using entropy component analysis. *Journal of Complex Networks*, 6(3), 404-429.
- Zapardiel, J. C., & Asín-Izquierdo, I. (2020). Conditional analysis of elite beach handball according to specific playing position through assessment with GPS. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20(1), 118-132.
- Ziv, G., & Lidor, R. (2009). Physical attributes, physiological characteristics, on-court performances and nutritional strategies of female and male basketball players. *Sports Med*, 39(7), 547-568. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939070-00003>

5. Considerações Finais

5. Considerações finais

A presente tese teve como objetivo diferenciar parâmetros físicos, antropométricos, morfológicos, fisiológicos e técnicos de atletas de handebol de praia de distintas categorias, níveis de performance e resultados esportivos. Para tanto, foram realizados quatro estudos. O primeiro estudo objetivou comparar e correlacionar variáveis antropométricas e de aptidão física de atletas de handebol de praia de elite de diferentes categorias. Observou-se que atletas do sexo masculino e mais velhos tiveram melhor desempenho do que as mulheres em todos os testes de condicionamento físico. O estudo, pela primeira vez, comparou a aptidão física entre atletas masculinos de elite de handebol de praia de diferentes idades e entre sexos.

A partir deste primeiro resultado, avançou-se para a comparação de variáveis antropométricas, morfológicas, de aptidão física e de habilidades esportivas específicas do handebol de praia entre jogadores de elite (atletas campeões mundiais) e jogadores de sub-elite (atletas de clubes amadores). Os resultados indicaram que os fatores que diferenciam atletas de elite e sub-elite no handebol de praia são o salto horizontal e a habilidade técnica por meio do desempenho de habilidades específicas de arremesso, em vez de variáveis antropométricas ou quaisquer outras variáveis físicas, independentemente do sexo.

Em seguida, com especial atenção ao desenvolvimento esportivo, realizou-se um estudo para identificar as variáveis físicas, antropométricas e morfológicas mais importantes para diferenciar atletas juvenis de handebol de praia selecionados para a seleção nacional, utilizando duas abordagens analíticas distintas. Este estudo destacou a massa isenta de gordura e a velocidade da bola para os jogadores do sexo masculino, e o diâmetro palmar e a altura do salto para os jogadores do sexo feminino, como determinantes lineares para serem selecionados. A abordagem não linear mostrou que selecionar jogadores para alcançar um nível de elite implica necessariamente desenvolver mais do que o desempenho antropométrico, morfológico ou físico, refletindo a natureza multidimensional dos preditores de talento no handebol de praia.

Por fim, foi realizado o último estudo da tese, no sentido de analisar as interrelações entre parâmetros de carga interna e externa que diferenciam as equipes vencedoras no jogo de handebol de praia. Os resultados indicaram que mesmo com valores de carga interna e externa semelhantes, há uma maior auto-organização de parâmetros de carga nos padrões emergentes das equipes vencedoras.

Em suma, esta tese identificou diferenças em relação a variáveis físicas, antropométricas, morfológicas e técnicas de atletas de handebol de praia de distintas categorias etárias, sexo e níveis de desempenho esportivo, destacando aspectos relevantes que precisam ser desenvolvidas ao longo dos anos de preparação de jogadores de handebol de praia. No entanto, ao utilizar uma abordagem analítica não-linear, essas variáveis não são capazes de diferenciar atletas jovens selecionados para a seleção nacional, ou mesmo diferenciar equipes que ganham e perdem.

Embora o trabalho apresentado aponte evidências científicas que avançam no maior conhecimento acerca desse recente esporte, estudos futuros devem focar: 1) na avaliação de outros correlatos importantes da performance esportiva, como variáveis cognitivas e sociais; 2) no entendimento de determinantes ambientais e culturais da performance e do resultado esportivo; 3) na utilização de medidas não-lineares para compreender a dinâmica do esporte.

Em nível científico, esta avança com o escasso conhecimento existente sobre o handebol de praia, introduzindo concepções não-lineares e sistêmicas para entender fenômenos prioritariamente estudados a partir de abordagens reducionistas, que podem ser aplicados não só neste esporte específico. Do ponto de vista educacional e social, os dados oriundos desta tese podem se constituir ponto de partida para treinadores, preparadores físicos, atletas de handebol de praia e partes interessadas para um melhor entendimento sobre o esporte. Considerando que o handebol de praia é candidato a esporte olímpico e que a Paraíba é um importante centro de referência nacional, o maior conhecimento sobre a modalidade pode expandir a sua disseminação não só no Estado, mas no país. Pode ainda potencializar o desempenho de treinadores em um esporte cujos resultados brasileiros são reconhecidamente valorizados em nível internacional, mas que carece de investimentos nacionais. Do ponto de vista pessoal e profissional, a construção desta tese me permitiu estar envolvido com atletas e treinadores reconhecidos nacionalmente, desmembrando em um convite para ser preparador físico da seleção brasileira feminina de handebol de praia, função que desempenho neste momento.

6. REFERÊNCIAS

- ACHENBACH, L.; LOOSE, O.; LAVER, L.; ZEMAN, F. *et al.* Beach handball is safer than indoor team handball: injury rates during the 2017 European Beach Handball Championships. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc**, 26, n. 7, p. 1909-1915, Jul 2018.
- ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A. E. Heart rate monitoring. **Sports medicine**, 33, n. 7, p. 517-538, 2003.
- ANAND, K.; KRIOUKOV, D.; BIANCONI, G. Entropy distribution and condensation in random networks with a given degree distribution. **Physical Review E**, 89, n. 6, p. 062807, 2014.
- ASSOCIATION, W. M. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. **Jama**, 310, n. 20, p. 2191, 2013.
- ÅSTRAND, P.-O.; RODAHL, K.; DAHL, H. A.; STRØMME, S. B. **Textbook of work physiology: physiological bases of exercise**. Human Kinetics, 2003. 0736001409.
- AUGHEY, R. J. Applications of GPS technologies to field sports. **Int J Sports Physiol Perform**, 6, n. 3, p. 295-310, Sep 2011.
- AUGHEY, R. J.; FALLOON, C. Real-time versus post-game GPS data in team sports. **Journal of science and medicine in sport**, 13, n. 3, p. 348-349, 2010.
- AYARRA, R.; NAKAMURA, F. Y.; ITURRICASTILLO, A.; CASTILLO, D. *et al.* Differences in Physical Performance According to the Competitive Level in Futsal Players. **J Hum Kinet**, 64, p. 275-285, Sep 2018.
- BAKER, J.; COBLEY, S.; SCHORER, J.; WATTIE, N. **Routledge handbook of talent identification and development in sport**. Taylor & Francis, 2017. 1317359844.
- BAKER, J.; JOHNSTON, K.; WATTIE, N. Survival Versus Attraction Advantages and Talent Selection in Sport. **Sports Medicine-Open**, 8, n. 1, p. 1-4, 2022a.
- BAKER, J.; JOHNSTON, K.; WATTIE, N. Survival Versus Attraction Advantages and Talent Selection in Sport. **Sports Medicine - Open**, 8, n. 1, p. 17, 2022/01/29 2022b.
- BAKER, J.; SCHORER, J.; WATTIE, N. Compromising talent: Issues in identifying and selecting talent in sport. **Quest**, 70, n. 1, p. 48-63, 2018.
- BAKER, J.; WATTIE, N. Innate talent in sport: Separating myth from reality. **Current Issues in Sport Science (CISS)**, 2018.
- BALAGUÉ, N.; HRISTOVSKI, R.; ALMARCHA, M.; GARCIA-RETORTILLO, S. *et al.* Network Physiology of Exercise: Beyond Molecular and Omics Perspectives. **Sports Medicine - Open**, 8, n. 1, p. 119, 2022/09/23 2022.
- BARBIERI, D.; ZACCAGNI, L.; BABIC, V.; RAKOVAC, M. *et al.* Body composition and size in sprint athletes. **J Sports Med Phys Fitness**, 57, n. 9, p. 1142-1146, Sep 2017.

BASTIDA CASTILLO, A.; GÓMEZ CARMONA, C. D.; DE LA CRUZ SÁNCHEZ, E.; PINO ORTEGA, J. Accuracy, intra- and inter-unit reliability, and comparison between GPS and UWB-based position-tracking systems used for time–motion analyses in soccer. **European Journal of Sport Science**, 18, n. 4, p. 450-457, 2018/04/21 2018.

BASTIDA-CASTILLO, A.; GÓMEZ-CARMONA, C. D.; DE LA CRUZ SÁNCHEZ, E.; PINO-ORTEGA, J. Comparing accuracy between global positioning systems and ultra-wideband-based position tracking systems used for tactical analyses in soccer. **Eur J Sport Sci**, 19, n. 9, p. 1157-1165, Oct 2019.

BĚLKA, J.; HŮLKA, K.; ŠAFÁŘ, M.; WEISSER, R. *et al.* Beach handball and beach volleyball as means leading to increasing physical activity of recreational sportspeople—Pilot study. **Journal of Sports Science**, 3, n. 4, p. 165-170, 2015.

BINNIE, M. J.; DAWSON, B.; PINNINGTON, H.; LANDERS, G. *et al.* Sand training: a review of current research and practical applications. **J Sports Sci**, 32, n. 1, p. 8-15, 2014.

BINNIE, M. J.; PEELING, P.; PINNINGTON, H.; LANDERS, G. *et al.* Effect of surface-specific training on 20-m sprint performance on sand and grass surfaces. **J Strength Cond Res**, 27, n. 12, p. 3515-3520, Dec 2013.

BROWN, H.; DAWSON, B.; BINNIE, M. J.; PINNINGTON, H. *et al.* Sand training: Exercise-induced muscle damage and inflammatory responses to matched-intensity exercise. **Eur J Sport Sci**, 17, n. 6, p. 741-747, Jul 2017.

BUCHHEIT, M.; SAMOZINO, P.; GLYNN, J. A.; MICHAEL, B. S. *et al.* Mechanical determinants of acceleration and maximal sprinting speed in highly trained young soccer players. **J Sports Sci**, 32, n. 20, p. 1906-1913, Dec 2014.

BUTTS, C. T. Revisiting the foundations of network analysis. **science**, 325, n. 5939, p. 414-416, 2009.

CAMPOS-VAZQUEZ, M. A.; MENDEZ-VILLANUEVA, A.; GONZALEZ-JURADO, J. A.; LEÓN-PRADOS, J. A. *et al.* Relationships between rating-of-perceived-exertion- and heart-rate-derived internal training load in professional soccer players: a comparison of on-field integrated training sessions. **Int J Sports Physiol Perform**, 10, n. 5, p. 587-592, Jul 2015.

CANOSSA, S.; ABRALDES, J. A.; ESTRIGA, L.; FERNANDES, R. J. *et al.* Water polo shooting performance: Differences between world championship winning, drawing and losing teams. **Journal of Human Kinetics**, 72, p. 203, 2020.

CASTELLANO, J.; CASAMICHANA, D. Heart Rate and Motion Analysis by GPS in Beach Soccer. **J Sports Sci Med**, 9, n. 1, p. 98-103, 2010.

CHELLY, M. S.; HERMASSI, S.; SHEPHARD, R. J. Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players. **J Strength Cond Res**, 24, n. 6, p. 1480-1487, Jun 2010.

CHEN, J.; CHEN, Z. Extended Bayesian information criteria for model selection with large model spaces. **Biometrika**, 95, n. 3, p. 759-771, 2008.

CHEUVRONT, S. N.; CARTER, R.; DERUISSEAU, K. C.; MOFFATT, R. J. Running performance differences between men and women. **Sports Medicine**, 35, n. 12, p. 1017-1024, 2005.

CHRISTENSEN, A.; GARRIDO, L.; GOLINO, H. Comparing community detection algorithms in psychological data: A Monte Carlo simulation. 2020.

CLARKE, R.; READ, P. J.; DE STE CROIX, M. B. A.; HUGHES, J. D. The Deceleration Deficit: A Novel Field-Based Method to Quantify Deceleration During Change of Direction Performance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, 2020.

COMFORT, L. K. Initiating change: A dialogue between theory and practice. **Journal of Public Administration Research and Theory: J-PART**, 4, n. 3, p. 323-325, 1994a.

COMFORT, L. K. Self-organization in complex systems. **Journal of Public Administration Research and Theory: J-PART**, 4, n. 3, p. 393-410, 1994b.

CRONIN, J.; LAWTON, T.; HARRIS, N.; KILDING, A. *et al.* A Brief Review of Handgrip Strength and Sport Performance. **J Strength Cond Res**, 31, n. 11, p. 3187-3217, Nov 2017.

DAVIDS, K.; HRISTOVSKI, R.; ARAÚJO, D.; SERRE, N. B. *et al.* **Complex systems in sport**. Routledge London, 2014. 0415809703.

DOBBS, C. W.; GILL, N. D.; SMART, D. J.; MCGUIGAN, M. R. Relationship between vertical and horizontal jump variables and muscular performance in athletes. **J Strength Cond Res**, 29, n. 3, p. 661-671, Mar 2015.

DOL, G.; ONETTO, V.; CARBONELL, V.; GONZÁLEZ-RAMÍREZ, A. Analysis of throwing performance in elite Women's beach handball. **Apunts**, 141, p. 49-54, 2020.

EBELING, W.; FEISTEL, R. Theory of selforganization and evolution: The role off entropy, value and information1. **J Non-Equilib Thermodyn**, 17, n. 4, p. 303-332, 1992.

EGAN, M.; MCGILL, E.; PENNEY, T.; MEIER, P. S. *et al.* Complex systems for evaluation of public health interventions: a critical review. **The Lancet**, 392, p. S31, 2018/11/01/ 2018.

EPSKAMP, S.; CRAMER, A. O. J.; WALDORP, L. J.; SCHMITTMANN, V. D. *et al.* qgraph: Network Visualizations of Relationships in Psychometric Data. **2012**, 48, n. 4, p. 18, 2012-05-24 2012.

FERRAGUT, C.; VILA, H.; ABRALDES, J. A.; ARGUDO, F. *et al.* Relationship among maximal grip, throwing velocity and anthropometric parameters in elite water polo players. **J Sports Med Phys Fitness**, 51, n. 1, p. 26-32, Mar 2011.

FIESELER, G.; HERMASSI, S.; HOFFMEYER, B.; SCHULZE, S. *et al.* Differences in anthropometric characteristics in relation to throwing velocity and competitive level in professional male team handball: a tool for talent profiling. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, 57, n. 7-8, p. 985-992, 2017.

FISHER, R. J.; WAKEFIELD, K. Factors leading to group identification: A field study of winners and losers. **Psychology & Marketing**, 15, n. 1, p. 23-40, 1998.

FORTUNATO, S. Community detection in graphs. **Physics reports**, 486, n. 3-5, p. 75-174, 2010.

- FOYGEL, R.; DRTON, M., 2010, **Extended Bayesian information criteria for Gaussian graphical models**. 604-612.
- FREITAS, C. G.; AQUINO, A. L.; RAMOS, H. S.; FRERY, A. C. *et al.* A detailed characterization of complex networks using Information Theory. **Scientific reports**, 9, n. 1, p. 1-12, 2019.
- FRIEDMAN, J.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. Sparse inverse covariance estimation with the graphical lasso. **Biostatistics**, 9, n. 3, p. 432-441, 2007.
- FRIEDMAN, J.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. Sparse inverse covariance estimation with the graphical lasso. **Biostatistics**, 9, n. 3, p. 432-441, Jul 2008.
- FRIEDMAN, J.; HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R. glasso: Graphical lasso-estimation of Gaussian graphical models. **R package version**, 1, n. 8, 2014.
- FRUCHTERMAN, T. M. J.; REINGOLD, E. M. Graph drawing by force-directed placement. **Software: Practice and Experience**, 21, n. 11, p. 1129-1164, 1991.
- GARCÍA, J. A.; SABIDO, R.; BARBADO, D.; MORENO, F. J. Analysis of the relation between throwing speed and throwing accuracy in team-handball according to instruction. **European Journal of Sport Science**, 13, n. 2, p. 149-154, 2013.
- GAUDINO, P.; GAUDINO, C.; ALBERTI, G.; MINETTI, A. E. Biomechanics and predicted energetics of sprinting on sand: hints for soccer training. **J Sci Med Sport**, 16, n. 3, p. 271-275, May 2013.
- GELL-MANN, M.; LLOYD, S. Information measures, effective complexity, and total information. **Complexity**, 2, n. 1, p. 44-52, 1996.
- GIATIS, G.; KOLLIAS, I.; PANOUTSAKOPOULOS, V.; PAPAIKOVOU, G. Biomechanical differences in elite beach-volleyball players in vertical squat jump on rigid and sand surface. **Sports Biomech**, 3, n. 1, p. 145-158, Jan 2004.
- GIMENEZ, J. V.; GARCIA-UNANUE, J.; NAVANDAR, A.; VIEJO-ROMERO, D. *et al.* Comparison between Two Different Device Models 18 Hz GPS Used for Time-Motion Analyses in Ecological Testing of Football. **Int J Environ Res Public Health**, 17, n. 6, Mar 15 2020.
- GOLINO, H.; CHRISTENSEN, A.; MOULDER, R. EGAnet: Exploratory Graph Analysis: A framework for estimating the number of dimensions in multivariate data using network psychometrics. **R package version 0.9**, 2, 2020.
- GOLINO, H. F.; EPSKAMP, S. Exploratory graph analysis: A new approach for estimating the number of dimensions in psychological research. **PLoS One**, 12, n. 6, p. e0174035, 2017.
- GÓMEZ-CARMONA, C. D.; ROJAS-VALVERDE, D.; RICO-GONZÁLEZ, M.; DE OLIVEIRA, V. *et al.* Crucial workload variables in female-male elite Brazilian Beach Handball: An exploratory factor analysis. **Biology of Sport**, p. 345-352, 2022. journal article.
- GOROSTIAGA, E.; GRANADOS, C.; IBANEZ, J.; IZQUIERDO, M. Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur male handball players. **International journal of sports medicine**, 26, n. 03, p. 225-232, 2005.

- GRANADOS, C.; IZQUIERDO, M.; IBAÑEZ, J.; BONNABAU, H. *et al.* Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. **Int J Sports Med**, 28, n. 10, p. 860-867, Oct 2007.
- GULBIN, J.; WEISSENSTEINER, J.; OLDENZIEL, K.; GAGNÉ, F. Patterns of performance development in elite athletes. **Eur J Sport Sci**, 13, n. 6, p. 605-614, 2013.
- HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E. *et al.* **Análise multivariada de dados**. Bookman editora, 2009. 8577805344.
- HALSON, S. L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. **Sports medicine**, 44, n. 2, p. 139-147, 2014.
- HAMMAMI, M.; BRAGAZZI, N. L.; HERMASSI, S.; GAAMOURI, N. *et al.* The effect of a sand surface on physical performance responses of junior male handball players to plyometric training. **BMC Sports Sci Med Rehabil**, 12, p. 26, 2020.
- HAN, L.; ESCOLANO, F.; HANCOCK, E. R.; WILSON, R. C. Graph characterizations from von Neumann entropy. **Pattern Recognition Letters**, 33, n. 15, p. 1958-1967, 2012.
- HEVEY, D. Network analysis: a brief overview and tutorial. **Health Psychology and Behavioral Medicine**, 6, n. 1, p. 301-328, 2018.
- HEWIT, J.; CRONIN, J.; BUTTON, C.; HUME, P. Understanding Deceleration in Sport. **Strength & Conditioning Journal**, 33, n. 1, 2011.
- HOLLAND, J. H. **Complexity: A Very Short Introduction**. Oxford University Press, Oxford Academic, 24 Jul 2014 2014. 9780199662548.
- IMPELLIZZERI, F. M.; MARCORA, S. M.; COUTTS, A. J. Internal and external training load: 15 years on. **International journal of sports physiology and performance**, 14, n. 2, p. 270-273, 2019.
- IMPELLIZZERI, F. M.; RAMPININI, E.; CASTAGNA, C.; MARTINO, F. *et al.* Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. **Br J Sports Med**, 42, n. 1, p. 42-46, Jan 2008.
- JOHANSSON, A.; FAHLÉN, J. Simply the best, better than all the rest? Validity issues in selections in elite sport. **International Journal of Sports Science & Coaching**, 12, n. 4, p. 470-480, 2017.
- JOHNSTON, K.; WATTIE, N.; SCHORER, J.; BAKER, J. Talent Identification in Sport: A Systematic Review. **Sports Med**, 48, n. 1, p. 97-109, Jan 2018.
- KALÉN, A.; PADRÓN-CABO, A.; LUNDKVIST, E.; REY, E. *et al.* Talent Selection Strategies and Relationship With Success in European Basketball National Team Programs. **Front Psychol**, 12, p. 666839, 2021.
- KAUFFMAN, S. Homeostasis and differentiation in random genetic control networks. **Nature**, 224, n. 5215, p. 177-178, 1969.
- KELLY, A. L.; WILLIAMS, C. A. Physical Characteristics and the Talent Identification and Development Processes in Male Youth Soccer: A Narrative Review. **Strength & Conditioning Journal**, 42, n. 6, p. 15-34, 2020.

- KOOPMANN, T.; FABER, I.; BAKER, J.; SCHORER, J. Assessing Technical Skills in Talented Youth Athletes: A Systematic Review. **Sports Med**, Jun 3 2020.
- KOOPMANN, T.; LATH, F.; BÜSCH, D.; SCHORER, J. Predictive Value of Technical Throwing Skills on Nomination Status in Youth and Long-Term Career Attainment in Handball. **Sports Medicine-Open**, 8, n. 1, p. 1-11, 2022.
- KRISHNAN, A.; SHARMA, D.; BHATT, M.; DIXIT, A. *et al.* Comparison between Standing Broad Jump test and Wingate test for assessing lower limb anaerobic power in elite sportsmen. **Med J Armed Forces India**, 73, n. 2, p. 140-145, Apr 2017.
- LADYMAN, J.; LAMBERT, J.; WIESNER, K. What is a complex system? **European Journal for Philosophy of Science**, 3, n. 1, p. 33-67, 2013.
- LAGO-PEÑAS, C.; LAGO-BALLESTEROS, J.; DELLAL, A.; GÓMEZ, M. Game-Related Statistics that Discriminated Winning, Drawing and Losing Teams from the Spanish Soccer League. **J Sports Sci Med**, 9, n. 2, p. 288-293, 2010.
- LARKIN, P.; REEVES, M. J. Junior-elite football: time to re-position talent identification? **Soccer & Society**, 19, n. 8, p. 1183-1192, 2018.
- LARSSON, P. Global positioning system and sport-specific testing. **Sports Med**, 33, n. 15, p. 1093-1101, 2003.
- LASZLO, A.; KRIPPNER, S. Systems theories: Their origins, foundations, and development. **Advances in Psychology-Amsterdam-**, 126, p. 47-76, 1998.
- LAURITZEN, S. L. Oxford Statistical Science Series. **Graphical models**, 17, 1996.
- LEJEUNE, T. M.; WILLEMS, P. A.; HEGLUND, N. C. Mechanics and energetics of human locomotion on sand. **J Exp Biol**, 201, n. Pt 13, p. 2071-2080, Jul 1998.
- LEMOES, L.; NEVILL, A.; DUNCAN, M. J.; DE OLIVEIRA, V. C. *et al.* Sport Specific Skills Differentiates Performance Levels Better Than Anthropometric or Physiological Factors in Beach Handball. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, p. 1-6, 2021.
- LEMOES, L. F.; OLIVEIRA, V. C.; DUNCAN, M. J.; ORTEGA, J. P. *et al.* Physical fitness profile in elite beach handball players of different age categories. **J Sports Med Phys Fitness**, 60, n. 12, p. 1536-1543, Dec 2020.
- LIDOR, R.; ZIV, G. Physical and physiological attributes of female volleyball players--a review. **J Strength Cond Res**, 24, n. 7, p. 1963-1973, Jul 2010.
- MACHADO, W. d. L.; VISSOCI, J.; EPSKAMP, S.; HUTZ, C. *et al.* Análise de rede aplicada à Psicometria e à Avaliação Psicológica. **Psicometria**, p. 125-146, 2015.
- MALA, L.; MALY, T.; ZAHALKA, F.; BUNC, V. *et al.* Body composition of elite female players in five different sports games. **Journal of human kinetics**, 45, n. 1, p. 207-215, 2015.
- MALINA, R. M.; BOUCHARD, C.; BAR-OR, O. **Growth, maturation, and physical activity**. Human kinetics, 2004. 0880118822.
- MALONE, J. J.; LOVELL, R.; VARLEY, M. C.; COUTTS, A. J. Unpacking the Black Box: Applications and Considerations for Using GPS Devices in Sport. **Int J Sports Physiol Perform**, 12, n. Suppl 2, p. S218-s226, Apr 2017.

MANCHADO, C.; TORTOSA-MARTINEZ, J.; VILA, H.; FERRAGUT, C. *et al.* Performance factors in women's team handball: physical and physiological aspects--a review. **J Strength Cond Res**, 27, n. 6, p. 1708-1719, Jun 2013.

MARKOVIC, G.; MIKULIC, P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. **Sports Med**, 40, n. 10, p. 859-895, Oct 1 2010.

MARQUES, M. C.; VAN DEN TILAAR, R.; VESCOVI, J. D.; GONZALEZ-BADILLO, J. J. Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. **Int J Sports Physiol Perform**, 2, n. 4, p. 414-422, Dec 2007.

MCDANIEL, L. W.; JACKSON, A.; GAUDET, L.; TONKIN, S. Methods of Upper Body Training to Increase Overhand Throwing Power. **International Education Studies**, 2, n. 4, p. 28-32, 2009.

MCGUIGAN, M. R.; DOYLE, T. L.; NEWTON, M.; EDWARDS, D. J. *et al.* Eccentric utilization ratio: effect of sport and phase of training. **J Strength Cond Res**, 20, n. 4, p. 992-995, Nov 2006.

MCLELLAN, C. P.; LOVELL, D. I.; GASS, G. C. Performance analysis of elite Rugby League match play using global positioning systems. **J Strength Cond Res**, 25, n. 6, p. 1703-1710, Jun 2011.

MICHALSIK, L. B.; AAGAARD, P. Physical demands in elite team handball: Comparisons between male and female players. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, 55, n. 9, p. 878-891, 2015.

MILANESE, C.; PISCITELLI, F.; LAMPIS, C.; ZANCANARO, C. Anthropometry and body composition of female handball players according to competitive level or the playing position. **Journal of sports sciences**, 29, n. 12, p. 1301-1309, 2011.

MIYAMA, M.; NOSAKA, K. Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. **J Strength Cond Res**, 18, n. 2, p. 206-211, May 2004.

MOHAMED, H.; VAEYENS, R.; MATTHYS, S.; MULTAEL, M. *et al.* Anthropometric and performance measures for the development of a talent detection and identification model in youth handball. **Journal of Sports Sciences**, 27, n. 3, p. 257-266, 2009.

MOHAMED, H.; VAEYENS, R.; MATTHYS, S.; MULTAEL, M. *et al.* Anthropometric and performance measures for the development of a talent detection and identification model in youth handball. **J Sports Sci**, 27, n. 3, p. 257-266, Feb 1 2009.

MOLINA-CARMONA, I.; GÓMEZ-CARMONA, C.; BASTIDA-CASTILLO, A.; PINO-ORTEGA, J. Validez del dispositivo inercial WIMU PRO para el registro de la frecuencia cardiaca en un test de campo. **SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte**, 7, n. 1, p. 81-86, 2018.

MONTULL, L.; SLAPŠINSKAITÉ-DACKEVIČIENĖ, A.; KIELY, J.; HRISTOVSKI, R. *et al.* Integrative proposals of sports monitoring: Subjective outperforms objective monitoring. **Sports medicine-open**, 8, n. 1, p. 1-10, 2022.

MORIN, J. B.; BOURDIN, M.; EDOUARD, P.; PEYROT, N. *et al.* Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. **Eur J Appl Physiol**, 112, n. 11, p. 3921-3930, Nov 2012.

MOSS, S. L.; MCWHANNELL, N.; MICHALSIK, L. B.; TWIST, C. Anthropometric and physical performance characteristics of top-elite, elite and non-elite youth female team handball players. **J Sports Sci**, 33, n. 17, p. 1780-1789, 2015.

MÜLLER, C.; WILLBERG, C.; REICHERT, L.; ZENTGRAF, K. External Load Analysis in Beach Handball Using a Local Positioning System and Inertial Measurement Units. **Sensors**, 22, n. 8, p. 3011, 2022.

NIKOLAIDIS, P. Age-related differences in countermovement vertical jump in soccer players 8-31 years old: the role of fat-free mass. **American Journal of Sports Science and Medicine**, 2, n. 2, p. 60-64, 2014.

ORTEGA BECERRA, M.; ESPINA AGULLÓ, J. J.; PUEO, B.; JIMENEZ-OLMEDO, J. M. *et al.* Anthropometric profile and performance indicators in female elite beach handball players. 2018.

ORTEGA-BECERRA, M.; PAREJA-BLANCO, F.; JIMENEZ-REYES, P.; CUADRADO-PENAFIEL, V. *et al.* Determinant Factors of Physical Performance and Specific Throwing in Handball Players of Different Ages. **J Strength Cond Res**, 32, n. 6, p. 1778-1786, Jun 2018.

ORTEGA-BECERRA, M.; PAREJA-BLANCO, F.; JIMÉNEZ-REYES, P.; CUADRADO-PENAFIEL, V. *et al.* Determinant factors of physical performance and specific throwing in handball players of different ages. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, 32, n. 6, p. 1778-1786, 2018.

OSGNACH, C.; POSER, S.; BERNARDINI, R.; RINALDO, R. *et al.* Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. **Med Sci Sports Exerc**, 42, n. 1, p. 170-178, Jan 2010.

PASSERINI, F.; SEVERINI, S. Quantifying complexity in networks: the von Neumann entropy. **International Journal of Agent Technologies and Systems (IJATS)**, 1, n. 4, p. 58-67, 2009.

PHILLIPS, E.; DAVIDS, K.; RENSHAW, I.; PORTUS, M. Expert performance in sport and the dynamics of talent development. **Sports medicine**, 40, n. 4, p. 271-283, 2010.

PINNINGTON, H. C.; DAWSON, B. The energy cost of running on grass compared to soft dry beach sand. **J Sci Med Sport**, 4, n. 4, p. 416-430, Dec 2001a.

PINNINGTON, H. C.; DAWSON, B. Running economy of elite surf iron men and male runners, on soft dry beach sand and grass. **Eur J Appl Physiol**, 86, n. 1, p. 62-70, Nov 2001b.

PINNINGTON, H. C.; LLOYD, D. G.; BESIER, T. F.; DAWSON, B. Kinematic and electromyography analysis of submaximal differences running on a firm surface compared with soft, dry sand. **Eur J Appl Physiol**, 94, n. 3, p. 242-253, Jun 2005.

PINO-ORTEGA, J.; RICO-GONZÁLEZ, M. **The use of applied technology in team sport**. Routledge, 2021. 1000414574.

PINO-ORTEGA, J.; ROJAS-VALVERDE, D.; GÓMEZ-CARMONA, C. D.; BASTIDA-CASTILLO, A. *et al.* Impact of Contextual Factors on External Load During a Congested-Fixture Tournament in Elite U'18 Basketball Players. **Front Psychol**, 10, p. 1100, 2019.

POLISHCHUK, D.; POLISHCHUK, O. **Centrality measures in flow models of complex network systems**. Open Review Hub. 2019.

PONS, P.; LATAPY, M., 2006, **Computing communities in large networks using random walks**. Citeseer.

PRIESKE, O.; MUEHLBAUER, T.; MUELLER, S.; KRUEGER, T. *et al.* Effects of surface instability on neuromuscular performance during drop jumps and landings. **European journal of applied physiology**, 113, n. 12, p. 2943-2951, 2013.

PUEO, B.; JIMENEZ-OLMEDO, J. M.; PENICHET-TOMAS, A.; ORTEGA BECERRA, M. *et al.* Analysis of Time-Motion and Heart Rate in Elite Male and Female Beach Handball. **J Sports Sci Med**, 16, n. 4, p. 450-458, Dec 2017.

PUEO, B.; PENICHET-TOMAS, A.; JIMENEZ-OLMEDO, J. M. Validity, reliability and usefulness of smartphone and kinovea motion analysis software for direct measurement of vertical jump height. **Physiology & Behavior**, 227, p. 113144, 2020.

RAMÍREZ-CAMPILLO, R.; ANDRADE, D. C.; IZQUIERDO, M. Effects of plyometric training volume and training surface on explosive strength. **J Strength Cond Res**, 27, n. 10, p. 2714-2722, Oct 2013.

ROBINAUGH, D. J.; MILLNER, A. J.; MCNALLY, R. J. Identifying highly influential nodes in the complicated grief network. **J Abnorm Psychol**, 125, n. 6, p. 747-757, Aug 2016.

RUIZ, J. R.; ESPAÑA-ROMERO, V.; ORTEGA, F. B.; SJÖSTRÖM, M. *et al.* Hand span influences optimal grip span in male and female teenagers. **The Journal of hand surgery**, 31, n. 8, p. 1367-1372, 2006.

SAAVEDRA, J. M.; KRISTJÁNSDÓTTIR, H.; EINARSSON, I.; GUÐMUNDSDÓTTIR, M. L. *et al.* Anthropometric Characteristics, Physical Fitness, and Throwing Velocity in Elite women's Handball Teams. **J Strength Cond Res**, 32, n. 8, p. 2294-2301, Aug 2018.

SALMON, P. M.; MCLEAN, S. Complexity in the beautiful game: implications for football research and practice. **Science and Medicine in Football**, 4, n. 2, p. 162-167, 2020/04/02 2020.

SCHMITTMANN, V. D.; CRAMER, A. O.; WALDORP, L. J.; EPSKAMP, S. *et al.* Deconstructing the construct: A network perspective on psychological phenomena. **New ideas in psychology**, 31, n. 1, p. 43-53, 2013.

SCHUTZ, Y.; HERREN, R. Assessment of speed of human locomotion using a differential satellite global positioning system. **Med Sci Sports Exerc**, 32, n. 3, p. 642-646, Mar 2000.

SEDANO, S.; VAEYENS, R.; PHILIPPAERTS, R. M.; REDONDO, J. C. *et al.* Anthropometric and anaerobic fitness profile of elite and non-elite female soccer players. **J Sports Med Phys Fitness**, 49, n. 4, p. 387-394, Dec 2009.

SILVA, A. S.; DA, G. S.; LACERDA, L.; SILVA, D. *et al.* Physiological and nutritional profile of elite female beach handball players from Brazil. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, 56, n. 5, p. 503-509, 2015.

ŞİMŞEK, A. Estimating the Expected Influence Capacities of Nodes in Complex Networks under the Susceptible-Infectious-Recovered (SIR) Model. **arXiv preprint arXiv:2103.02324**, 2021.

SLAUGHTER, M. H.; LOHMAN, T.; BOILEAU, R.; HORSWILL, C. *et al.* Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. **Human biology**, p. 709-723, 1988.

SLAUGHTER, M. H.; LOHMAN, T. G.; BOILEAU, R. A.; HORSWILL, C. A. *et al.* Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. **Hum Biol**, 60, n. 5, p. 709-723, Oct 1988.

SMITH, R. Movement in the Sand: Training Implications for Beach Volleyball. **Strength & Conditioning Journal**, 28, n. 5, p. 19-21, 2006.

SULLIVAN, C.; KEMPTON, T.; WARD, P.; COUTTS, A. J. The efficacy of talent selection criteria in the Australian Football League. **J Sports Sci**, 38, n. 7, p. 773-779, Apr 2020.

SVILAR, L.; CASTELLANO, J.; JUKIC, I. Comparison of 5vs5 Training Games and Match-Play Using Microsensor Technology in Elite Basketball. **J Strength Cond Res**, 33, n. 7, p. 1897-1903, Jul 2019.

TERRIER, P.; LADETTO, Q.; MERMINOD, B.; SCHUTZ, Y. Measurement of the mechanical power of walking by satellite positioning system (GPS). **Med Sci Sports Exerc**, 33, n. 11, p. 1912-1918, Nov 2001.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. **Research methods in physical activity**. Human kinetics, 2015. 1492585289.

TIBSHIRANI, R. Regression Shrinkage and Selection Via the Lasso. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)**, 58, n. 1, p. 267-288, 1996.

TILL, K.; BAKER, J. Challenges and [possible] solutions to optimizing talent identification and development in sport. **Frontiers in psychology**, 11, p. 664, 2020.

TILL, K.; JONES, B. L.; COBLEY, S.; MORLEY, D. *et al.* Identifying Talent in Youth Sport: A Novel Methodology Using Higher-Dimensional Analysis. **PLoS One**, 11, n. 5, p. e0155047, 2016.

TROSCLAIR, D.; BELLAR, D.; JUDGE, L. W.; SMITH, J. *et al.* Hand-Grip Strength as a Predictor of Muscular Strength and Endurance. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, 25, p. S99, 2011.

TRÓZNAI, Z.; UTCZÁS, K.; PÁPAI, J.; NÉGELE, Z. *et al.* Talent Selection Based on Sport-Specific Tasks Is Affected by the Relative Age Effects among Adolescent Handball Players. **Int J Environ Res Public Health**, 18, n. 21, Oct 29 2021.

TSUJI, M.; AYABE, T.; TANAKA, R.; SENJU, A. *et al.* Comparative study on three different methods for arm-span measurement: the Japan environment and Children's study pilot. **Environmental health and preventive medicine**, 22, n. 1, p. 1-4, 2017.

TUCKER, R.; COLLINS, M. What makes champions? A review of the relative contribution of genes and training to sporting success. **Br J Sports Med**, 46, n. 8, p. 555-561, Jun 2012.

VAEYENS, R.; LENOIR, M.; WILLIAMS, A. M.; PHILIPPAERTS, R. M. Talent identification and development programmes in sport. **Sports medicine**, 38, n. 9, p. 703-714, 2008.

VAEYENS, R.; LENOIR, M.; WILLIAMS, A. M.; PHILIPPAERTS, R. M. Talent identification and development programmes in sport : current models and future directions. **Sports Med**, 38, n. 9, p. 703-714, 2008.

VAN DEN TILLAAR, R. Effect of different training programs on the velocity of overarm throwing: a brief review. **J Strength Cond Res**, 18, n. 2, p. 388-396, May 2004.

VAN DEN TILLAAR, R.; ETTEMA, G. Influence of instruction on velocity and accuracy of overarm throwing. **Percept Mot Skills**, 96, n. 2, p. 423-434, Apr 2003.

VAN DEN TILLAAR, R.; ETTEMA, G. A three-dimensional analysis of overarm throwing in experienced handball players. **J Appl Biomech**, 23, n. 1, p. 12-19, Feb 2007.

VAN MUIJEN, A. E.; JORIS, H.; KEMPER, H. C. G.; VAN INGEN SCHENAU, G. J. Throwing practice with different ball weights: Effects on throwing velocity and muscle strength in female handball players. **Sports Medicine, Training and Rehabilitation**, 2, n. 2, p. 103-113, 1991/02/01 1991.

VANRENTERGHEM, J.; NEDERGAARD, N. J.; ROBINSON, M. A.; DRUST, B. Training load monitoring in team sports: a novel framework separating physiological and biomechanical load-adaptation pathways. **Sports medicine**, 47, n. 11, p. 2135-2142, 2017.

VANRENTERGHEM, J.; NEDERGAARD, N. J.; ROBINSON, M. A.; DRUST, B. Training Load Monitoring in Team Sports: A Novel Framework Separating Physiological and Biomechanical Load-Adaptation Pathways. **Sports Med**, 47, n. 11, p. 2135-2142, Nov 2017.

VERBURGH, L.; SCHERDER, E.; VAN LANGE, P.; OOSTERLAAN, J. The key to success in elite athletes? Explicit and implicit motor learning in youth elite and non-elite soccer players. **Journal of sports sciences**, 34, n. 18, p. 1782-1790, 2016.

VERBURGH, L.; SCHERDER, E. J.; VAN LANGE, P. A.; OOSTERLAAN, J. The key to success in elite athletes? Explicit and implicit motor learning in youth elite and non-elite soccer players. **J Sports Sci**, 34, n. 18, p. 1782-1790, Sep 2016.

VILA, H.; ZAPARDIEL, J. C.; FERRAGUT, C. The relationship between effectiveness and throwing velocity in a handball match. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, 20, n. 2, p. 180-188, 2020/03/03 2020.

WAGNER, H.; BUCHECKER, M.; VON DUVILLARD, S. P.; MULLER, E. Kinematic description of elite vs. Low level players in team-handball jump throw. **J Sports Sci Med**, 9, n. 1, p. 15-23, 2010.

WAGNER, H.; FUCHS, P.; FUSCO, A.; FUCHS, P. *et al.* Physical Performance in Elite Male and Female Team Handball Players. **Int J Sports Physiol Perform**, p. 1-24, Jun 12 2018.

WAGNER, H.; FUCHS, P. X.; VON DUVILLARD, S. P. Specific physiological and biomechanical performance in elite, sub-elite and in non-elite male team handball players. **J Sports Med Phys Fitness**, 58, n. 1-2, p. 73-81, Jan-Feb 2018.

WAGNER, H.; PFUSTERSCHMIED, J.; KLOUS, M.; VON DUVILLARD, S. P. *et al.* Movement variability and skill level of various throwing techniques. **Hum Mov Sci**, 31, n. 1, p. 78-90, Feb 2012.

WAGNER, H.; PFUSTERSCHMIED, J.; VON DUVILLARD, S. P.; MULLER, E. Skill-dependent proximal-to-distal sequence in team-handball throwing. **J Sports Sci**, 30, n. 1, p. 21-29, 2012.

WEAVING, D.; MARSHALL, P.; EARLE, K.; NEVILL, A. *et al.* Combining internal- and external-training-load measures in professional rugby league. **Int J Sports Physiol Perform**, 9, n. 6, p. 905-912, Nov 2014.

WMA. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. **Jama**, 310, n. 20, p. 2191-2194, Nov 27 2013.

WOODS, C. T.; RAYNOR, A. J.; BRUCE, L.; MCDONALD, Z. *et al.* The application of a multi-dimensional assessment approach to talent identification in Australian football. **J Sports Sci**, 34, n. 14, p. 1340-1345, Jul 2016.

WOODS, C. T.; RAYNOR, A. J.; BRUCE, L.; MCDONALD, Z. *et al.* The application of a multi-dimensional assessment approach to talent identification in Australian football. **Journal of Sports Sciences**, 34, n. 14, p. 1340-1345, 2016.

XIE, X. Real-Time Monitoring Of Big Data Sports Teaching Data Based On Complex Embedded System. **Microprocessors and Microsystems**, p. 104181, 2022.

YE, C.; WILSON, R. C.; HANCOCK, E. R. Network analysis using entropy component analysis. **Journal of Complex Networks**, 6, n. 3, p. 404-429, 2018.

YIGIT, S. S.; TUNCEL, F. A Comparison of the Endurance Training Responses to Road and Sand Running in High School and College Students. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, 12, n. 2, p. 79-81, 1998.

ZAMPARO, P.; PERINI, R.; ORIZIO, C.; SACHER, M. *et al.* The energy cost of walking or running on sand. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, 65, n. 2, p. 183-187, 1992.

ZAPARDIEL, J. C.; ASÍN-IZQUIERDO, I. Conditional analysis of elite beach handball according to specific playing position through assessment with GPS. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, 20, n. 1, p. 118-132, 2020.

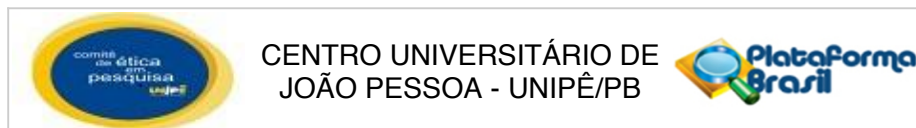
ZAPARTIDIS, I.; SKOUFAS, D.; VARELTZIS, I.; CHRISTODOULIDIS, T. *et al.* Factors influencing ball throwing velocity in young female handball players. **The Open Sports Medicine Journal**, 3, n. 1, 2009.

ZAPARTIDIS, I.; VARELTZIS, I.; GOUVALI, M.; KOROROS, P. Physical fitness and anthropometric characteristics in different levels of young team handball players. **The Open Sports Sciences Journal**, 2, n. 1, 2009.

ZIV, G.; LIDOR, R. Physical attributes, physiological characteristics, on-court performances and nutritional strategies of female and male basketball players. **Sports Med**, 39, n. 7, p. 547-568, 2009.

ANEXOS

ANEXO I – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: HANDEBOL DE AREIA: ANÁLISE TRANSVERSAL E LONGITUDINAL DA MODALIDADE E DE SEUS PRATICANTES

Pesquisador: Luis Filipe Gomes Barbosa Pereira de Lemos

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 02896918.1.0000.5176

Instituição Proponente: Centro Universitário de João Pessoa - UNIPÊ/PB

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.102.821

Apresentação do Projeto:

O handebol é um desporto coletivo, que exige uma elevada demanda das capacidades condicionais como a força, velocidade e resistência. Porém, quando o handebol é praticado na quadra ou na areia, devido a diferença das regras e da superfície, a demanda das capacidades condicionais pode ser diferenciada. Assim, o objetivo deste estudo é caracterizar o jogo de handebol de areia e comparar a aptidão aeróbia e anaeróbia, a potência muscular dos membros inferiores e superiores entre os praticantes de handebol de areia e os de quadra. Posteriormente, será avaliado o efeito de um programa de treinamento de 4 semanas nessas capacidades motoras. Metodologia: Numa primeira fase o presente estudo caracteriza-se como descritivo, correlacional, de corte transversal e de natureza quantitativa, já numa segunda fase terá características experimentais, de corte longitudinal e quantitativa. A avaliação será realizada com praticantes de handebol do sexo masculino. A amostra será constituída por 30 atletas de handebol do Unipe, repartidos em dois grupos de 15 jogadores de handebol na areia e 15 de quadra, selecionados de forma não probabilística por conveniência, na faixa etária de 18 a 35 anos. O local de avaliação será o laboratório de Educação Física, do Centro Universitário de João Pessoa. Na avaliação transversal, o jogo de handebol de areia será caracterizado quanto a cinemática de movimento através de um sistema de GPS. Seguidamente, será traçado um perfil antropométrico, morfológico, da aptidão aeróbia e anaeróbia e da potência muscular dos membros inferiores e superiores. Em seguida, serão comparados os resultados obtidos entre os praticantes de handebol de areia e de quadra.

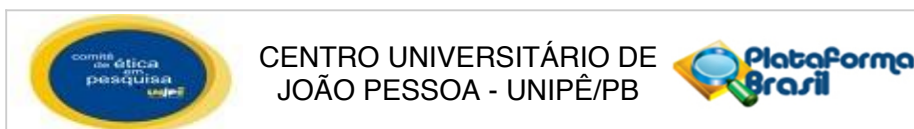
Endereço: Campus Universitário BR 230 Km 22, Reitoria, sala 401.

Bairro: Água Fria **CEP:** 58.053-000

UF: PB **Município:** JOÃO PESSOA

Telefone: (83)2106-9266

E-mail: cep@unipe.edu.br



Continuação do Parecer: 3.102.821

Outros	pdf	00:38:08	Barbosa Pereira de Lemos	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_assentimento.pdf	12/12/2018 00:33:54	Luis Filipe Gomes Barbosa Pereira de Lemos	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	12/12/2018 00:33:40	Luis Filipe Gomes Barbosa Pereira de Lemos	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado2.pdf	12/12/2018 00:33:22	Luis Filipe Gomes Barbosa Pereira de Lemos	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termo_pesquisador.pdf	13/11/2018 23:28:08	Luis Filipe Gomes Barbosa Pereira de Lemos	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Anuencia_unipe.pdf	13/11/2018 23:25:12	Luis Filipe Gomes Barbosa Pereira de Lemos	Aceito
Folha de Rosto	Folha_rosto_unipe.pdf	13/11/2018 23:24:56	Luis Filipe Gomes Barbosa Pereira de Lemos	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JOAO PESSOA, 26 de Dezembro de 2018

Assinado por:
Dostoievsky Ernesto de Melo Andrade
(Coordenador(a))

Endereço: Campus Universitário BR 230 Km 22, Reitoria, sala 401.
Bairro: Água Fria **CEP:** 58.053-000
UF: PB **Município:** JOAO PESSOA
Telefone: (83)2106-9266 **E-mail:** cep@unipe.edu.br

ANEXO II – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

18

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE JOÃO PESSOA
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO
CURSO DE BACHARELADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO

Prezado (a),

Você está sendo convidado a participar da pesquisa intitulada: HANDEBOL DE AREIA: ANÁLISE TRANSVERSAL E LONGITUDINAL DA MODALIDADE E DE SEUS PRATICANTES, que está sendo desenvolvida sob a orientação e responsabilidade do Professor Ms. **Luis Filipe Gomes Barbosa Pereira de Lemos** do Curso de Bacharelado em Educação Física do Centro Universitário de João Pessoa - UNIPÊ.

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA:

“HANDEBOL DE AREIA: ANÁLISE TRANSVERSAL E LONGITUDINAL DA MODALIDADE E DE SEUS PRATICANTES”

JUSTIFICATIVA:

O handebol de quadra é um esporte coletivo, que exige uma elevada demanda das capacidades motoras. Presente em inúmeras habilidades motoras no handebol, a potência aeróbia e anaeróbia, como a potência muscular dos membros inferiores e superiores são determinantes para se poder alcançar o alto desempenho. Portanto, é de suma importância, a caracterização e a avaliação contínua das capacidades motoras.

Assim, a preparação física de alto nível, tem sido o foco de muitos estudos sobre o handebol de quadra nos últimos tempos, concretizando uma evidência que o condicionamento físico está diretamente ligado aos êxitos nos resultados esportivos, nesse sentido existe uma ampla busca pelas qualidades físicas específicas exigidas nos esportes coletivos levando os treinadores na busca de meios e métodos de treino que se aproximam ao máximo da especificidade na modalidade (TUBINO, 2003).

Porém, os estudos sobre o handebol de areia são escassos necessitando assim de estudos que caracterizem o esporte e o grau de exigência das capacidades motoras envolvidas, como também torna-se necessário avaliar o prazer pela prática das atividades desportivas e como o ambiente desportivo influencia ou continua influenciando a prática desportiva no handebol de areia e de quadra.

OBJETIVO DO ESTUDO:**Objetivo Geral**

Caracterizar o jogo de handebol de areia e comparar a aptidão aeróbia e anaeróbia, a potência muscular dos membros inferiores e superiores entre os praticantes de handebol de areia e os de quadra.

Objetivos Específicos

- Comparar o perfil antropométrico e da composição corporal de atletas praticantes de handebol de areia e quadra
- Medir e comparar a potência anaeróbia de atletas praticantes de handebol de areia e quadra
- Identificar e comparar o índice de fadiga de atletas praticantes de handebol de areia e quadra
- Avaliar e comparar o VO_{2max} e velocidade anaeróbia de reserva dos atletas dos praticantes de handebol de areia e quadra
- Analisar e comparar a potência dos membros inferiores de atletas praticantes de handebol de areia e quadra
- Analisar a correlação da força explosiva e o índice de fadiga muscular dos membros inferiores, de atletas praticantes de handebol de areia e de quadra.
- Analisar e comparar o efeito da potencialização pós ativação sobre a capacidade de *sprints* repetidos em atletas profissionais de handebol de praia em superfície instável, de atletas praticantes de handebol de areia e de quadra.
- Avaliar o prazer pela prática das atividades desportivas e como o ambiente desportivo influencia ou continua influenciando a prática desportiva no handebol de areia e de quadra.
- Avaliar e comparar o valgo dinâmico de atletas praticantes de handebol de areia e de quadra.

DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS ROTINEIROS

Os instrumentos utilizados serão:

-Teste Running-based Anaerobic Sprint Test –consiste em analisar a potência máxima, media e nível de fadiga muscular. Para realizar o teste será percorrido seis vezes a distância de trinta e cinco metros, contendo um intervalo de dez segundos para recuperação entre cada corrida.

-Teste Squat -Jump (SJ) consiste em um salto vertical realizado a partir de uma flexão de joelhos a 90°, sobre a plataforma o atleta deverá realizar 3 saltos, o resultado final será a média dos 3 saltos realizados, realizado na plataforma de salto modelo da cefise.

-InBody 720 - O InBody 720 utiliza o método de medição direta segmentar multi-frequência, por meio do sistema de eletrodos tetrapolar com 8 pontos táteis sendo 2 em cada pé e 2 em cada mão. Os atletas deverão fazer o teste sem ter feito nenhuma atividade física, ficar em jejum e sem água por 4 horas.

- Vo2máx (Test de Leger) realizar o número máximo de percursos realizados num teste que aumenta a velocidade corrida a cada minuto onde tem de ser percorrida uma distância de 20 metros

- O Teste de Aptidão Intermitente 30-15 consiste em 30 segundos de corrida s com períodos de recuperação passiva de 15 segundos. A velocidade será definida em 8 km para a primeira corrida de 30 segundos e será aumentada em 0,5 km a cada 45 segundos depois disso. Os indivíduos serão instruídos a completar o maior número possível de etapas.

-Teste de velocidade de arremesso utilizando um radar Stalker. 3 arremessos com a máxima velocidade e um intervalo de recuperação de 1' entre tentativas.

- O sistema Wimu é concebido como um concentrador de sinais (veja características técnicas). Por este motivo, para o registo dos dados, o jogador deve usar um "colete" e na parte de trás colocando o dispositivo. Para a gravação da frequência cardíaca, é

utilizada com uma banda de frequência cardíaca GARMIN. A banda de emissão dos sinais é um padrão oficial. Portanto, não representa um risco para a saúde.

- Questionário The Physical Activity Enjoyment Scale (Kendzierski and DeCarlo, 1991) e Youth Sport Environment Questionnaire (EYS, 2009).

- Teste de uma repetição máxima para determinação do percentual da carga utilizada nas sessões experimentais, será realizado um teste de 1RM conforme recomendações de Kraemer e Ratamess (2004). Sendo realizado um leve aquecimento de cinco a dez repetições utilizando-se 40 a 60% da carga estimada de 1RM, auto relatadas pelo sujeito. Após 2 minutos serão realizadas de três a cinco tentativas com cargas progressivas buscando identificar 1RM, com intervalo de 3 min entre as tentativas.

- Teste de capacidade de *sprints* repetidos (RSA) constitui em dez *sprints* de 30 m (15 m + 15 m) com uma mudança de direção de 180 °, e 30 s de recuperação passiva (caminhada de volta ao início linha e aguardando o próximo *sprint*).

- Potencialização pós ativação (PAP), para o protocolo de PAP de Seitz e Haff (2016). Será estabelecido a intensidade de 90% do RM e a quantidade de repetições máximas para a carga referida, após isso será estabelecido uma recuperação de 5 a 7 min.

Inicialmente será solicitado aos atletas para realizar um breve aquecimento, mobilizando as principais articulações do corpo humano. Seguidamente, os atletas, irão se familiarizar com a realização das capacidades motoras serão realizadas na pesquisa.

Na segunda fase, as atletas irão realizar os testes estabelecidos pela equipe de pesquisa. Os testes serão realizados em dois, ou mais momentos de avaliação para evitar que a fadiga possa prejudicar a coleta dos dados.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

No procedimento de pesquisa será aplicada uma intervenção com a seleção de diferentes exercícios de potência muscular para todos os atletas.

Intervenção: Os atletas realizarão 1 mesociclo de quatro semanas.

Descrição da ficha de treinamento abaixo:

-PRIMEIRO MESOCICLO

Duração: 4 semanas

Aquecimento: 10 a 15 minutos

- 1- Alongamento geral
- 2- Marcha, jogging, trabalho de pés (escada de coordenação), afundos.

Primeiro exercício:

Salto entre os steps (três steps) + trote + elevação do joelho na escada de coordenação.

Segundo exercício:

Dentro e fora na escada de coordenação+ trote + saltos nas barreiras

Terceiro exercício:

Salto curto na escada de coordenação + sprint

Quarto exercício:

3 saltos para frente e 1 para trás na escada de coordenação + sprint

Quinto exercício:

Sprint + saltos consecutivos no step

Sexto exercício:

Salto no step + saltos nas barreiras

Volta à calma

Trote

INFORMAÇÕES ADICIONAIS:

SÉRIES: 1 A 2

REPETIÇÕES: 6 A 10

DESCANSO: 1 A 2 MINUTOS ENTRE EXERCÍCIO

RITMO: RÁPIDO E EXPLOSIVO

AS INTENSIDADES SERÃO REAJUSTADAS NO DECORRER DAS SEMANAS.

FREQUÊNCIA DE TREINAMENTO: 3 VEZES NA SEMANA

GARANTIA DE LIBERDADE:

Você será livre para participar ou recusar-se podendo interromper a sua participação a qualquer momento.

A sua participação é de própria vontade, caso depois de firmado compromisso com a pesquisa, não esteja mais interessado em participar, não acontecerá nenhuma penalidade, sua identidade será mantida em segredo e seu nome não será identificado em nenhuma publicação. Os resultados estarão à sua disposição quando finalizada a pesquisa. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.

RISCOS E DESCONFORTOS:

A pesquisa atenderá as normas de pesquisas envolvendo seres humanos, de acordo com a Resolução 466/12, do Conselho Nacional da Saúde, onde assegura os direitos e deveres dos participantes.

Toda a pesquisa com seres humanos envolve a possibilidade de riscos. Alguns riscos que poderão acontecer durante a pesquisa são: entorse nos tornozelos, lesões na articulação dos joelhos, quedas e possíveis desmaios.

Assim, para minimizar os riscos associados para a realização do presente estudo, será realizado um aquecimento prévio de todas as articulações do corpo humano e especialmente dos membros inferiores. Serão realizados diversos movimentos de mobilidade específica nos membros inferiores e superiores, de forma a minimizar qualquer tipo de lesão decorrente da pesquisa. Será ainda realizado no aquecimento, uma familiarização com os instrumentos que irão avaliar as capacidades motoras, para que possam realizar o protocolo experimental sem receios.

Apesar dos cuidados tomados, algum dano para a participante poderá persistir. Assim, qualquer incidente com as atletas, a pesquisa será imediatamente interrompida pela equipe que irá coletar os dados. Se for necessário, será ativada uma equipe de pronto socorro de atendimento (PAPS) do UNIPÊ. O participante da pesquisa não terá nenhum encargo, caso surja a necessidade de ativar a equipe do pronto socorro. Todos os custos serão da responsabilidade do pesquisador.

BENEFÍCIOS PARA OS PARTICIPANTES:

Os benefícios obtidos provenientes da pesquisa serão: informações relevantes para o treinador compreender de como as atletas estão respondendo às cargas de treino em parâmetros fundamentais da performance, como a potência muscular, altura, tempo de voo, velocidade de remate, aptidão aeróbia e anaeróbia dos atletas.

As atletas, por outro lado, terão oportunidade de verificarem e avaliarem a performance, em variáveis importantes no desempenho das habilidades motoras realizadas no handebol.

Para o pesquisador a pesquisa será importante, pois permitirá compreender as diferenças associadas à especificidade de cada modalidade.

DESPESAS E COMPENSAÇÕES:

Para o participante da pesquisa não haverá despesas pessoais, bem como não há compensações financeiras em qualquer parte do estudo, se existir qualquer despesa adicional, esta ficará a cargo do pesquisador responsável. Caso seja comprovado qualquer tipo de prejuízo do participante, o mesmo será indenizado.

GARANTIA DE ACESSO:

Em qualquer etapa do estudo você terá acesso ao Pesquisador responsável Prof. Ms. Luís Filipe Gomes Barbosa Pereira de Lemos, que pode ser encontrado no endereço: Rua Maria Helena Rocha, nº 113, apt. 1101-B, Aeroclube, João Pessoa-PB. Telefone: (83) 999644635.

COMPROMISSO DO PESQUISADOR:

O pesquisador se compromete a utilizar os dados da pesquisa exclusivamente para o desenvolvimento da mesma. Comprometendo-se a observar e cumprir as normas da Resolução 466/2012 do Conselho Nacional da Saúde – CNS em todas as fases da pesquisa.

OBS: O termo foi elaborado em duas vias de igual teor, que deverão ser rubricadas em todas as suas páginas e assinadas, ao seu término, pelo participante da pesquisa, pelo aluno pesquisador e pelo pesquisador responsável. Você receberá uma das vias e a outra ficará arquivada com os responsáveis da pesquisa. A sua participação nesse estudo é absolutamente voluntária. Você está livre para negar o seu consentimento ou abandonar a pesquisa a qualquer momento, se assim o desejar. Mediante a sua aceitação, fica permitida a sua participação e a divulgação dos resultados e conclusões obtidas dessa pesquisa. A pesquisa será realizada no Centro Universitário de João Pessoa – UNIPÊ

Eu, _____, portador do documento de identidade _____, fui informado dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Acredito

ter sido suficientemente informado a respeito das informações sobre o estudo acima citado que li ou que foram lidas para mim. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que a minha participação é isenta de despesas. Então, concordo voluntariamente em participar desse estudo e poderei retirar-me sem consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízos. Recebi uma via deste termo de assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

João Pessoa-PB, ____ de _____ de 2019.

Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador Responsável

Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar:

Contato com o Pesquisador (a) responsável:
Luis Filipe Gomes Barbosa Pereira de Lemos.
Endereço: Rua Maria Helena Rocha, nº 113, apt. 1101-B, Aeroclube, João Pessoa-PB.
E-mail: luis.training75@gmail.com/Telefone: (83) 99964-4635

Contato do Comitê de Ética em Pesquisa do UNIPÊ:
Endereço: Reitoria, térreo, sala 401.
Campus do UNIPÊ - BR 230 – km 22, Água Fria, João Pessoa – PB
Telefone: (83)2106-9266
E-mail: cep@unipe.br