UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES, COMUNICAÇÃO E DESIGN
CÂMPUS DE BAURU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

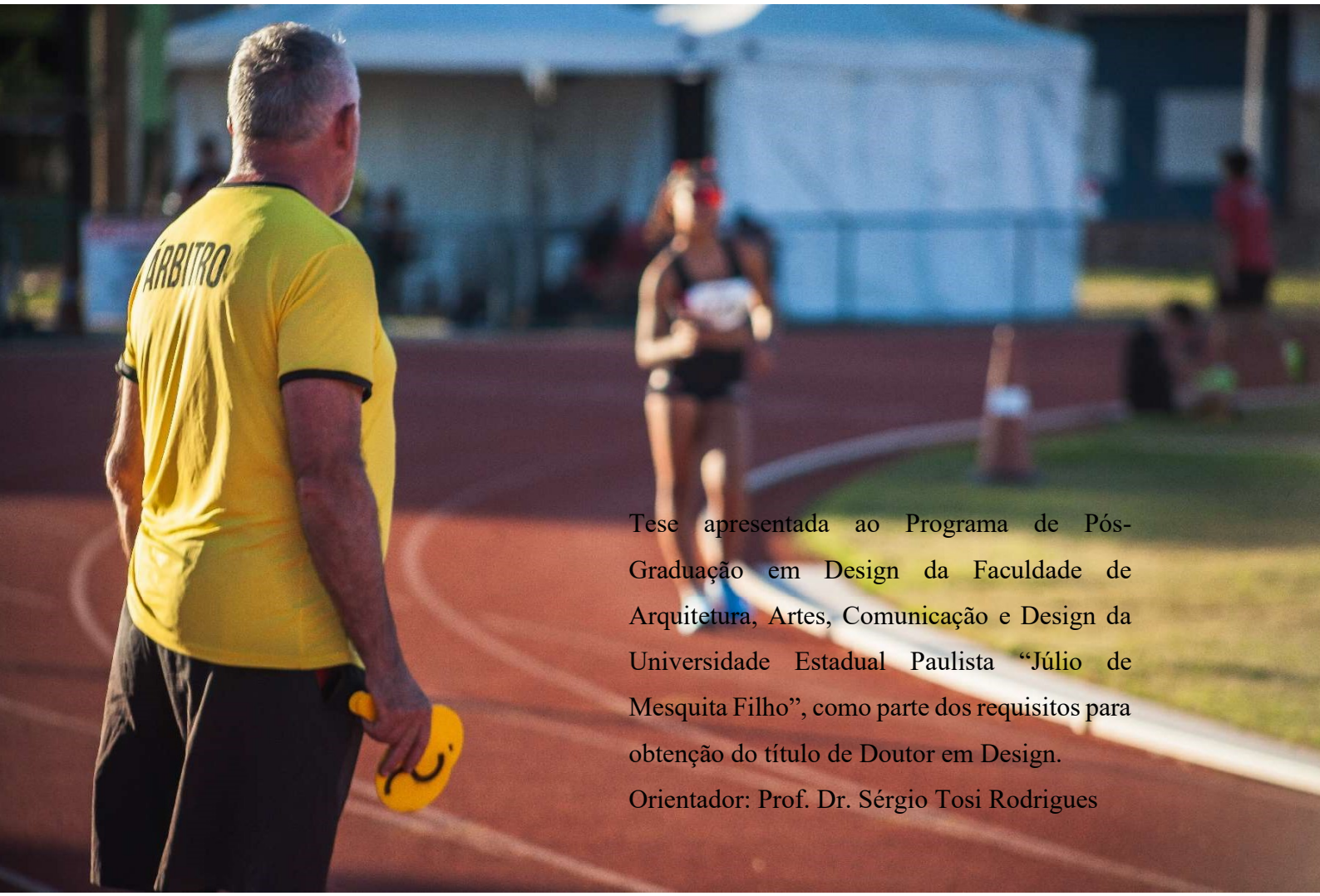
NILTON CESAR FERST

ERGONOMIA COGNITIVA E JULGAMENTO VISUAL DE VÍDEOS POR ÁRBITROS DE MARCHA ATLÉTICA: ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO OLHAR E DO MODELO DE ENSINO

Bauru
2026

NILTON CESAR FERST

ERGONOMIA COGNITIVA E JULGAMENTO VISUAL DE VÍDEOS POR ÁRBITROS DE MARCHA ATLÉTICA: ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO OLHAR E DO MODELO DE ENSINO



Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Design.
Orientador: Prof. Dr. Sérgio Tosi Rodrigues

Bauru
2026

F399e

Ferst, Nilton Cesar
Ergonomia Cognitiva e Julgamento Visual por Árbitros de Marcha Atlética : Análise do Comportamento do Olhar pelas Fixações e do Modelo de Ensino / Nilton Cesar Ferst. -- Bauru, 2026
171 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, Bauru
Orientador: Sergio Tosi Rodrigues

1. Percepção Visual. 2. Fatores Humanos. 3. Atletismo. 4. Formação. 5. Julgamento. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE NILTON CESAR FERST, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN, DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES, COMUNICAÇÃO E DESIGN - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 08 de junho de 2026, às 9h30min, no(a) https://meet.google.com/gzt-xadk-kco, realizou-se a defesa de TESE DE DOUTORADO de NILTON CESAR FERST, intitulada "Ergonomia Cognitiva e julgamento Visual de Vídeos por Árbitros de Marcha Atlética: Análise do Comportamento do Olhar e do Modelo de Ensino ". A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Professor Titular SERGIO TOSI RODRIGUES (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) Departamento de Educação Física / UNESP / Câmpus de Bauru - FC, Professor Associado FAUSTO ORSI MEDOLA (Participação Presencial) do(a) Departamento de Design / UNESP / Câmpus de Bauru - FAAC, Professor Doutor JOSE ANGELO BARELA (Participação Virtual) do(a) Departamento de Educação Física / UNESP / Câmpus de Rio Claro - IB, Profa. Dra. MARTINA NAVARRO (Participação Virtual) do(a) Faculty of Science & Health, School of Sport, Health & Exercise Science / Universidade de Portsmouth/Inglaterra, Professor Doutor LÚCIO FERNANDES FERREIRA (Participação Virtual) do(a) Programa de Pós-graduação em Educação / Universidade Federal do Amazonas, Após a exposição pelo doutorando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: APROVADO . Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

gov.br

Professor Titular SERGIO TOSI RODRIGUES

NILTON CESAR FERST

ERGONOMIA COGNITIVA E JULGAMENTO VISUAL DE VÍDEOS POR ÁRBITROS DE MARCHA ATLÉTICA: ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DO OLHAR E DO MODELO DE ENSINO)

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, Bauru, para obtenção do título de Grau acadêmico Doutor em Design.

Área de Concentração: Ergonomia

Data da defesa: 08/06/2026

Banca Examinadora:

_____

Prof. Dr. Sergio Tosi Rodrigues
UNESP - Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design - Campus Bauru.

_____

Prof. Dr. Fausto Orsi Medola
UNESP - Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design – Campus Bauru.

_____

Prof. Dr. Jose Angelo Barela
UNESP - Faculdade de Educação Física – Campus Rio Claro.

_____

Profa. Dra. Martina Navarro
Universidade de Portsmouth - Faculty of Science & Health – Inglaterra.

_____

Prof. Dr. Lucio Fernandes Ferreira
UFAM – Faculdade de Educação Física e Fisioterapia – Manaus.

"A ignorância gera mais confiança do que o conhecimento: são os que sabem pouco, e não aqueles que sabem muito, que afirmam de uma forma tão categórica que este ou aquele problema nunca será resolvido pela ciência."

Charles Darwin

Texto extraído da introdução de seu livro A Origem do Homem em 1871, como uma crítica aos que não acreditam na ciência, destacando a confiança na investigação científica.

“E Pluribus Unum”

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Sérgio Tosi Rodrigues, por seu imenso conhecimento na área, por haver aceitado o desafio de minha pesquisa, por sua paciência ao longo desses anos. Mas principalmente pela acolhida em Bauru por sua família, sua esposa e filhos. Em vários momentos foi mais que somente o orientador, foi um grande amigo.

Ao meu filho Mateus, que além da colaboração em vários momentos durante os quatro anos me auxiliando na criação de imagens, desenhos e figura, é também minha inspiração.

A Federação Atlética do Chile pela enorme ajuda e colaboração durante uma importante fase de coleta, cedendo espaço em sua sede e também organizando a participação dos árbitros no experimento durante dois eventos esportivos. Com um especial agradecimento à Profª. Cinthya López e Profª. Alejandra Herrera pelo apoio.

Ao Prof°. Joél Álvarez- Ruf, da Universidad Metropolitana de Ciências de la Educación, da cidade de Santiago no Chile. Pela amizade, acolhida e gentileza no empréstimo de equipamento de pesquisa.

Aos árbitros brasileiros, chilenos e de outros vários países da América do Sul, Central e do Norte, que dispuseram de seu tempo para colaborar no estudo, que sem eles não seria possível realizar o estudo, tanto na parte experimental com o eye-tracking como na parte sobre métodos com os questionários online.

Aos integrantes do Laboratório Livia – Lab. de Informação, Visão e Ação, que durante esses quatro anos estiveram juntos nos debates, nas apresentações, também nas confraternizações, nas inúmeras conversas sobre os métodos e equipamentos.

Ao grande amigo Gustavo que, com sua experiência acadêmica, me auxiliou muito na criação da rotina para a análise dos dados, com sugestões e debates, além das inúmeras conversas, e ao Vinicius que também ajudou em vários momentos com sua experiência com os equipamentos.

Aos colaboradores da secretaria do PPG em Design, pelo profissionalismo e atenção dispensada aos longa das inúmeras vezes que recorri a eles solicitando orientação ou alguma informação.

O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Também recebeu apoio do PPG-Design FAAC-UNESP e do Laboratório de Informação, Visão e Ação – LIVIA.

RESUMO

No atletismo, somente as provas da marcha atlética dependem da interpretação das regras pelos árbitros pois o regulamento não permite o uso de tecnologias para auxiliar o árbitro e o julgamento deve se basear somente em observações feitas pelo olhar. Os objetivos para o estudo sobre os cursos de formação foram analisar ergonomicamente os cursos de formação de árbitros de marcha atlética pela perspectiva dos árbitros e pela perspectiva das federações nacionais. Os objetivos para o estudo experimental foram identificar e diferenciar as estratégias visuais de julgamento entre os árbitros de diferentes níveis de conhecimento por área de interesse através da variável comportamental fixação e tempo de resposta durante a tarefa de julgamento visual. Para o estudo sobre os cursos de formação foram criados dois questionários com questões abertas e fechadas. O questionário para os árbitros foi respondido por 229 árbitros de 11 países e o questionário para as federações nacionais por 13 países. Foi adotado análise de conteúdo para as respostas e para a análise ergonômica do posto de trabalho a proposta de Kao. O estudo experimental utilizou 40 vídeos de atletas marchando, com uma amostra de 23 árbitros de atletismo com e sem experiência em marcha. As coletas de dados foram realizadas em Anapoima (COL), Assunção (PAR) e Santiago (CHI), com o uso do eye-tracking SMI. Os dados das variáveis dependentes foram submetidos ao modelo misto de análise através de análise de variância por região de interesse, com medidas repetidas, com nível de significância de 0,05. Comparações aos pares (post-hoc) foram realizadas através do Teste HSD de Tukey, ajustes de probabilidade de Bonferroni e ajustes de graus de liberdade de Greenhouse-Geisser. O modelo de formação atual necessita de uma abordagem pelo design ergonômico que considere o usuário e as condições de horas, conteúdo, uso de vídeo, apostilas, aulas teorias e práticas com atletas. Os resultados sobre os métodos indicaram que para os árbitros a perda de contato é a falta mais difícil de julgar; que o uso de apostila e de vídeos nos cursos é recomendado, que a carga horária ideal está entre 9 e 16 h/a. Para as respostas das federações nacionais observou-se uma grande diferença entre os países sobre o que é e como é oferecido. Os resultados do estudo experimental indicaram que o número de fixações, a duração total das fixações (ms) e o percentual (%) de tempo na região de interesse foram significativamente afetado pela região; que a região do joelho é mais informativa do que a região do tornozelo.

Palavras-Chave: percepção visual, fatores humanos, atletismo, formação, julgamento.

ABSTRACT

In athletics, race walking events are unique in that they rely on judges' interpretation of the rules; regulations prohibit the use of technology to assist judges, requiring judgments to be based solely on visual observation. The study on training courses aimed to ergonomically analyze race walking judge training programs from the perspectives of both the judges and the national federations. The experimental study aimed to identify and differentiate visual judgment strategies among judges with varying levels of expertise—categorized by area of interest—by analyzing behavioral variables such as fixation and response time during visual judgment tasks. For the training course study, two questionnaires featuring both open-ended and closed-ended questions were developed; the judges' questionnaire was completed by 229 judges from 11 countries, while the national federation questionnaire was completed by representatives from 13 countries. Content analysis was used to evaluate the responses, and Kao's proposal was adopted for the ergonomic analysis of the judging workstation. The experimental study utilized 40 videos of race walkers and a sample of 23 athletics judges with and without experience at race walking. Data collection took place in Anapoima (COL), Asunción (PAR), and Santiago (CHI) using SMI eye-tracking technology. Data regarding the dependent variables were subjected to Mixed Model Analysis, specifically an analysis of variance with repeated measures, across regions of interest, using a significance level of 0.05. Pairwise comparisons (post-hoc) were conducted using Tukey's HSD test, Bonferroni probability adjustments, and Greenhouse-Geisser degrees-of-freedom adjustments. The current training model requires an approach based on ergonomic design that considers the user as well as factors such as duration, content, the use of video and training manuals, and the inclusion of both theoretical instruction and practical sessions with athletes. Regarding the methods, the results indicated that, for referees, loss of contact is the most difficult foul to judge; that the use of course manuals and videos is recommended; and that the ideal course duration is between 9 and 16 hours. Responses from national federations revealed significant differences between countries regarding the nature and delivery of the training. Results from the experimental study indicated that the number of fixations, total fixation duration (ms), and the percentage (%) of time spent in the region of interest were significantly affected by the region; that the knee region provides more information than the ankle region.

Keywords:
visual perception, human factors, athletics, training, judgment.

Lista de Publicações

Anais de evento:

FERST, N. C.; PAGANOTTO, L. N. B.; RODRIGUES, S. T. **A Influência do Set Time no Tempo de Reação Durante a Saída do Bloco nas Provas de 100 metros Masculino do Troféu Brasil de Atletismo.** XI Congresso Brasileiro de Comportamento Motor. Manaus -AM. 2022. Brazilian Journal of Motor Behavior. Vol 16 – Supplement n°4, Nov. 2022. ISSN 2446-4902.

FERST, N. C.; RODRIGUES, S. T.; MICHELS, G. **Mochila Escolar e Desvios Posturais – Implicações Ergonômicas**. III Bioergonomics - Congresso Internacional de Biomecânica e Ergonomia. ESA/UEA. Junho, 2022.

FERST, N. C.; RODRIGUES, S. T. **Relação entre design, ergonomia, educação e neurociências na produção de material didático para árbitros de marcha atlética**. Anais do XV Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design - P&D Design Manaus. ISBN: 978-65-5839-208-8. DOI: https://doi.org/10.29327/5457226.1-151. 2024. 2024.

FERST, N. C.; PEIXOTO, M. A.; SILVA, G. A.; ALVAREZ-RUF, J.; RODRIGUES, S. T. **Julgamento Visual por Árbitros de Atletismo: Análise da Acurácia a Vídeos de Atletas Marchando Durante Competições**. Anais do XIV Congresso Internacional de Educação Física e Motricidade Humana. Instituto de Biociências, UNESP. Rio Claro. 2025. Motriz, Rio Claro, v. 31, n. 2 (Suplemento 1), 2025. DOI: https://doi.org/10.5016/s1980-6574v31n22025

FERST, N. C.; RODRIGUES, S. T. **Informação Visual no Julgamento da Marcha Atlética: Uma abordagem dinâmica influenciada pela tecnologia e pelo comportamento do usuário.** Anais da I Jornada Paulista de Pesquisa em Design – I JPPD. São Paulo, Brasil. 2025.

PERIN, Y. P. C.; FERST, N. C.; RODRIGUES, S. T**. Ergonomia Cognitiva e Julgamento Visual de Árbitros de Marcha Atlética: Movimento dos Olhos de um Árbitro Experiente.** XXXVII Congresso de Iniciação Científica da Unesp – Faculdade de Ciências - Bauru, 2025.

WEBRATH, A. G.; RODRIGUES, V. P.; FERST, N. C.; RODRIGUES, S. T. **Ergonomia Cognitiva e Julgamento Visual de Árbitros de Marcha Atlética: Uma Revisão Sistemática.** XXXVII Congresso de Iniciação Científica da Unesp – Faculdade de Ciências - Bauru, 2025.

Capítulo de Livro:

FERST, N. C.; RODRIGUES, S. T. **O Ensino do Olhar pelo Olhar do Design**. Design: Rumos e Reflexões. Editora Canal 6. Bauru, SP. ISBN 978-85-7917-676-0 (digital). DOI 10.52050/9788579176760.

Artigos:

FERST, N. C.; RODRIGUES, S. T.; LANDIM, P. C. Levantamento Crítico e Histórico das Teses do Programa de Pós-Graduação em Design da Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design da Unesp Bauru. Recorte Temporal de 2021 e 2022. **Arquivo Brasileiro de Educação**. Belo Horizonte, v.10, n.19. 2022.

POLETTO, L. Q. A.; FERST, N. C.; PASCHOARELLI, L. C. Contribuições da Filosofia Ecológica ao Design Ergonômico: avaliação da percepção do formato de botoeiras para suas atividades de acionamento, liga-desliga e emergência. **Estudos em Design**. Rio de Janeiro, v.30, n.3, 50-66. 2022.

FERST, N. C.; RODRIGUES, S. T.; PASCHOARELLI, L. C. Reflexões sobre a relação da teoria do design e a educação física pela visão da Gestalt. **Educação Gráfica**, Bauru. v. 27, 1. 331-346. 2023.

FERST, N. C.; RODRIGUES, S. T.; LANDIM, P. C. Reflexões sobre os elementos da ação didática no ensino do design. **Revista Contribuciones a Las Ciencias Sociales**. São José dos Pinhais. v.17, n.4, 01-19. 2024.

FERST, N. C.; SILVA, G. A; RODRIGUES, S. T. Decision making in race walking referees: a systematic review. **InfoDesign. Revista Brasileira de Design da Informação** - Brazilian Journal of Information Design. São Paulo. ISSN 1808-5377. (já submetido e aguardando publicação)

Resumos Expandidos:

FERST, N. C.; SILVA, G. A; RODRIGUES, S. T. Informação Visual no Julgamento da Marcha Atlética: Uma abordagem dinâmica influenciada pela tecnologia e pelo comportamento do usuário.", p-343-345. In: 1º JPPD. São Paulo: Blucher, 2026. ISSN 23186968, DOI 10.5151/1JPPD-0132

Lista de Figuras

Figura 1: Fotografia tirada nos Jogos Olímpicos de Estocolmo 1912 20
Figura 2: Posicionamento do Árbitro em relação ao atleta marchando 22
Figura 3: Relação Olho x Máquina Fotográfica 31
Figura 4: Imagem do Olho e Recorte da Retina 33
Figura 5: Morfologia (A) e Segmentos Externos (B) dos Fotorreceptores 34
Figura 6: Visão Geral da Complexidade no Processo de Análise e Julgamento dos Atletas de Marcha Atlética 43
Figura 7: Evolução dos Cursos de Arbitragem em Marcha Atlética na América do Sul 47
Figura 8: Design da Página da W.A. para o E-Learning 49
Figura 9: Sequência Metodológica para o Design Ergonômico 50
Figura 10: Tela Preta, com Marcador Centralizado e com Vídeos sobre a Marcha 89
Figura 11: (A) Ilustração do design do setup experimental em Anapoima, Assunção e Santiago; (B) Eye-Tracker SMI Sensor Motor Instruments; (C) Tela Calibração 89
Figura 12: Exemplo Ilustrativo das Regiões de Interesse Dinâmicas 94
Figura 13: Exemplo de Concentração de Fixações por Regiões de Interesse (A) Árbitro Experiente (B) Árbitro Novato 104

Lista de Tabelas

Tabela 1: Demonstrativo de Cursos Básicos e Antigos NI por Países 48
Tabela 2: Distribuição de Árbitros por País e Categoria 59
Tabela 3: Categorias por cada grupo de resposta 64
Tabela 4: Análise Ergonômica do Processo Educacional 66
Tabela 5: Análise Ergonômica do Modelo de Ensino 68
Tabela 6: Características da Amostra 87
Tabela 7: Caracterização dos 40 vídeos por gênero, direção, reta ou curva, gravação, com ou sem falta, pista ou rua 90

Lista de Gráficos

Gráfico 01: Carga Horária 61
Gráfico 02: Forma de Oferecer as Atividades 61
Gráfico 03: Uso de Vídeo 62
Gráfico 04: Dificuldade ou Facilidade no Julgar 62
Gráfico 05: Uso de Apostilas 63
Gráfico 06: Média do Número de Fixações nas regiões do quadril, joelho e tornozelo 107
Gráfico 07: Média da Duração Total das Fixações (ms.) nas regiões do quadril, joelho e tornozelo 108
Gráfico 08: Média do Percentual (%) de Tempo de Fixações nas regiões do quadril, joelho e tornozelo 109

Lista de Infográficos

Infográfico 1: Motivos por não ter realizado curso específico 60
Infográfico 2 Modelo de Ensino dos Países 67
Infográfico 3: Processamento das Informações no Estudo Experimental 105

Lista de Abreviaturas e Siglas

IAAF	International Association of Athletics Federations
W.A.	World Athletics
CBAt	Confederação Brasileira de Atletismo
IRWJs	International Race-Walking Judges – Árbitros Internacionais de Marcha Atlética
WARECS	World Athletics Referee Education and Certification System
NAR	National Athletics Referee Level - Árbitro de Atletismo Nível Nacional
WARB	World Athletics Referee Bronze Level - Árbitro Mundial Nível Bronze
WARS	World Athletics Referee Silver Level - Árbitro Mundial Nível Bronze
WARG	World Athletics Referee Gold Level - Árbitro Mundial Nível Ouro
LIVIA	Laboratório de Informação, Visão e Ação
RT	Regra Técnica
NACAC	North American, Central American and Caribbean Athletic Association
ROIs	Regiões de Interesse

Sumário

LISTA DE PUBLICAÇÕES **11**

LISTA DE FIGURAS **13**

LISTA DE TABELAS **14**

LISTA DE GRÁFICOS **15**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS **17**

1. INTRODUÇÃO **20**

2. REVISÃO DE LITERATURA **28**

2.1 Percepção Visual 30

2.1.1 Estrutura do Olho *32*

2.1.2 Visão Central e Visão Periférica *35*

2.1.3 Movimento dos Olhos *36*

2.2 Ergonomia na Formação de Árbitros 45

3. ESTUDO SOBRE O MODELO DE ENSINO NA FORMAÇÃO DE ÁRBITROS **56**

3.1 Objetivo Geral 56

3.2 Objetivos Específicos 56

3.3 Problema de Pesquisa 56

3.4 Método 56

3.5 Análise dos Dados 58

3.6 Resultados 59

3.6.1 Questionário dos Árbitros *59*

3.6.2 Questionário das Federações Nacionais *66*

3.7 Discussão 69

3.7.1 Modelo de Formação pela Perspectiva dos Árbitros *70*

3.7.2 Modelo de Formação pela Perspectiva das Federações Nacionais *78*

4. ESTUDO EXPERIMENTAL SOBRE O JULGAMENTO VISUAL DO ÁRBITRO **85**

4.1 Objetivo Geral 85

4.2 Objetivos Específicos 85

4.3 Hipóteses 85

4.4 Problema de Pesquisa 85

4.6 Materiais e Método 86

4.6.1 Participantes *86*

4.6.2 Critérios de Inclusão e Exclusão na Amostra *87*

4.6.3 Locais *89*

4.6.4 Vídeos *89*

4.6.5 Programas Computacionais *92*

4.6.6 Hardware Eye-Tracker SMI – Sensor Motor Instruments *92*
4.6.7 Protocolo Experimental *93*
4.6.8 Análise dos Dados *94*
4.6.9 Análise Estatística *107*
4.7 RESULTADOS 107
4.8 DISCUSSÃO 110
5. CONCLUSÕES 120
5.1 FUTUROS ESTUDOS 122
8 ANEXOS 137
8.1 QUESTIONÁRIO PARA OS ÁRBITROS 137
8.2 QUESTIONÁRIO PARA AS FEDERAÇÕES NACIONAIS 140
8.3 JUSTIFICATIVAS DOS ÁRBITROS 142
8.4 RESPOSTAS DAS FEDERAÇÕES NACIONAIS 147
8.5 TABELA RESOLUÇÃO DOS 40 VÍDEOS UTILIZADOS NO EXPERIMENTO 156
8.6 RESULTADOS DO ESTUDO EXPERIMENTAL 157
8.7 DESENHO DO MÉTODO DO ESTUDO EXPERIMENTAL 161

1. Introdução

Atualmente, de um total de 48 provas oficiais do atletismo para pista padrão de 400 m (24 para o masculino e 24 para o feminino), há quatro provas de marcha atlética, que são a prova de 21.097,5 m (meia maratona) e a prova de 42.195 m (maratona), ambas para o masculino e para o feminino. Nos Jogos Olímpicos realizados na cidade do Rio de Janeiro – Brasil em 2016, a marcha atlética foi a prova olímpica que mais reuniu países. Somando as provas olímpicas realizadas, foram 49 os países presentes participantes das provas, com um total de 228 atletas participando (COI, 2024).

A marcha é considerada uma das atividades mais comuns do dia a dia de uma pessoa (Fitili e Giovanis, 2020). Sua origem competitiva ocorreu na França, no ano de 1655, com uma prova de 100 km entre as cidades de Dijón e Dole (Aguilera e Vinker, 2025); na Inglaterra, em meados do século 18, havia provas de caminhada entre cidades, as chamadas pedestrian races (Schiffer, 2008). A marcha atlética é provavelmente a prova dentro do programa oficial do atletismo que mais sofreu mudanças e situações controversas (Marlow, 1990; Schiffer, 2008; Lee *et al.*, 2013; Aguilera e Vinker, 2025). A primeira prova de marcha em Olimpíadas ocorreu em Londres no ano de 1908, com as distâncias de 3.500 m e 10 milhas (Marlow, 1990; Aguilera e Vinker, 2025); porém, dois anos antes, nos chamados Jogos Olímpicos Interinos na cidade de Atenas, a prova de marcha constava na programação olímpica (Osterhoudt, 1975). No Brasil, os primeiros registros da prova vêm da década de 40, na cidade de Porto Alegre, com aproximadamente 20 atletas (Bertolino, 2002). Atualmente, a marcha é definida pela Regra Técnica (RT) 54.2 (World Athletic - Competition Rules, 2024) como

> ... uma progressão de passos, executados de tal modo que o atleta mantenha um contato contínuo com o solo, não podendo ocorrer (a olho nu) a perda do contato com o mesmo. A perna que avança deve estar reta (ou seja, não dobrada no joelho) desde o momento do primeiro contato com o solo, até a posição ereta vertical.

No atletismo, somente estas provas da marcha atlética possuem um julgamento visual subjetivo; o resultado ou o andamento da prova depende da interpretação das regras pelos árbitros. Nas provas de campo ou pista, há medições dos saltos ou arremessos com trena ou equipamento eletrônico e, na pista, há o cronômetro e o fotofinish para determinar as posições, as marcas, enfim, os resultados.

Para Bertolino (2020, p.03), existe um “sério problema de controle quanto à regra”. Pelo fato de o julgamento da prova ser feito sem o auxílio de recursos eletrônicos (World Athletic - Competition Rules, 2024), conforme a RT 54.2 “...de contato visível (a simples vista),” surgiram ao longo da história vários casos polêmicos envolvendo a marcha, tais como desclassificações e julgamentos questionados (Bertolino, 2020). Em Estocolmo, no ano de 1912, a prova de 10.000 m foi muito questionada, pois somente quatro atletas finalizaram a prova (Figura 1). Em 1924, na cidade de Paris, outra controvérsia veio à tona quando, mesmo existindo três provas oficiais, apenas uma prova foi disputada sem que a organização justificasse a ausência das outras duas provas e, por problemas de julgamento durante as eliminatórias, ocorreu a renúncia do painel de juízes e um novo painel foi formado para a final (Marlow, 1990; Aguilera e Vinker, 2025). Em vista do grande número de irregularidades encontradas, entre as quais problemas de julgamento e má organização, a marcha atlética foi eliminada dos Jogos de 1928 (Schiffer, 2008), regressando em 1932 na olimpíada seguinte. Na década de 70, nos Jogos Olímpicos de Montreal, por questionamentos sobre saúde física e mental dos atletas, a polêmica voltou quando a prova de 50 km foi retirada do programa olímpico (Marlow, 1990).

Figura 1: Fotografia tirada nos Jogos Olímpicos de Estocolmo 1912.



Fonte: Berval (2013, p.562)

Os primeiros registros confiáveis sobre regulamento, segundo Schiffer (2008), trazem que as primeiras regras de marcha surgiram no século XIX para normatizar eventos de longa distância, tendo em Westhall um pioneiro na definição técnica da

modalidade. A recomendação técnica exigia do atleta uma postura ereta, com ombros para trás, peito projetado e braços flexionados para assegurar o equilíbrio. A regra trazia ainda informações biomecânicas sobre o movimento do atleta e essas informações priorizavam a oscilação pélvica, via relaxamento lombar e o ataque do calcanhar ao solo com o joelho em completa extensão, garantindo a correção técnica do movimento.

Schiffer (2008) comenta que não eram regras definitivas e que o conceito aceito pelos árbitros era somente sobre o calcanhar e o pé no chão. Entendia-se que antes de os dedos da perna de trás serem levantados, o calcanhar do pé da frente deveria estar no chão. O primeiro campeonato inglês de caminhada amadora em 1866, um evento de sete milhas, foi julgado sob essa regra.

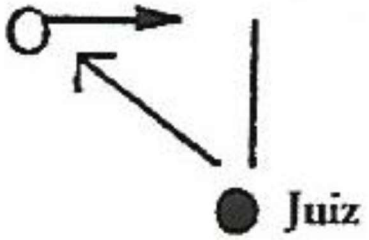
Um dos primeiros congressos internacionais de atletismo, chamado Australásia, que foi realizado em 1900, foi o primeiro a adotar regras formais para a marcha atlética. Em 1928, a International Association of Athletics Federations - IAAF, atual World Athletic, publicou a seguinte definição para a marcha atlética: Caminhar é uma progressão por passos dados de modo que o contato ininterrupto com o solo seja mantido (Schiffer, 2008).

Pelo manual Race Walking (International Association of Athletics Federations 2016, p.06) "...todos os árbitros atuaram individualmente e seus julgamentos se basearam em observações feitas a simples vista. Para que isso ocorra, o árbitro deve buscar e se posicionar em um local (Figura 2) com boa visibilidade para avaliar cada competidor." No final dos anos 80, a Federação Alemã de Atletismo, preocupada com o tema, sugeriu uma qualificação sistemática dos árbitros (Frister, 1988). Segundo o manual (International Association of Athletics Federations, 2016, p.12), o árbitro deve ter

> ...uma vista clara das pernas dos competidores. Em uma prova em pista, a posição ideal é nas raias externas aonde a borda interna elevada não atrapalhe a vista dos pés dos atletas. Para uma prova em rua, o árbitro deverá, quando seja possível, mover-se a uma posição aonde ele ou ela possam ver claramente o contato com a superfície da rua. Uma boa posição de julgamento é a que permite um ângulo de visão horizontal de 45 graus do atleta conforme se aproxima do árbitro.

Principalmente pelo posicionamento dos árbitros nas provas de rua, que ficavam distantes da secretaria da prova, dificultando a comunicação entre os árbitros de julgamento e o secretário, houve a necessidade de repensar o processo de comunicação.

Figura 2 – Posicionamento do Árbitro em relação ao atleta marchando



Fonte: International Association of Athletics Federations (2016).

Esse problema foi resolvido com o surgimento de equipamentos para auxiliar a transmissão de dados durante as provas de marcha, que possuíam a finalidade de agilizar a comunicação entre o árbitro e o secretário, através da empresa Omega, que apresentou um sistema sem fio durante o Campeonato Mundial de Paris em 2023 e a empresa Seiko que utilizou equipamento com cabos nos Jogos Olímpicos de Atenas em 2004 (Aguilera e Vinker, 2025). Com essas novas tecnologias o meio acadêmico começou a se interessar pela prova e a ciência passou a indicar possíveis soluções tecnológicas para auxiliar nos julgamentos visuais necessários. Lee *et al.* (2013) e Gironimo *et al*. (2016) realizaram estudos com um sensor inercial, os quais poderiam melhorar a precisão, monitorando cada passo que o atleta faz no treinamento ou em competição. Estes estudos mostraram que um sensor inercial pode melhorar objetivamente a precisão na detecção de etapas ilegais do ciclo da marcha (perda de contato do pé com o solo). O estudo de Suzuki, Takeda e Fujii (2024) propôs um sistema de detecção automática de falhas por falta de contato do pé com o solo a partir de uma câmera fixa de smartphone. Os autores encontraram resultados que mostraram que o sistema proposto detectou falhas com uma acurácia média de mais de 90%, porém, segundo os autores, essa acurácia é insuficiente para uso em competição, mas pode ser suficiente para uso em auto verificações de treinamento. No estudo de Santoso e Setyanto (2013), um sistema de instrumentação de precisão para diferenciar o movimento da marcha atlética do movimento da corrida foi desenvolvido, usando um sensor piezoelétrico. O princípio do sistema é medir o estresse do pé em quatro lugares simultaneamente e, pelo uso de sinais de medição, detectar a existência de perda de contato do pé com o solo. Os resultados dos experimentos mostraram que o sistema pode ser operado de forma on-line e em tempo real se mostrando, segundo os autores, muito útil não apenas para atletas, mas também para treinadores e árbitros para evitar desqualificações desnecessárias.

A regra da marcha atlética, no entanto, proíbe o uso de qualquer tipo de equipamento que auxilie no julgamento visual (World Athletic - Competition Rules, 2024), restando para os estudos focarem na questão humana, ambiental e comportamental. Ao buscarmos uma compreensão melhor sobre a atuação do árbitro, podemos direcionar os estudos para o movimento dos olhos dos árbitros, sobre a forma e as condições comportamentais que influenciam o julgamento das ações do atleta pelo movimento dos olhos do árbitro. Ao recordarmos a realidade das competições, podemos entender que o árbitro, com as observações dos atletas durante as várias competições em que trabalha, hipoteticamente está adquirindo mais conhecimento a cada prova de marcha atlética.

Buscando uma explicação não subjetiva, Knicker e Loch (1990) afirmam que as infrações às regras podem durar apenas alguns milissegundos, e por serem extremamente curtas, o que, no caso da marcha atlética, pode ocorrer entre uma, duas ou três passadas, é muito difícil para os juízes identificarem violações à regra atual. Em estudo similar, Loschky *et al.* (2005) buscaram os limites da resolução visual na visualização de cenas naturais. Para isso, 12 participantes visualizaram cenas de alta resolução em uma tela, centrando o olhar em uma área de interesse e com resolução decrescente. Os resultados detalham o tempo de detecção de imagem; a detecção não ocorreu para fixações abaixo de 100ms. Kandel, Schwartz e Jessell (2014) explicam que fixação é a condição do olho em ficar estacionário sobre alguma localização durante algum tempo.

Apresentando a experiência do árbitro como fator determinante para a tomada de decisões, Ghasemi *et al.* (2009) exploram as habilidades visuais de árbitros de futebol. Utilizando 42 árbitros divididos em experientes e novatos, os autores analisaram os movimentos sacádicos, facilidade de acomodação, velocidade de reconhecimento e visão periférica através da projeção de imagens e pontos em um monitor. Os resultados mostraram diferenças significativas entre árbitros especialistas e árbitros novatos nos quatro aspectos estudados.

Outros estudos exploram a experiência do árbitro na tomada de decisão. Pizzera e Raab (2012) estudaram a experiência de arbitragem, experiência motora e experiência visual, além de medidas de desempenho, em 370 árbitros de quatro esportes: futebol, handball, hockey no gelo e trampolim. Através da aplicação de um questionário, foi possível avaliar as experiências motora e visual em arbitragem. Para avaliar desempenho, foram utilizados os próprios sistemas de observação dos esportes, nos quais treinadores de árbitros especialistas observam regularmente os árbitros durante seus jogos e os

julgavam em diferentes aspectos característicos de um bom desempenho de árbitro. Os resultados mostraram que, através de análises de regressão não linear (cúbica), no futebol um mínimo de 10 anos de experiência de arbitragem deve ser alcançado para melhorar o desempenho da arbitragem; que árbitros de handebol e hóquei no gelo, devem considerar uma especialização precoce como árbitro esportivo, ou seja, devem iniciar como árbitros o mais cedo possível; que uma alta frequência de arbitragem de jogo deve ser alcançada no hóquei no gelo para aumentar a experiência prática; a experiência motora no esporte se mostrou positiva para o futebol, hockey no gelo e trampolim, porém negativa para árbitros de handebol; a experiência visual foi considerada mais importante no futebol do que nos outros esportes para atingir qualidade nas tomadas de decisão. De forma geral, os autores concluíram que a experiência anterior auxilia na tomada de decisão mais correta do árbitro.

Melhorar o processo de tomada de decisão, sobre qualquer aspecto de um jogo ou sobre um determinado movimento de uma atleta, e que isto venha a influenciar o resultado final, é uma tarefa cognitiva altamente complexa. Vansteenkiste *et al.* (2022) pesquisaram o comportamento do olhar de jovens jogadores de futebol durante a execução de uma tarefa de passe de futebol. Utilizando o Teste de Passe de Futebol de Loughborough com jogadores de futebol de 8 a 10 anos, foi mensurado o comportamento do olhar; os resultados mostraram que o grupo de baixo desempenho tendia a olhar mais para a bola enquanto a manuseava, sugerindo que as estratégias de olhar se desenvolvem junto com as habilidades técnicas.

Ribeiro *et al*. (2021) buscaram comparar o conhecimento tático declarativo, o número de fixações visuais e a duração da fixação de atletas femininas de handebol das faixas etárias sub-17 e sub-14, relacionados com o desempenho e tomada de decisões. O número de fixações e a duração da fixação não diferiram significativamente entre os grupos, indicando semelhança na aquisição de informação visual nas duas faixas etárias. Apenas as pontuações do desempenho tático declarativo foram maiores em atletas do grupo sub-17 em comparação com os atletas do grupo sub-14. Os autores concluíram que as atletas de handebol sub-17 apresentaram conhecimento tático declarativo maior que o grupo sub-14.

Vaeyens *et al*. (2007) examinaram diferenças em comportamentos de busca visual e habilidade de tomada de decisão em diferentes situações de jogo ofensivo no futebol em participantes jovens (13,0-15,8 anos), com distintos níveis de habilidade e experiência. Os autores usaram simulações de filme realistas de jogo ofensivo, medidas

de resposta baseadas em movimento e uma técnica de registro de movimento ocular. Os resultados, obtidos através de análise de variância, mostraram diferenças significativas entre os grupos na frequência de alteração da fixação entre o jogador em posse da bola e qualquer outra área da cena. Os testes post hoc revelaram que os jogadores de elite usaram um tempo de busca mais alto em comparação aos outros participantes (elite, 0.154 ± .010s; não jogadores, 0,105 s ± 0,011s; regional 0,099s ± 0,011s; sub-elite, 0,086 s ± 0,012s). O comportamento de busca visual empregado durante a tomada de decisão varia em função da experiência de jogo, nível de habilidade e restrições únicas da tarefa. Para os autores, a variação se explica pelo fato dos atletas experientes e de elite decidirem com maior rapidez e precisão, alternando o olhar mais frequentemente entre o portador da bola e áreas críticas; diferentemente, os menos habilidosos focam menos no próprio posicionamento e priorizam atacantes sob marcação. As restrições da tarefa, quanto a número e proporção de jogadores, moldam o olhar, pois uma maior complexidade exige taxas de busca elevadas com fixações curtas, enquanto situações simples favorecem o uso da visão periférica. Para os autores os jogadores fixam o olhar em uma região central, tipicamente na bola ou no jogador que a detém, e utilizam a visão periférica para monitorar os movimentos dos jogadores sem a bola.

Como o presente estudo tem como objetivo compreender o comportamento do olhar, vale resgatar a definição de fixação. As fixações são comportamentos nos quais os olhos permanecem estacionários para estabilizar áreas informativas na região foveal, permitindo o processamento detalhado de informação (Rodrigues, 2001). As durações mínimas variam entre 80 e 150 ms em laboratório (Carl e Gellman, 1987; Optican, 1985), mas em contexto natural no esporte oscilam entre 850 e 1500 ms. (Williams & Davids, 1998). Tais valores dependem da complexidade da cena e da familiaridade do observador com os estímulos apresentados.

Sob a ótica cognitiva, a localização da fixação indica a importância das pistas utilizadas na tomada de decisão. O número e a duração das fixações refletem as demandas de processamento de informação impostas ao executante em cada situação. Durações mais longas sugerem um maior investimento em fontes de informação cruciais ou maior complexidade na área observada. No entanto, esse tempo cronometrado inclui tanto o processamento cognitivo quanto o período oculomotor necessário para planejar o próximo movimento sacádico. Além disso, estruturas de conhecimento prévio dirigem o olhar para áreas mais informativas, ignorando zonas de ausência de informação ou relevância reduzida (Afonso, Garganta e Mesquita, 2012).

Nessa parte introdutória da tese, abordamos a marcha atlética, prova olímpica de elevada representatividade global, que é definida pela Regra Técnica 54.2 como uma progressão de passos com contato contínuo ao solo e extensão completa do joelho da perna que avança quando toca o solo, exigindo um julgamento subjetivo a simples vista. Historicamente, essa característica gerou controvérsias em diversas edições dos Jogos Olímpicos, levando a desclassificações questionadas e ao desenvolvimento de metodologias para padronizar o posicionamento e a visão dos árbitros. Embora avanços tecnológicos como sensores inerciais e inteligência artificial busquem objetividade na detecção de infrações, o regulamento atual restringe o julgamento ao trabalho do árbitro. A tomada de decisão eficaz por parte dos árbitros depende da experiência; árbitros experientes demonstram habilidades visuais superiores e estratégias de busca mais precisas em comparação aos novatos. O comportamento ocular, especificamente as fixações, atua estabilizando áreas informativas na fóvea para permitir o processamento detalhado de pistas cinemáticas em milissegundos e a duração dessas fixações reflete as demandas cognitivas da tarefa.

Esta tese apresentará inicialmente uma revisão da literatura abordando, questões sobre julgamento, sobre a percepção visual, a estrutura do olho, a visão central e periférica, o comportamento do olho denominado fixação e sobre busca visual. A seguir, apresentará um primeiro estudo sobre a Ergonomia na formação dos árbitros, os modelos de ensino, seus objetivos, o problema de pesquisa, a descrição do método de pesquisa adotado, a análise dos dados, os resultados e a discussão a respeito deste primeiro estudo. Um segundo estudo tratará, de modo experimental, o julgamento visual do árbitro. Serão apresentados os objetivos, as hipóteses, o problema de pesquisa, a descrição do método de pesquisa adotado, a análise dos dados, os resultados e a discussão dos resultados obtidos, assim como suas limitações. Em sua parte final, esta tese apresentará as conclusões do estudo, as referências bibliográficas e os anexos do estudo.

2. Revisão de Literatura

A função do árbitro de marcha atlética é observar um atleta durante pouco tempo, com base no observado executar várias ações cognitivas, para ao final do período tomar uma decisão sobre o modo de marchar desse atleta. As referidas ações cognitivas foram moldadas durante a formação do árbitro, mostrando o conhecimento adquirido e a complexidade da tarefa do árbitro de atletismo especializado em marcha atlética.

Frister (1988), como membro do comitê de marcha atlética da World Athletic, já demonstrava preocupação com a qualificação dos árbitros internacionais, pois "... grandes diferenças entre as decisões dos juízes, apesar de condições idênticas, são um sinal de diferentes interpretações das regras, falta de experiência e talvez de incerteza". Maggio (2008) buscou, através de análise estatística, criar um Índice de Avaliação Técnica e um Índice de Consistência, ambos voltados para a arbitragem e para os treinadores. Esse índice de consistência utilizava informações sobre o número de propostas de desclassificação enviadas pelos árbitros individuais, que contribuíram para a desqualificação de um atleta em particular, o número total de propostas de desclassificação vindas de cada árbitro individual e o número de advertências impostas por cada árbitro individual.

Uma situação atual que afeta a formação do árbitro de marcha é que, em alguns estados brasileiros, a prova da marcha atlética não é colocada na programação da competição, acarretando assim poucas provas de marcha nas competições estaduais para serem julgadas por árbitros (Confederação Brasileira de Atletismo, 2025b), impossibilitando que os árbitros pratiquem a visualização e o julgamento. A não oferta da prova nas competições encontra a razão no fato de que a modalidade não é trabalhada pelos treinadores nos clubes.

Para Schweizer *et al.* (2011, p.01), "qualquer tipo de erro de julgamento pode influenciar o resultado da partida, e é por isso que as decisões dos árbitros devem ser as mais precisas possíveis". Salmhofer (2023, p.01) verificou que como os "atletas podem realizar múltiplas técnicas rápidas em um curto período, os árbitros de artes marciais se concentram em tomar rapidamente decisões combinando sua percepção do movimento dos atletas com as regras do esporte". Essa afirmação está em linha com o que ocorre com os árbitros de marcha atlética, quando os mesmos buscam a diminuição dos erros durante os julgamentos, um aspecto relevante na busca pela consistência.

Helsen, Gilis e Weston (2006) analisaram os erros de julgamento de impedimento com árbitros assistentes de futebol. Para os autores, o erro óptico é baseado em um ângulo de visão incorreto, enquanto a chamada flash-lag, se refere a erros perceptivos associados. Diferentemente das previsões do erro óptico, não houve diferença significativa entre as decisões corretas e incorretas em termos do posicionamento dos árbitros assistentes em relação à linha de impedimento. Essa situação também ocorre na prova da marcha quando há diferenças de posicionamento dos árbitros em provas de pista ou de rua. Este problema do ângulo de visão apresentado pelos autores, quando na rua, devido a largura da rua para a prova, o árbitro se posiciona muito próximo aos atletas, diferente do que ocorre na pista, quando o atleta está na raia 1 e o árbitro na raia 6 ou 7, distante aproximadamente oito metros do atleta. Para Wojtach *et al.* (2008), quando um flash de luz é apresentado em alinhamento físico com um objeto em movimento, o flash é percebido como atrasado em relação à posição do objeto; esse fenômeno é conhecido como efeito flash-lag. Para os autores, o efeito flash-lag revela uma discrepância entre a posição real e a percebida de objetos em movimento comparados a marcadores estáticos. Segundo Wojtach *et al.* (2008), essa diferença ocorre quando um objeto mais rápido é confrontado com um mais lento ou estacionário; isso acontece porque a percepção visual integra velocidade e posição em relação a pontos de referência. Assim, o fenômeno é explicado pela natureza empírica do processamento do movimento. Helsen, Gilis e Weston (2006) recomendam fortemente o uso de maneiras alternativas para ensinar os árbitros assistentes a lidarem melhor com os efeitos do flash-lag, reduzindo os erros típicos no julgamento do impedimento.

A dificuldade da marcha está no fato do julgamento ser subjetivo, o que gerou debates no decorrer da história, pois além de não poder usar qualquer tipo de recurso eletrônico que auxilie no julgamento, temos o olho humano e a percepção visual com suas complexidades. Como Lee *et al.* (2013) afirmam, uma simples observação feita pelos árbitros pode conter erros devido, por exemplo, ao limite perceptual para detectar movimento. O presente trabalho busca compreender o que ocorre durante o julgamento visual de vídeos pelos árbitros, realizando uma análise dos materiais e estruturas de ensino assim como do comportamento do olhar. Essas análises estarão fundamentadas na ergonomia, que é a ciência que estuda a relação do homem e seu posto de trabalho (Iida, 2016), e na percepção visual, com suas explicações sobre as questões comportamentais referentes à dinâmica do olhar com relação ao ambiente (Kandel, Schwartz e Jessel, 2014).

2.1 Percepção Visual

A percepção visual dá "sentido ao que é visto através da capacidade de organizar e interpretar estímulos visuais" (Haensch e Lima, 2019, p.01) e, longe de ser um registro passivo da realidade, constitui um processo neurocomputacional ativo de reconstrução e interpretação de estímulos ambientais. A análise ampliada da atuação do árbitro de marcha atlética em contexto natural pode trazer explicação sobre os mecanismos que operam sob condições de alta demanda cinemática, julgamentos com tempo restrito e situações climáticas potencialmente adversas, características que podem afetar a percepção visual. Klostermann *et al*. (2020) enfatizam a necessidade de uma melhor compreensão cognitiva sobre percepção visual nos processos esportivos. A expertise esportiva e a atenção seletiva refinam essa capacidade dos árbitros em transformar acuidade sensorial em julgamento técnico preciso.

Kandel, Schwartz e Jessell (2014), em sua obra Princípios da Neurociência, apresentam uma visão clássica sobre o tema. Nessa perspectiva, a percepção visual decorre de fatores ambientais, tais como a iluminação, tamanho, cor, forma e brilho. Os autores apresentam o conceito de percepção visual no qual a visão transcende as propriedades físicas, compondo uma organização cerebral de sensações. O sistema visual processa dados de forma, cor, distância e movimento, seguindo regras computacionais inerentes. Assim, o que vemos reflete a estrutura lógica de processamento do próprio sistema nervoso.

A percepção é um processo ativo e criativo que transcende os estímulos enviados para a retina (Kandel, Schwartz e Jessell, 2014; Lee, 1980; Merleau-Ponty, 2018). A interpretação de objetos depende tanto de suas propriedades físicas quanto do contexto visual no qual está inserida. O sistema visual organiza dados de forma, cor, distância e movimento através de circuitos neurais específicos. Essa percepção do mundo é construída pela combinação da experiência acumulada com a arquitetura biológica do encéfalo; o ato de ver é uma reconstrução complexa e não apenas uma recepção passiva.

A percepção visual do árbitro de marcha atlética também deve ser compreendida em um cenário distinto do registro passivo da realidade, propiciado por reconstrução computacional ativa realizada pelo sistema nervoso central (Kandel, Schwartz e Jessell, 2014). A modalidade exige do árbitro a identificação de faltas técnicas, como a perda de contato com o solo ou a flexão do joelho, que ocorrem em frações de segundo. O cérebro processa informações visuais oriundas de vias paralelas que analisam movimento através

da via dorsal, e através da via ventral, permitem que o árbitro decodifique a biomecânica do atleta sob condições de alta velocidade. A importância reside na compreensão de que a imagem retiniana é ambígua, e o julgamento da arbitragem depende da integração de estímulos sensoriais com o conhecimento das regras. A estrutura da visão explica como o sistema visual humano lida com o fenômeno do tempo de integração visual, no qual o árbitro deve distinguir entre a continuidade do movimento e a infração técnica. A precisão do julgamento visual, portanto, está intrinsecamente ligada à capacidade do córtex visual de processar sinais de alta frequência e organizar a cena visual de modo a minimizar erros de paraláxia e ilusões de óptica inerentes ao processamento de sinais biológicos rápidos. Em suma, Kandel, Schwartz e Jessell (2014) evidenciam que a expertise do árbitro é uma forma de especialização neuroplástica da percepção.

A percepção visual no esporte transcende a mera acuidade sensorial, configurando-se como um processo cognitivo complexo que envolve a captação, seleção e interpretação de estímulos ambientais para a execução de respostas motoras eficientes. Em ambientes dinâmicos, como em esportes coletivos, a capacidade do atleta ou do árbitro de extrair informações relevantes do cenário de jogo é o principal determinante, respectivamente, da vantagem competitiva ou de julgamento correto. Williams, Davids e Williams (1999) estabelecem que a expertise esportiva está ligada à busca visual estratégica. Os atletas e árbitros de elite não possuem necessariamente uma visão biologicamente superior, mas sim mecanismos de antecipação e reconhecimento de padrões mais desenvolvidos, permitindo-lhes prever ações antes mesmo da conclusão do movimento. Com relação à área esportiva, Silva Júnior *et al.* (2016) discutem como a atenção seletiva atua como um filtro crítico; este estudo mostrou que a percepção de estímulos e o planejamento de ações dependem da capacidade do atleta de ignorar distratores e focar em pistas cinemáticas essenciais para a tomada de decisão.

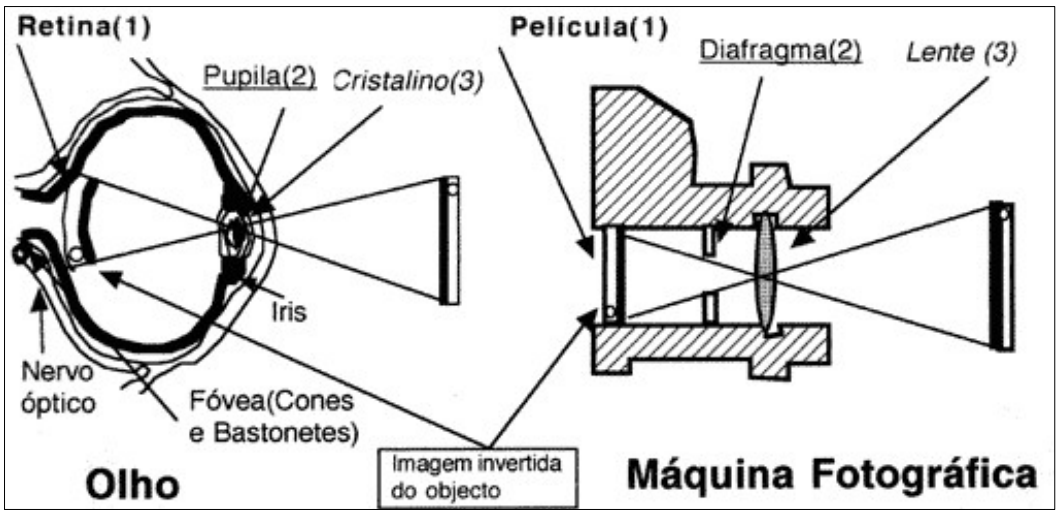
Diferente dos esportes coletivos de invasão, onde a percepção visual também é voltada à leitura de oponentes, no atletismo ela se manifesta como um mecanismo de regulação exteroceptiva e proprioceptiva, essencial para a manutenção da técnica sob fadiga e para a interação precisa com obstáculos e alvos (Afonso, Garganta e Mesquita, 2012). A regulação exteroceptiva no atletismo, especialmente em saltos e barreiras, ocorre quando o atleta usa a visão para perceber a distância e o tempo até um objeto, como o sarrafo ou a barreira; a regulação proprioceptiva ocorre quando a visão auxilia o sistema vestibular e os mecanorreceptores a entender a posição do corpo no espaço. Em

condições de fadiga, a eficiência visual decai, o que prejudica a manutenção da postura e da técnica.

2.1.1 Estrutura do Olho

O olho humano é um sistema óptico complexo responsável pela transdução, que é o processo biológico pelo qual, no caso da visão, os estímulos luminosos são convertidos em impulsos elétricos. A analogia entre o olho humano e a câmera fotográfica é um tema recorrente na biofísica e na óptica, fundamentada na convergência de luz para a formação de imagens invertidas. Historicamente, conforme destacado por Bainbridge e Gardner (2016), o olho funciona como uma câmara escura onde a luz atravessa uma abertura para projetar uma figura no anteparo posterior (Figura 3). A córnea e o cristalino atuam como um sistema de lentes compostas com foco variável ou acomodação. O controle de luz é realizado pela pupila, que funciona como o diafragma mecânico, controlando a abertura para gerenciar a profundidade de campo, e a exposição e a superfície de captura é representada pela retina, que possui a vantagem da curvatura, que elimina a distorção de borda comum em sensores planos de câmeras.

Figura 3: Relação Olho x Máquina Fotográfica



Fonte: https://digartdigmedia.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/03/hf_fig22.gif

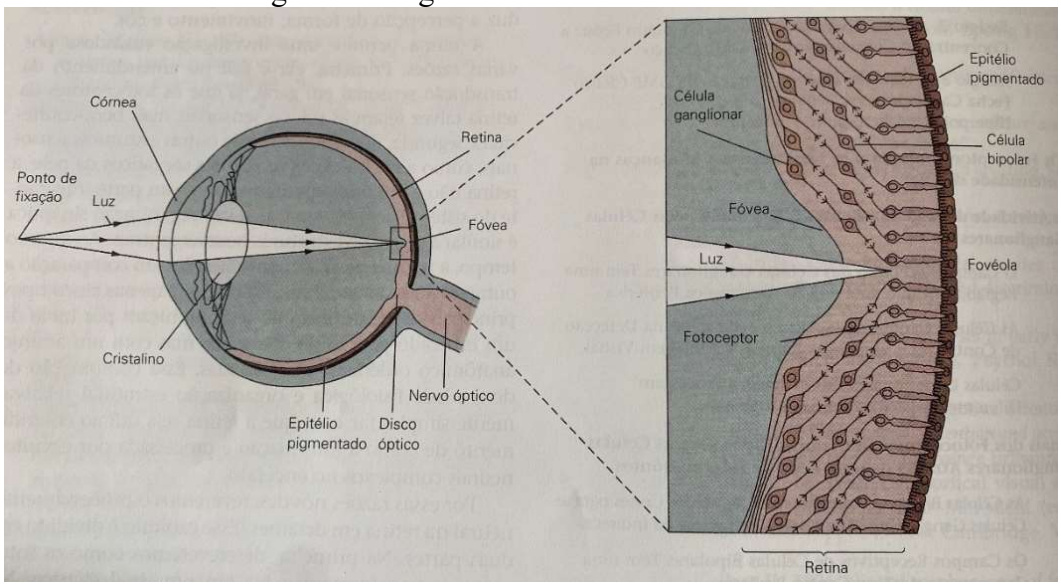
O olho humano, com sua estrutura e variáveis comportamentais, sempre despertou o interesse de muitos pesquisadores ao longo do tempo. Ayala (2007) explora a complexidade do olho, explicando que o olho humano e o telescópio compartilham os

mesmos princípios fundamentais; ambos são ajustados às leis físicas que regulam a transmissão e a refração dos raios de luz no espaço. Essa paridade inclui a figura, a posição e a capacidade funcional de convergir a luz em distâncias exatas. No caso do olho, essa convergência ocorre especificamente na retina para garantir a formação correta da imagem.

Em uma descrição simples da estrutura do olho, há a estrutura mais externa e macroscópica, o *globo ocular*, chamado dessa forma por possuir o formato semelhante a um globo, e que é protegido pela *esclera* ou parte branca e, anteriormente, pela *córnea*, que é a camada externa clara e transparente situada na frente do olho, que atua como a primeira lente refrativa do sistema (Heuseler, 2021). Atrás da córnea encontra-se a íris, a parte que determina a cor dos olhos; estruturalmente, a íris atua como o diafragma de uma câmera, regulando a entrada de luminosidade através da pupila, que é um orifício localizado no centro da Iris. A luz atravessa a pupila, cuja abertura é controlada pela íris, e o cristalino, uma lente que ajusta o foco para diferentes distâncias (Kandel, Schwartz e Jessell, 2014). O cristalino é a lente do olho, estrutura biconvexa com aproximadamente 4 mm de espessura por 9 mm de diâmetro, que auxilia a focar as imagens e a luz, ficando suspenso posterior à íris. O cristalino realiza a *acomodação visual* para ajustar o foco, processo similar ao movimento das lentes em dispositivos fotográficos. O espaço entre a córnea e o cristalino, a câmara anterior, é preenchido com um fluido claro, denominado humor aquoso que tem um aspecto claro e é continuamente produzido no interior do globo ocular, sendo o responsável pela nutrição e oxigenação do globo. O humor aquoso é importante na manutenção da pressão intraocular. Temos ainda o nervo óptico, que é o responsável pela captação das informações provenientes das células da retina, os cones e bastonetes, conduzindo impulsos nervosos para o cérebro traduzindo as informações que permitem uma pessoa enxergar (Figura 4).

Para Kandel, Schwartz e Jessell (2014), o processamento visual se inicia na retina. A retina é o equivalente biológico ao sensor digital ou filme fotográfico, onde os fotorreceptores captam a energia luminosa e a transformam em impulsos elétricos. Os fotorreceptores são chamados de bastonetes e cones e possuem algumas diferenças entre função, estrutura e funcionamento, que são descritas abaixo.

Figura 4: Imagem do olho e recorte da retina



Fonte: Kandel, Schwartz e Jessell, 2014, p.508

2.1.1.1 Fotorreceptor Bastonete

Os bastonetes são altamente sensíveis à luz, responsáveis pela visão em ambientes com baixa luminosidade ou visão noturna e essa característica se dá por possuírem mais pigmento visual fotossensível ou fotopigmentos, o que permite captar mais luz. Pessoas que possuem perda total dos bastonetes possuem cegueira noturna. Outra característica importante é que os bastonetes conseguem amplificar mais os sinais luminosos do que os cones; um único fóton pode ocasionar uma resposta elétrica detectável em um bastonete (Kandel, Schwartz e Jessell, 2014). Porém, os bastonetes não possuem percepção de cores (Lent, 2010) por possuírem apenas um tipo de pigmento.

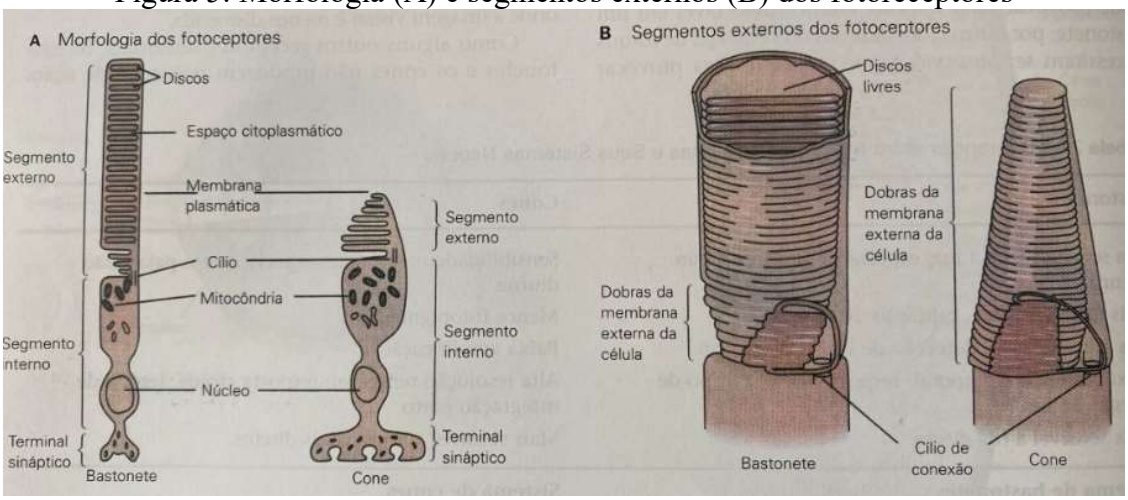
2.1.1.2 Fotorreceptor Cone

Os cones tendem a ter um desempenho melhor que os bastonetes em todas as tarefas visuais, exceto na detecção de estímulos fracos (Kandel, Schwartz e Jessell, 2014). Os cones são os responsáveis pela acuidade visual e pela visão de cores, concentrando-se principalmente na fóvea (Lent, 2010). Os bastonetes são mais sensíveis à luz do que os cones, porém os bastonetes são acromáticos ou não são capazes de distinguir cores. Dentro do sistema neural, os cones são chamados de cromáticos, por possuírem três tipos de cones, cada um com um pigmento diferente que é mais sensível a uma porção diferente do espectro de luz visível (Kandel, Schwartz e Jessell, 2014).

Sobre resolução temporal, tempo de resposta e de integração, os bastonetes e os cones (Figura 9) não produzem potencial de ação. Ao invés, eles respondem à luz com mudanças graduadas no potencial de membrana. Os bastonetes respondem lentamente e isso ajuda a detectar pequenas quantidades de luz, mas os impede de analisar a luz que oscila mais rapidamente que 12 Hz. A resposta dos cones é mais rápida; eles são capazes de detectar oscilações de pelo menos até 55 Hz (Kandel, Schwartz e Jessell, 2014).

Tanto os bastonetes como os cones possuem três regiões funcionais bem distintas, que são o segmento externo, localizado na parte distal da retina e especializado em foto transdução; o segmento interno, que contém o núcleo da célula e se localiza na região mais proximal da retina; um terminal sináptico, que tem como função estabelecer o contato com as células alvo dos fotorreceptores (Figura 5 A).

Figura 5: Morfologia (A) e segmentos externos (B) dos fotoreceptores



Fonte: Kandel, Schwartz e Jessell, 2014, p.510.

2.1.2 Visão Central e Visão Periférica

O sistema visual humano processa os estímulos de forma especializada por meio da divisão funcional entre a visão central e a visão periférica (Marr, 1982). A zona central, coordenada pela fóvea na retina, concentra uma alta densidade de fotorreceptores do tipo cones, sendo a via responsável pela acuidade visual fina, percepção de detalhes e discriminação cromática sob condições fotópicas. Em contrapartida, a região periférica apresenta uma predominância de fotorreceptores bastonetes. Essa configuração confere à periferia uma menor resolução espacial, compensada por uma elevada sensibilidade temporal e luminosa, essencial na detecção de movimentos e na orientação espacial.

Ambas as vias se integram de forma sinérgica no córtex visual, gerando uma percepção de cenário contínua, unificada e fluida.

2.1.2.1 Visão Central

A visão central é a responsável pela nitidez, leitura e reconhecimento de cores (foco). A visão central é determinada principalmente pela mácula lútea e pela fóvea, região caracterizada por elevada densidade de cones e mínima convergência entre fotorreceptores e células ganglionares, o que garante alta acuidade visual e percepção detalhada, essenciais para tarefas de precisão, leitura e reconhecimento facial (Lopes, Lopes, Carvalho e Nascimento, 2026).

2.1.2.2 Visão Periférica

A visão periférica é a responsável pela percepção de formas gerais, luz e detecção de movimento. A região periférica apresenta maior concentração de bastonetes e maior convergência neural, resultando em menor resolução espacial, porém maior sensibilidade à luminância e ao movimento, permitindo a detecção eficiente de alterações globais do ambiente (Lopes, Lopes, Carvalho e Nascimento, 2026).

2.1.3 Movimento dos Olhos

Rodrigues (2001), trazendo uma visão de Williams e Davids (1998), afirma que o processo de aprendizagem permite que o executante desenvolva uma robusta base de conhecimento fundamentada em experiências prévias e informações contextuais. Essa estrutura cognitiva direciona a estratégia de busca visual, permitindo a antecipação (Van Der Kanp, 2008) e a identificação de áreas prioritárias na cena esportiva. Com o acúmulo de treinamento e observação, o indivíduo experiente adquire a capacidade de filtrar estímulos redundantes. Dessa forma, a tomada de decisão torna-se mais eficiente ao priorizar pistas informativas e ignorar dados irrelevantes. Tal especialização perceptiva é o que diferencia o desempenho de experts em cenários de alta complexidade.

Segundo Williams, Davids e Williams (1999), muitos ambientes de esporte exigem decisões rápidas dos participantes devido às suas alterações complexas e constantes de condições. Nesta perspectiva, a ação de depositar a atenção nas informações mais relevantes e saber onde e quando olhar são aspectos determinantes de uma execução habilidosa. Esse depósito de atenção e execução habilidosa são resultado de influência

comportamental, que possibilita distintos movimentos dos olhos: sacadas, perseguição (também conhecida como seguimento ou smooth pursuit) e fixação. Os movimentos sacádicos, movimentos rápidos e abruptos dos olhos e que saltam de um ponto a outro, são necessários para trazer uma nova parte do campo visual para a região da fóvea, mas ocasionam uma redução na sensibilidade visual (Carpenter, 1988). Esta redução, chamada de supressão sacádica, ocorre, por exemplo, quando pulamos com os olhos de uma palavra para outra durante a leitura de uma frase ou, no caso do julgamento da marcha, quando pulamos com os olhos do joelho para os pés do atleta. Esse comportamento do olhar pode ocorrer durante um julgamento, pois o árbitro pode olhar tanto para os joelhos como também para os pés e essas mudanças de pontos de fixação se dão através de movimentos sacádicos. Interessantemente, Jafarzadehpur, Aazami e Bolouri (2007) mostraram que atletas apresentaram melhor facilidade de acomodação e movimento sacádico dos olhos do que o grupo controle de não praticantes de esporte. Houve diferença significativa entre não praticantes e praticantes iniciantes em comparação com praticantes avançados e intermediários

Outro comportamento do olhar é o movimento de perseguição, que possui uma velocidade ocular bastante semelhante à velocidade do objeto sendo seguido (Klatt e Smeeton, 2020). Os movimentos de perseguição se diferem do movimento sacádico por ser mais lentos e contínuo; é um movimento suave usado para rastrear um objeto em movimento, que diferente das sacadas, pois não é possível fazer esse movimento voluntariamente sem um alvo real para seguir. Esse procedimento do olho pode acontecer durante um julgamento, porque o árbitro, com seus olhos, pode acompanhar o atleta durante o deslocamento.

Apesar de proximidade anatômica à região, o piscar de olhos é um comportamento estudado pela ciência, mas ele pertence a um sistema diferente dos que controlam os movimentos do globo ocular. Enquanto os movimentos oculares envolvem os músculos extraoculares, o piscar é um ato motor das pálpebras, controlado principalmente pelo músculo orbicularis oculi e o músculo levantador da pálpebra superior (Bologna *et al.*, 2024).

A dilatação da pupila é uma alteração no diâmetro da abertura da íris, que pode ocorrer devido a três fatores principais: pela luminosidade, quanto menos luz maior estará o diâmetro da pupila; pelo esforço cognitivo, quanto mais difícil for a tarefa mental a ser realizada, mais a pupila dilata; pela excitação ou estado de alerta conhecido por *arousal*, que são as respostas emocionais, interesse ou estresse que ativam o sistema simpático,

dilatando a pupila (Hess e Polt, 1964). Embora ocorra no olho, a pupila não muda para onde você está olhando, mas sim como a luz e a informação são processadas. No entanto, ela faz parte do comportamento ocular global estudado muitas vezes em conjunto com o rastreamento do olhar (Hess e Polt, 1964).

2.2.3.1 Fixação

Silva Júnior *et al.* (2016, p. 03) afirmam que "a atenção visual tem sido caracterizada como a habilidade de selecionar estímulos específicos diante de uma ampla gama de informações disponíveis no ambiente", e ao selecionar o estímulo fixamos o olhar em um determinado ponto ou região. Por definição, a fixação é o comportamento do olho em ficar estacionário sobre uma localização no ambiente, durante um determinado tempo. É possível para o árbitro que uma determinada área da cena se destaque por alguma razão e ele, por meio das fixações, mantenha o foco atencional por mais tempo do que em outras áreas. A duração das fixações é um fenômeno bastante estudado no campo comportamental (Kandel, Schwartz e Jessell, 2014; Williams & Davids, 1998; Vickers, 1992; Abernethy, 1991), com mensurações sobre duração, duração média ou número total de locais de fixação.

Rodrigues (2001) apresenta dados sobre a duração das fixações; os indicativos são de que a duração mínima das fixações oculares varia entre 80 e 150 ms. No esporte, o tempo é maior em cenas mais complexas, como no futebol, com durações entre 850 e 1500 ms., e no squash com durações entre 320 e 380 ms. Estímulos familiares ou situações muito praticadas, a exemplo do golfe, registram valores menores, próximos a 100 ms. O objetivo do estudo de Fortin-Guichard *et al.* (2020) foi comparar as habilidades perceptivo-cognitivas de especialistas com responsabilidades decisórias (levantadores no vôlei) com as de outros especialistas em vôlei. Com o uso de 50 vídeos, 82 atletas tiveram que prever a direção da bola a partir de um determinado momento de cada vídeo. Os resultados revelaram que atletas do grupo de levantadores e atletas do grupo controle fizeram mais fixações, mas mais curtas, do que as do grupo de outros jogadores. Os resultados apontam para habilidades perceptivo-cognitivas específicas encontradas em levantadores.

No estudo de Williams e Elliot (1999), examinando os efeitos da ansiedade e da experiência na estratégia de busca visual com atletas do karatê, em resposta a sequencias gravadas e apresentadas em vídeo, não foi encontrada diferença significativa sobre o número de fixações, duração média ou número total de locais por fixações. Para os

autores, o estudo das fixações é oportuno, pois é o momento em que supostamente ocorrerá a extração de alguma informação relevante, de acordo com o contexto da tarefa em curso. Tanto as informações sobre o tempo de cada fixação como a quantidade de fixações podem fornecer dados extremamente ricos para os estudos.

Alguns estudos aproveitam mais de um comportamento para as análises. Van Biemen *et al.* (2022) analisaram o conhecimento dos árbitros e utilizando o comportamento de fixação, com árbitros de futebol experientes e inexperientes, os autores avaliaram o comportamento antecipatório visual dos árbitros quando passes longos ocorriam durante partidas de futebol em contexto natural. Os resultados revelaram diferenças entre como os árbitros experientes e inexperientes rastrearam a bola e anteciparam o resultado das trajetórias da bola, confirmando que o conhecimento prévio propicia habilidades antecipatórias superiores em cenários específicos de jogo. Estudos têm comparado atletas experientes e não experientes e tem mostrado que jogadores experientes realizam menos fixações de maior duração que o outro grupo, mostrando que grupos experientes extraem mais informações com poucas fixações para a realização da tarefa. Para Piras, Lobietti e Squatrito (2010), a tática de busca visual em esportes pode influenciar o desempenho. Os autores estudaram as diferenças em fixações e movimentos oculares sacádicos entre jogadores de vôlei experientes e novatos, com os atletas assistindo a uma sequência filmada de vôlei na qual um levantador recebe um passe lançado pelo treinador e o coloca para frente ou para trás. Com o registro do número e da duração das fixações em áreas de interesse específicas, os resultados mostraram que os jogadores experientes realizaram menos fixações de maior duração e passaram mais tempo olhando primeiro para a trajetória inicial do passe e, depois, para as mãos do levantador, desconsiderando a trajetória da bola. Os não atletas, em vez disso, seguiram todo o curso da bola, antes e depois do toque das mãos. Essas descobertas apoiam a interpretação de que jogadores de vôlei especialistas extraem mais informações relevantes para a tarefa de cada fixação do que atletas menos habilidosos, e que a proficiência do jogador influencia a estratégia usada no tratamento de informações visuais.

2.2.4 Busca Visual

A busca visual de árbitros de marcha atlética possibilita a detecção precisa de infrações biomecânicas, como a perda de contato do pé com o solo e a flexão do joelho, que ocorrem em frações de segundo. O treinamento da fixação ocular em regiões críticas do corpo do atleta permite que o árbitro reduza a incerteza e melhore a acurácia do

julgamento técnico sob pressão. Conforme demonstrado por Hanley, Tucker e Bissas (2019), a posição e o foco visual do árbitro são determinantes para a consistência das decisões e a minimização de erros de percepção.

Vários trabalhos exploram a temática da busca visual (Piras, Lobietti e Squatrito, 2014; Ribeiro et al., 2021). Savelsbergh *et al.* (2005) examinaram os comportamentos de busca visual empregados por goleiros especialistas durante situações simuladas de pênalti no futebol. Durante os testes de antecipação, os goleiros necessitavam mover um joystick em resposta a situações de pênalti apresentadas em uma tela grande. O comportamento de busca visual foi examinado usando um sistema portátil de registro de movimentos oculares e como resultados os autores verificaram que os goleiros especialistas bem-sucedidos foram mais precisos no julgamento da altura e direção do pênalti, esperaram mais tempo antes de iniciar uma resposta e pareceram passar períodos mais longos de tempo com o olhar fixo na perna que não chutou, em comparação com os goleiros especialistas malsucedidos.

Rodrigues (2001) explica que durante o processo de busca visual, características sensoriais como cor e movimento são detectadas de forma automática e subconsciente. Essa etapa inicial organiza a cena em objetos potenciais para posterior análise perceptiva detalhada. Assim, os mapas cognitivos fundamentam os processos subsequentes quando a tarefa exige a identificação de estímulos específicos. O estudo de Jin, Ge e Fan (2023) teve como objetivo examinar estratégias de busca visual de jogadores de basquete inexperientes e experientes em uma tarefa de antecipação. Através do uso de vídeos, foram mensurados tempo de resposta e dados dos movimentos dos olhos; os resultados mostraram que o grupo de especialistas obteve desempenho de antecipação superior e com mais acurácia. Adicionalmente, os jogadores de basquetebol experientes empregaram uma estratégia de busca visual simples e efetiva, incluindo maior número de fixações e maior duração de fixação em áreas mais informativas do que o grupo de novatos. A conclusão foi de que jogadores experientes exibiram uma estratégia de busca visual mais eficiente e eficaz.

Natsuhara *et al*. (2020) analisaram a tomada de decisão e estratégia de busca visual em jogos de esporte em equipe, durante as decisões de passe pelos jogadores. Foram utilizadas simulações de filmes de futebol cinco contra cinco e foram medidas as estratégias de busca visual em tarefas de tomada de decisão envolvendo recepção de bola e execução de passe. Foram encontradas diferenças baseadas em habilidades na precisão da tomada de decisão, assim como em dados de movimento ocular entre jogadores de alto

nível e jogadores de nível médio; concluíram que as estratégias de busca visual durante a recepção da bola sugerem que a posição e a situação dos companheiros de equipe e oponentes são as fontes de informação mais importantes para decisões de passe precisas e consistentes.

Williams *et al.* (1994) estudaram a estratégia de busca visual em jogadores de futebol experiente e inexperientes. Com a projeção de vídeos, foi solicitado aos jogadores antecipar o destino do passe; as análises revelaram diferenças entre grupos na velocidade de resposta, mas não na precisão da resposta. Adicionalmente, jogadores inexperientes fixaram com mais frequência na bola e no jogador que passava a bola, enquanto jogadores experientes fixaram em aspectos periféricos da exibição, como as posições e movimentos de outros jogadores. O grupo experiente fixou significativamente mais locais do que seus colegas inexperientes. Birklbauer *et al*. (2024) trabalharam com a hipótese de que biatletas de elite superam os mais jovens no controle de interferência visual da atenção durante o repouso e ainda mais após o esforço físico. Com a participação de 26 biatletas jovens e 14 biatletas experientes, foi avaliada a atenção seletiva antes da condição de repouso e depois da competição simulada; a atenção seletiva pareceu não ser um fator determinante para o desempenho no biatlo. Abernethy e Russel (1987), em estudo experimental com jogadores experientes e novatos de badminton, investigaram as dicas visuais antecipatórias. Os autores verificaram que os especialistas foram capazes de captar informações antecipadas mais cedo do que os novatos; isso pareceu estar relacionado à confiança deles nos movimentos do braço e da raquete. Essas diferenças na extração de informações não foram acompanhadas por diferenças nas características de busca visual com a localização, duração e sequência das fixações dos novatos. Os autores concluíram que a principal fonte de diferenças relacionadas à experiência na percepção esportiva não é a própria estratégia de busca visual, mas sim o uso posterior das informações recebidas. Para Rodrigues (2001), os estudos sobre busca visual indicam que a localização e a duração das fixações revelam a estratégia perceptiva do executante. A localização aponta as pistas cruciais para a tomada de decisão, enquanto o número e o tempo de fixação refletem as demandas de processamento. Assim, esses dados funcionam como indicadores diretos do esforço cognitivo exigido pela tarefa.

A perspectiva cognitiva possui importantes pressupostos para o processo de aprendizagem que podem diferenciar árbitros iniciantes de árbitros experientes. Assume-se que as estratégias de busca visual são determinadas por estruturas de conhecimento específicas à tarefa e armazenadas simbolicamente na memória de longo prazo (Ripoll,

1991; Abernethy, 1991; Rodrigues, 2001). Rossini e Galera (2006) resgatam a teoria do filtro, criada em 1958 por Broadbent, sobre os processos atencionais, a qual propõe que o processamento da informação ocorre em dois modelos teóricos. Um é fundamentado na localização espacial ocupada pelos objetos no campo visual e o outro baseado nas características do objeto a ser atendido. Para os autores, a atenção funciona como um filtro, permitindo que apenas dados relevantes avancem para as fases de processamento posterior enquanto estímulos considerados não relevantes são bloqueados e desconsiderados pelo sistema cognitivo. A seleção antecipada garante que a capacidade de processamento seja focada apenas no que é fisicamente pertinente. Williams, Davids e Williams (1999) afirmam ainda que os padrões de busca visual dos experientes não são conduzidos de uma forma aleatória e sim organizados por estratégias perceptivas, que possibilitam o uso mais eficiente do tempo disponível para análise da cena.

Em síntese, a percepção visual constitui o processo cognitivo fundamental pelo qual o organismo interpreta e organiza estímulos sensoriais para construir uma representação coerente do ambiente. Este fenômeno é biologicamente viabilizado pela estrutura do olho, cujo conjunto óptico e retinal atua como a interface primária de captura de dados, convertendo luz em impulsos neurais. Para otimizar essa captura em um campo visual de alta resolução limitado à fóvea, o sistema oculomotor executa movimentos dos olhos contínuos, que são essenciais para redirecionar a linha do olhar para regiões de interesse. O conjunto dessas dinâmicas configura o comportamento do olhar, um indicador fidedigno dos mecanismos de atenção e processamento cognitivo. Em tarefas complexas de busca visual, o olhar é estrategicamente direcionado para localizar alvos específicos em cenários repletos de distratores, um processo que alterna deslocamentos rápidos (sacadas) e fixações. As fixações, caracterizadas por breves pausas nas quais o olho permanece estático, são os momentos críticos de extração de informação, permitindo que o cérebro processe detalhadamente o estímulo focado. Portanto, a análise quantitativa dessa métrica, do órgão físico à análise das pausas oculares, é indispensável para compreender a interação entre o ser humano e a informação visual.

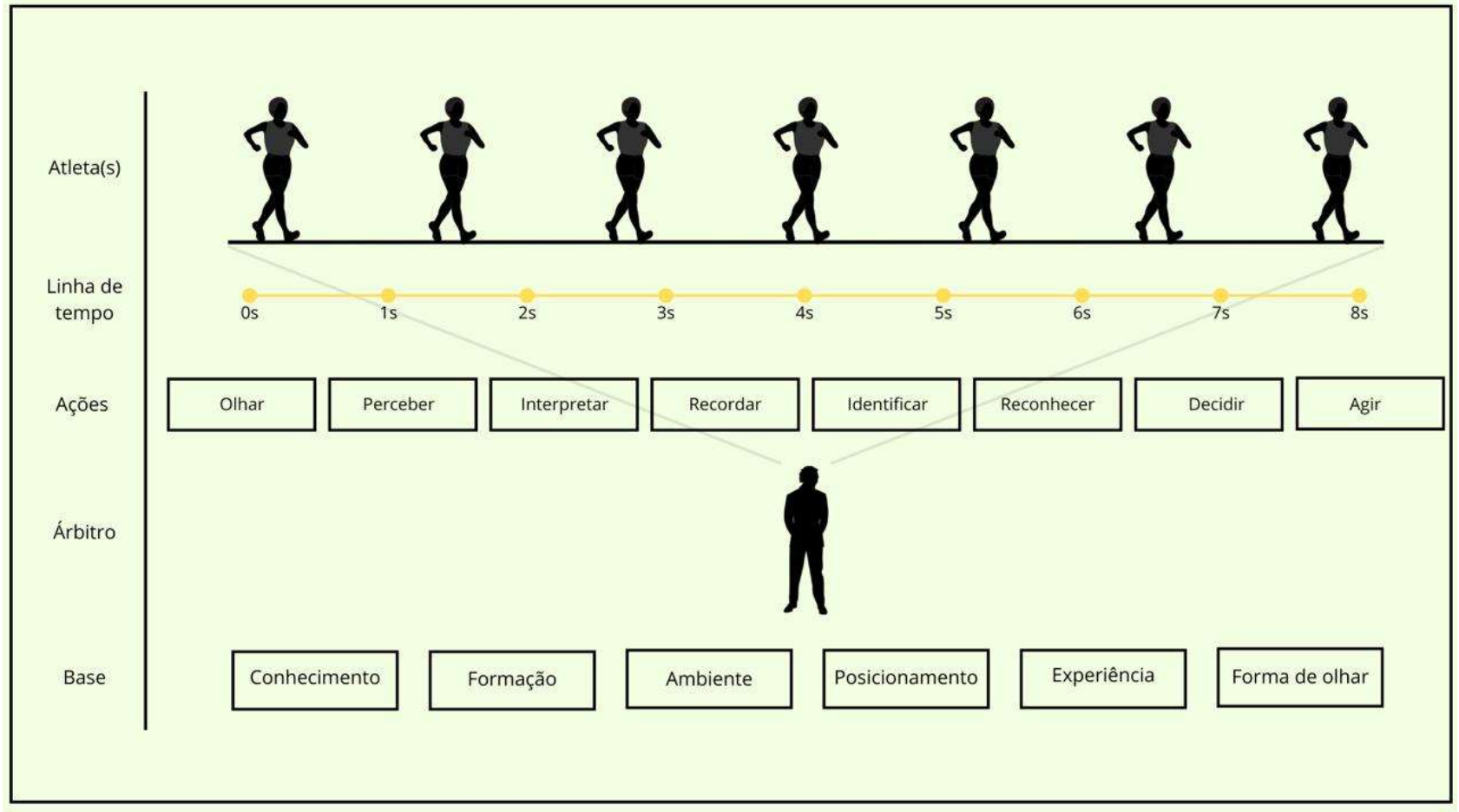
A Figura 6 sintetiza a complexidade do tema de estudo proposto. Em uma escala de tempo reduzida, que pode variar conforme inúmeras variáveis como a distância da prova, local da prova, gênero, condições climáticas e momento da prova, o árbitro precisa realizar inúmeras ações sobre o movimento técnico do(s) atleta(s) e tomar uma decisão: advertir o(s) atleta(s) por uma possível infração à regra, propor a desclassificação do(s) atleta(s) por uma possível infração à regra ou não se manifestar. Essa decisão, que é um

julgamento subjetivo referente à ação do atleta, é baseada em *ações* que compõem e geram um fluxo de processamento cognitivo, o qual podemos dividir em alguns momentos: a captação sensorial através do *olhar*, que é uma ação fisiológica e atencional, envolvendo o direcionamento do olhar ao estimulo, e o *perceber*, que seria a organização das informações sensoriais de formas e contrastes; o processamento cognitivo central através do *identificar*, que é o discernir as características básicas de um objeto, o *reconhecer*, que é a conexão entre o que você vê e o que está guardado no seu cérebro, e o recordar, que é quando ocorre o acesso à memória de longa duração; a integração e validação através do *interpretar*, que é o momento de atribuir um significado. Nesse momento a subjetividade entra em ação, pois a interpretação depende do contexto cultural e das experiências prévias do árbitro, sendo nesse momento que ocorre o julgamento do que foi reconhecido; a tomada de decisão e a execução através do *decidir*, baseado na interpretação feita anteriormente e o *agir*, que é a resposta motora.

Com referência ao tempo requerimento no processamento cognitivo, quanto mais complexa for a fase de *interpretação*, maior será o tempo entre o *olhar* e o *agir*, o que vai gerar um tempo de resposta maior, podendo comprometer o julgamento e o envio da advertência ou proposta de desclassificação. Observando esses momentos do fluxo de processamento de informações, percebe-se que se trata de um sistema complexo e que, se houver uma falha em qualquer uma das etapas do processamento, o julgamento final poderá ser inadequado ou incorreto.

Para fundamentar que o ciclo do *olhar* até o *agir* é mediado por fatores como formação, experiência e ambiente podemos recorrer a Fleck (2010), que, em sua obra Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico, afirma que sem um conhecimento prévio, o cérebro capta o estímulo, mas não consegue classificá-lo. O autor apresenta o argumento de que a formação de um indivíduo dentro de um grupo profissional molda sua percepção. Nessa perspectiva, o *olhar* não é livre, mas treinado para ver certas coisas e ignorar outras. Assim, durante a formação é que os árbitros criariam os métodos mentais para facilitar as fases de identificação e reconhecimento.

Figura 6: Visão Geral da Complexidade no Processo de Análise e Julgamento dos Atletas de Marcha Atlética



Fonte: Elaborado e cedido por Mateus Cunha Ferst (2025)

2.2 Ergonomia na Formação de Árbitros

A formação de árbitros, em diferentes esportes, é um assunto tratado no meio acadêmico. Cunningham, Mergler e Wattie (2022), através de uma revisão sistemática, analisaram os últimos 30 anos de publicações que trataram sobre os processos de formação de árbitros. Os autores verificaram que tarefas de detecção de infrações baseadas em vídeo e específicas para a modalidade foram os métodos de treinamento mais utilizados para aprimorar habilidades perceptivo-cognitivas voltadas à tomada de decisão em campo; contudo, os estudos careciam de medidas de retenção do aprendizado aplicadas ao desempenho real em campo. Verificou-se que os programas de treinamento de habilidades psicológicas apresentaram resultados variados e utilizaram critérios distintos para mensurar a eficácia do treinamento. O treinamento físico demonstrou efeitos significativos principalmente em medidas fisiológicas e na influência do envelhecimento sobre o desempenho em campo.

Mendes, Travassos e Oliveira (2021) analisaram as percepções de árbitros especialistas sobre a introdução de programas de formação de árbitros de futebol em Portugal. Os resultados revelaram que ocorreu uma mudança na estruturação da formação dos árbitros. Borrueco, Alcaraz, Ramis e Cruz (2019) abordaram a necessidade do planejamento em cursos de formação ao passo que o trabalho de Gomes (2008) comparou o processo de formação entre Portugal e Inglaterra para árbitros de futebol. O autor encontrou semelhanças ente os programas sobre avaliações e objetivos, e encontrou diferenças a carga horária, condições de acesso, escolaridade mínima exigida, disciplinas ofertadas e quanto a aulas práticas.

Pelos estudos acima, percebe-se a diversidade nas condições dos cursos de formação ofertados e reforça-se a necessidade de um planejamento voltado ao público específico, buscando sempre um aproveitamento satisfatório. O uso dos conceitos e aplicações da ergonomia durante esse processo se faz pertinente e necessário, quando pensamos no resultado final, que é um processo de julgamento visual eficaz.

A aplicação e uso da ergonomia no processo de formação de árbitros de atletismo é um fator determinante para a otimização da performance técnica durante os julgamentos. Por conceito, a ergonomia é a relação do homem ao seu posto de trabalho (Iida, 2016) e, segundo Kroemer e Grandjean (2005), a adaptação do trabalho ao homem visa não apenas o conforto, mas a eficiência operacional em ambientes de alta demanda

física e cognitiva. Os cursos de formação devem possuir condições ergonômicas que permitam ao árbitro um aproveitamento satisfatório sem que o mesmo venha a se preocupar com condições adversas sobre a biomecânica das posturas prolongadas e a carga mental envolvida durante o processo de formação (Iida, 2016; Laperuta *et al.*, 2018). A negligência dessas condições pode resultar em distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho e fadiga sensorial, comprometendo a retenção e o aprendizado, que poderão afetar diretamente, no futuro, quando estiverem atuando, realizando os julgamentos em provas de marcha atlética. Conforme as bases da ergonomia, Iida (2016) aponta que em toda a situação na qual ocorre o relacionamento entre o homem e uma atividade produtiva, como é o caso de uma aula, esse momento é definido como ergonomia. Ainda, a ergonomia inicia-se com o estudo das características do trabalhador para, depois, projetar o trabalho que ele consegue executar, preservando sua saúde. Para Silveira e Salustiano (2012, p.01), a ergonomia trata da "... concepção dos ambientes de trabalho, que envolvem a relação do homem com as diversas tecnologias presentes e as necessidades de qualidade".

A análise minuciosa das variáveis estruturais de um curso, tais como local, carga horária, materiais e recursos audiovisuais utilizados, é fundamental para validar a qualidade do processo de ensino-aprendizagem em relação ao resultado. Conforme aponta Libâneo (2009), a eficácia pedagógica depende diretamente da organização dos meios, materiais e das condições organizacionais que sustentam a transmissão e a assimilação de conteúdo. Conhecer e compreender esses elementos permitem ajustar o processo didático às necessidades reais dos alunos. Assim, o monitoramento dessas condições assegura que a formação cumpra sua intencionalidade educativa e promova o desenvolvimento de competências que um árbitro necessita, de forma sistematizada.

Na Confederação Brasileira de Atletismo, os diferentes cursos e avaliações possuem formatação similares, utilizando teorias e práticas. No caso específico da marcha, durante os momentos teóricos, são utilizados vídeos de atletas marchando; também são apresentadas as regras e normas de competição e, com esses materiais, são gerados debates para uma melhor compreensão das regras e dos movimentos permitidos.

Os cursos básicos de arbitragem em marcha atlética, conforme a Confederação Brasileira de Atletismo (2025a) e sua Norma 4 (2025c), devem ser realizados em dois dias seguidos, o que em termos de vivência de julgamento é muito pouco, pois nas 16 horas trabalhadas, vários temas são abordados e apenas 25% do total das horas é destinado para práticas. Ainda sobre os cursos, verificamos que os cursos específicos para

arbitragem de marcha atlética são poucos quando comparados ao oferecimento de cursos básicos para arbitragem de atletismo. Desde 1983, em mais de 40 anos, em alguns países da América do Sul houve apenas 38 oportunidades de cursos básicos de arbitragem de marcha atlética, seis cursos nível I e outros três cursos nível II oferecidos pela Confederação Sulamericana de Atletismo (Figura 7).

Até o ano de 2022, a nomenclatura utilizada para identificar os níveis de arbitragem em atletismo pela World Athletics era Nível I (Oficial Técnico Nacional – NTO), Nível II (Oficial Técnico de Área – ATO) e Nível III (Oficial Técnico Internacional – ITO). Até essa data o nome do sistema era Sistema de Educação e Certificação de Oficiais Técnicos (Technical Officials Education and Certification System - TOECS). Com a mudança aprovada em julho de 2022, que entrou em vigor no começo de 2023, o novo sistema passou a ser denominado Sistema de Educação e Certificação de Árbitros da World Athletics (World Athletics Referee Education and Certification System - WARECS).

Com essa mudança, os antigos oficiais técnicos (NTO, ATO e ITO) passaram a receber o título oficial de Árbitros da World Athletics (World Athletics Referees), divididos nos seguintes níveis: Nível Nacional de Árbitro de Atletismo – NAR (National Athletics Referee Level); Árbitro da World Athletics Nível Bronze (World Athletics Referee Bronze Level - WARB); Árbitro da World Athletics Nível Prata (World Athletics Referee Silver Level - WARS); Árbitro da World Athletics Nível Ouro (World Athletics Referee Gold Level – WARG).

Os cursos básicos são organizados e promovidos pelas federações nacionais. Os antigos cursos nível I foram organizados e promovidos pelas federações nacionais com autorização da Confederação Sulamericana. Os antigos cursos Nível II eram organizados pela Confederação Sulamericana com o apoio de um país da América do Sul como sede. Pode-se ressaltar que nos países da Guyana, Uruguai, Panamá e Suriname nunca foram realizados cursos específicos em arbitragem de marcha atlética.

Observa-se, entre os países que realizaram algum tipo de curso, um número maior de cursos básicos para Argentina (9), Bolívia (8) e Brasil (9) em relação aos demais países que realizaram cursos básicos (Tabela 1). Tradicionalmente, os cursos básicos e antigo NI são restritos aos árbitros do próprio país ao passo que os antigos cursos NII, que foram realizados em número de três, eram oferecidos pela Confederação Sulamericana a todos os países da América do Sul.

Figura 7: Evolução dos cursos de arbitragem em marcha atlética na América do Sul



Fonte: Elaborado e cedido por Mateus Cunha Ferst (2026)

Tabela 1: Demonstrativo de cursos básicos e antigo NI por países

Pais Curso	ARG	BOL	BRA	CHI	COL	ECU	GUY	PAN	PAR	PER	SUR	URU	VEN
C.B.*	9	8	9	3	2	3	-	-	1	2	-	-	1
N. I**	1	-	4	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-

* Curso Básico de Arbitragem em Marcha Atlética
** Curso Nível I

Fonte: Elaborado pelo autor

A nível comparativo, somente no ano de 2025, no Brasil e com autorização da Confederação Brasileira de Atletismo foram realizados 25 cursos básicos de arbitragem em atletismo em 16 estados brasileiros e mais o Distrito Federal (CBAt, 2025a). No corrente ano de 2026, até o momento já foram realizados 16 cursos em 13 estados brasileiros. Essa pouca oferta de cursos de formação para arbitragem de marcha atlética, aliado ao fato de que os cursos de arbitragem de marcha atlética não são padronizados pelas federações nacionais e estaduais, possuindo abordagens diversas e divergentes, refletem diretamente no número baixo de árbitros especializados na prova e nos julgamentos realizados durante as competições em toda a América do Sul.

Porém, e conforme o pensamento de Hauge (2014), é possível estarmos diante de uma nova forma de ensinar. O autor nos traz que as "... tecnologias digitais são mais do que apenas ferramentas para o ensino e aprendizagem prontas para uso e implementação. As modernas tecnologias de informação e comunicação são projetadas propositadamente para facilitar e mudar práticas" (Hauge, 2014, p.03). Sobre essa tendência, e para auxiliar na compreensão sobre o tema, temos a forma que a World Athletics aborda atualmente os momentos de formação e de avaliação. A World Athletics é a entidade máxima que gerencia o atletismo a nível mundial.

Criado recentemente, pós-pandemia, a World Athletics trabalha com o sistema e-learning (Figura 8), que possui abrangência mundial. Para acessar a página basta o árbitro criar um login e senha e, após isso, poderá escolher qual o módulo deseja fazer. Hoje as opções são para oficial técnico básico, oficial técnico nível bronze, oficial técnico nível prata e oficial técnico para a marcha nível bronze (www.elearningworldathletics.org, 2025).

Para os árbitros aptos e que são indicados pelas federações nacionais para realizarem as avaliações para subirem de nível, o processo de avaliação é conduzido através da plataforma TestWe em um único dia e compreende os seguintes exames para os árbitros de marcha atlética, não necessariamente na seguinte sequência: um exame

escrito para estabelecer o conhecimento dos candidatos sobre as regras e regulamentos; um exame de vídeo com 20 sequências de competições de marcha atlética, para estabelecer a capacidade dos candidatos em julgar o modo de progressão dos atletas, sequências que conforme o nível da avaliação podem ter de um a 20 atletas em cada sequência; e um exame oral para verificar o conhecimento e interpretação das regras e, entre outras coisas, a capacidade de comunicação dos candidatos na língua inglesa

O trabalho de formação com o árbitro pode afetar no quão confiáveis serão as análises feitas por ele no decorrer das competições. Nesse sentido, o material usado nos cursos de formação pode ser preponderante nos julgamentos futuros, e com isso podemos pensar em sua construção, seu planejamento e em sua aplicabilidade. Com relação aos materiais, Magalhães (2014) alerta para a existência de pressão por resultados (entenda-se julgamentos corretos, no caso do árbitro), levando à necessidade de recorrer a artefatos para completar tarefas profissionais.

Figura 8: Design da página web da W.A. para o e-learning.



Fonte: www.elearningworldathletics.org (2025)

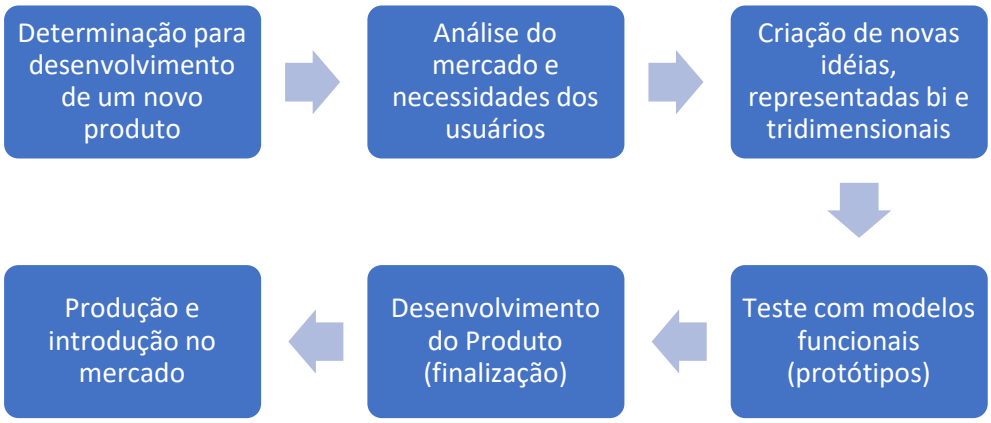
Ao fazemos referência aos cursos ministrados, presenciais ou virtuais, e trazendo uma visão oriunda na área do design, podemos referenciar os cursos como um produto a ser criado e oferecido a um determinado público. Todo produto, em seu processo de criação, necessita passar por um processo ou método lógico, contínuo e coerente. Para isso, Paschoarelli e Silva (2006, p.06) afirmam que “existem algumas metodologias de design ergonômico que podem ser consideradas mais completas, pois não são simples ferramentas complementares no desenvolvimento do produto, mas apresentam uma estrutura metodológica própria e com enfoque ergonômico mais preciso e

fundamentado". Um primeiro exemplo é dado pelo Ergonomi Design Gruppen (1997), da Suécia, que propõe uma sequência de seis etapas metodológicas (Figura 9).

As etapas propostas pelo modelo oferecem uma compreensão da relação entre a necessidade e o produto final a ser oferecido. Ao olharmos para o design ergonômico, devemos pensar na usabilidade do produto que se quer produzir, quando encontramos os seguintes fatores presentes: atendimento às caracterizações dos usuários; utilidade percebida do produto; flexibilidade nas tarefas; efetividade no desempenho; custos humanos aceitáveis (fadiga, estresse, desconforto); adequação às tarefas; facilidade na aprendizagem do uso e atendimento às caracterizações das tarefas (Paschoarelli e Silva, 2006).

A compreensão que podemos ter sobre a sequência metodológica para o design ergonômico descrita acima é a preocupação sobre o planejamento do curso, seja oferecido no formato presencial ou remoto, desde sua concepção, passando pela criação até sua aplicação, com foco no usuário final, na aceitação do produto e na qualidade da formação que será oferecida. A formação, independentemente da forma que será oferecida, é abordada por Ferst *et al.* (2024, p.13) quando afirmam "que a redução do número de erros de arbitragem pode ser conseguida através de um dos aspectos básicos de qualquer disciplina desportiva e, em maior medida, da arbitragem: a sua formação e qualidade, ou seja, o treinamento deve ser completo".

Figura 9: Sequência metodológica para o design ergonômico



Fonte: Ergonomi Design Gruppen (1997).

Van Biemen *et al.* (2023), em estudo sobre o comportamento de busca visual em campo de árbitros de futebol de elite e de nível intermediário, recomendaram que os cursos ou programas de desenvolvimento de árbitros poderiam se beneficiar ao desafiar

a velocidade de captação de informações, evitando padrões de olhar predeterminados, a fim de aprimorar a interpretação das faltas e aumentar o desempenho dos árbitros na tomada de decisões. Bastante próxima é a opinião de Helsen, Spitz e Ziv (2023), que, dentro de um processo de formação, acreditam na importância de um programa que pense no desenvolvimento de talentos na arbitragem, nas oportunidades de treinamento, no uso da tecnologia de vídeo e na arbitragem incorporada, porque são algumas soluções para a aprimorar o processo de decisão.

Utilizando uma perspectiva baseada nos conceitos preconizados pela Gestalt, Santos (2009) argumenta que se pode utilizar suas oito leis para direcionar a produção dos materiais e que o pensamento direcionado por imagens pode ser muito bem utilizado. Essa é uma necessidade durante os cursos de formação quando se utiliza imagens e pedimos aos árbitros uma reflexão e julgamento dos movimentos dos atletas. Para Santos (2009), compreender a configuração dos cursos de formação, como os locais, materiais, carga horária e recursos audiovisuais, é essencial sob a ótica da Gestalt, pois a percepção humana organiza os estímulos como uma totalidade estruturada, e não como elementos isolados. A Escola Gestalt nos apresenta, através de uma abordagem psicológica, uma maneira pela qual o homem compreende o mundo e a forma, que pode ser descrita através de oitos leis que tratam sobre: 1. [...] a *unidade*, que consiste na representação de um elemento como um todo ou de uma composição de elementos que são parte do todo; 2. [...] a *segregação*, que consiste na capacidade de separar as unidades por meio de estímulos visuais: cores diferentes, formas bem delimitadas por linhas, texturas ou volumes; 3. [...] a *unificação*, que consiste na harmonia, na semelhança ou na igualdade dos estímulos produzidos pela imagem ou pelo objeto; 4. [...] o *fechamento*, que consiste no direcionamento da forma para uma ordem espacial que propicia a forma de unidades fechadas; 5. [...] a *continuidade*, que versa sobre as formas que se sucedem em sequência lógica, ou tendência de os elementos acompanharem uns aos outros; 6. [...] a *proximidade*, que versa sobre, em condições iguais, agrupar elementos com a finalidade de criação de unidades de um todo ou o próprio todo; 7. [...] a *semelhança*, que busca por elementos que se assemelham em algum grau: direção, forma, cor, tamanho, peso ou alguma outra característica que podem ser agrupadas por relação; 8. [...] e a *pregnância da forma*, que é quando qualquer padrão de estímulo tende a ser visto de tal modo que a estrutura resultante é tão simples quanto o permitam as condições dadas (Ferst, Rodrigues, Paschoarelli, 2023, p.10).

Para Perls, Hefferline e Goodman (1998), as leis de organização perceptiva, como a proximidade e a semelhança, ditam que o modo pelo qual o conteúdo é apresentado influencia diretamente a clareza do campo de aprendizagem. Assim, ao analisar o material didático e o uso de vídeos, as oito leis gerais garantem que o aluno perceba a informação com clareza estrutural e com organização harmônica.

Essa organização visual facilita a ergonomia cognitiva, permitindo que o aluno processe o conteúdo com menor esforço. Dessa forma, a estruturação clara do material conecta-se diretamente à retenção do conhecimento e ao desenvolvimento de estratégias de busca visual eficientes. É relevante mencionar a relação entre o processo de ensino, a retenção do conhecimento e a aplicação do conhecimento. Sobre esse tema, Paschoarelli e Silva (2013) consideram que ao procurar formas de comunicação mais ergonômicas, busca-se estabelecer com o receptor final/consumidor uma relação diferente, utilizando uma leitura transversal na óptica da ergonomia cognitiva.

Além das já citadas variáveis estruturais de um curso, como local, carga horária, materiais e recursos audiovisuais utilizados, Bulla, Lemos e Schlatter (2012, p.6) apresentam a importância da ordem nas quais as unidades didáticas estão organizadas, devendo formar um fluxo coerente de informações encadeadas e complementares. Informações que se utilizam de uma linguagem que pode ir “além das palavras, para incluir também imagens, sons e inclusive movimentos” (Leffa, 2017, p. 05). A organização de unidades didáticas nos cursos de formação de árbitros, sob a ótica da ergonomia cognitiva, visa alinhar o ensino às capacidades de processamento de informação e tomada de decisão em cenários de alta pressão. Para Helsen e Bultynck (2004), a formação deve integrar demandas físicas e cognitivas, pois a precisão das decisões está ligada à gestão da carga mental. A estruturação correta dessas unidades deve utilizar estratégias de aprendizagem e simulações para reduzir o custo cognitivo (Catteeuw *et al.,* 2010; Catteeuw *et al.*, 2009). Além disso, a ergonomia cognitiva aplicada à educação propõe que o design instrucional minimize ruídos e foque em pistas preditivas relevantes. As unidades didáticas devem ser ajustadas na correção de vieses cognitivos e na automação de heurísticas de decisão para garantir que o árbitro mantenha a performance sob estresse. Assim, a organização didática deve evoluir de conceitos teóricos isolados para sistemas integrados de percepção e ação (Brand, Plessner e Schweizer, 2009).

No trabalho de Mayer (2005), intitulado Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia, o autor justifica que a organização coerente de conteúdos e o uso de múltiplas

linguagens, como imagens e sons, são fundamentais para reduzir a carga cognitiva e facilitar a retenção. Segundo o autor, quando a informação é apresentada de forma estruturada e por meio de múltiplos modos, o cérebro consegue integrá-la melhor aos modelos mentais existentes. Essa integração é o que permite uma experiência consciente, transformando estímulos externos em conhecimento de longo prazo. Assim, o fluxo didático bem planejado atua como o suporte necessário para que a aprendizagem se consolide efetivamente. Dessa forma, a estrutura do curso e a forma como a informação é processada pelo sujeito formam um ciclo contínuo de aprendizagem significativa. Segundo Silva *et al.* (2011), uma informação bem armazenada estará ligada a uma experiência consciente. Assim, uma informação bem absorvida representará um conhecimento que será utilizado como base para outra ação futura.

Em uma descrição mais detalhada sobre a relação entre ergonomia e design, Paschoarelli e Silva (2006, p.03) indicam que o design ergonômico foca na aplicação de conhecimentos ergonômicos em dispositivos tecnológicos para garantir segurança, conforto e eficiência; seus princípios integram usabilidade, ergonomia e design, destacando-se pelos procedimentos metodológicos aplicados. Os autores comentam ainda que o objetivo central é aprimorar o desenvolvimento de produtos por meio da compreensão da interação humana com variados sistemas e que, dessa maneira, busca-se criar soluções tecnologicamente aceitáveis e efetivas para o usuário.

Paschoarelli e Silva (2006), ao relacionarem a ergonomia com aspectos cognitivos, apresentam algumas especializações dentro da própria ergonomia. Para os autores, a ergonomia física, na relação homem-máquina, se preocupa com aspectos como biomecânica, fisiologia, anatomia, posturas, manipulação de materiais, postos de trabalho, segurança e saúde musculoesquelética. De modo distinto, a ergonomia cognitiva está focada nos processos mentais, tais como a memória e a percepção; a ergonomia organizacional está voltada para a otimização dos sistemas tecnológicos e suas estruturas organizacionais.

Apoiando o conceito acima, conforme discutido por Bouyer (2008), a ergonomia cognitiva no esporte revela que a atuação do árbitro não é meramente reativa, mas um processo complexo de processamento de informação sob pressão. No caso da marcha atlética, a exigência na atuação do árbitro é extraordinária, pois o árbitro deve observar e validar simultaneamente a perda de contato e a flexão do joelho, o que, exemplifica a complexidade da ergonomia cognitiva aplicada ao esporte de elite. A ergonomia cognitiva no contexto da marcha atlética foca nos processos mentais dos árbitros, que enfrentam

uma carga cognitiva elevada sob pressão temporal para uma tomada de decisão, a qual é um processo de extração e processamento de estímulos visuais sob restrições físicas e temporais.

A presente tese está organizada em dois estudos complementares, delineados para conferir profundidade analítica ao tema proposto. O primeiro estudo dedica-se à análise do modelo pedagógico de formação de árbitros. Esta etapa assume uma natureza descritiva e exploratória, fundamentada no levantamento e processamento de dados primários provenientes de árbitros e federações nacionais. O foco recai sobre a base curricular dos programas de certificação, a eficácia dos recursos didáticos empregados e a sistematização das diretrizes formativas vigentes nas entidades de classe.

O segundo estudo, concentrado no processo de julgamento visual e tomada de decisão da arbitragem, possui um caráter experimental, no qual emprega-se uma metodológica baseada em instrumentação tecnológica e softwares especializados, submetendo o avaliado a protocolo de tarefa com alto grau de demandas perceptuais e cognitivas, similares ao contexto natural, mas com controle das variáveis intervenientes.

Visando a clareza na exposição do desenho experimental, os objetivos gerais, os objetivos específicos, as hipóteses norteadoras, os respectivos procedimentos metodológicos, os resultados e a discussão são apresentados de maneira estratificada. Tal segmentação permite uma visualização pormenorizada das particularidades de cada estudo, facilitando a compreensão da interconexão entre a prática de campo e os processos de qualificação técnica da arbitragem.

3. Estudo sobre o Modelo de Ensino na Formação de Árbitros

3.1 Objetivo Geral

- Analisar os aspectos ergonômicas dos modelos de ensino utilizados nos cursos de formação para árbitros especialistas em marcha atlética.

3.2 Objetivos Específicos

- Analisar ergonomicamente os cursos de formação de árbitros de marcha atlética pela perspectiva dos árbitros.
- Analisar a estrutura de ensino adotado nos cursos de formação de árbitros de marcha atlética pelas federações nacionais de atletismo.

3.3 Problema de Pesquisa

A consistência e eficiência no julgamento visual pelos árbitros, conforme comprovou Ghasemi *et al.* (2009) em seu estudo com árbitros de futebol, está diretamente ligada à formação. A consistência ou falta dela está presente nos julgamentos durante as provas de marcha atlética. De forma semelhante, o meio acadêmico acompanha essas preocupações com os estudos sobre protocolos e equipamentos para auxiliar no julgamento e pelas constantes sugestões de mudança de regra.

Os atuais modelos de ensino utilizados para a formação dos árbitros específicos em marcha atlética apresentam diferentes formatos de organização, no que diz respeito à carga horária a ser oferecida, à sequência e os temas trabalhados, à relação de quantidade de aulas práticas e aulas teóricas, ao uso de recursos multimídia durante as aulas, aos locais para a realização dos cursos, à frequência de realização dos cursos, entre outros.

Percebe-se, desta forma, a necessidade de uma formação de boa qualidade e com materiais adequados, os quais podem levar à construção de um olhar coerente e com conhecimento, se aproximando de um ideal sobre consistência e eficiência no julgamento.

3.4 Método

Sobre o Modelo de Ensino na Formação, optou-se por um estudo experimental transversal de caráter descritivo com amostra não probabilística ou de conveniência

(Thomas, Nelson e Silverman, 2012). Para a realização da pesquisa descritiva, foram elaborados dois questionários que buscaram trazer informações sobre os materiais utilizados nos cursos de formação de árbitros de atletismo, bem como da estrutura dos cursos realizados.

3.4.1 Questionário para os Árbitros

Um questionário foi elaborado com destino aos árbitros de atletismo já formados (anexo 8.1). Os árbitros participantes foram recrutados através das federações de atletismo de diversos países da América Latina, para as quais foi enviado o convite de participação na pesquisa e as mesmas reenviaram aos seus árbitros por e-mail. Aqueles que demonstraram interesse e completaram o questionário tomaram parte da amostra deste estudo. O questionário, que foi desenvolvido digitalmente na plataforma gratuita Google Forms, continha 24 questões norteadoras, sendo três questões sub-divididas em mais 5 questões. As questões foram moldadas no formato de questões abertas e fechadas. As questões fechadas de múltipla escolha e as questões abertas dissertativas. Todas as questões eram sobre experiência do árbitro com cursos de formação básica em arbitragem em atletismo e curso específico de marcha atlética, questões para extrair informações sobre como é a formação, os materiais didáticos utilizados, carga horária e se as aulas são teóricas ou práticas. Para todas as questões do questionário os sujeitos tinham a opção de marcar apenas uma resposta nas questões fechadas.

O hyperlink de acesso ao questionário foi disponibilizado publicamente através do e-mail, que foi criado para convidar os árbitros a participarem da pesquisa. O questionário apresentava primeiramente o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e, mediante declaração expressa de aceite do termo pelo participante, apareciam as questões do estudo. Todas as questões relativas aos cursos de formação foram apresentadas de forma dissertativa, possibilitando maior profundidade e detalhamento da resposta pelo participante.

3.4.2 Questionário para as Federações Nacionais

Através dos e-mails institucionais das federações nacionais, foi enviado o convite e o hyperlink de acesso ao questionário (Anexo 8.2). O questionário apresentava primeiramente o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e mediante declaração expressa de aceite do termo pelo representante oficial da federação, apareciam as questões

do estudo. As questões foram organizadas e apresentadas sob a forma dissertativa, assim possibilitando maior profundidade da resposta e detalhamento da resposta.

O questionário, enviado às federações nacionais de atletismo que compõem a América do Sul e também Portugal foi composto de três questões abertas. O questionamento foi sobre como são os materiais utilizados nos cursos de formação de árbitros e qual é a estrutura utilizada. A criação de um questionário para as federações nacionais se justifica para que tenhamos informações pela visão das entidades gestoras referentes aos cursos de formação.

3.5 Análise dos Dados

Para análise e interpretação das respostas abertas dos questionários, optou-se pela técnica da análise de conteúdo, pois proporciona uma descrição completa do teor das respostas. Segundo Paiva, Oliveira e Hilleshein (2021), esta técnica realiza análise dos sentidos e dos significados das comunicações e que pode apresentar indicativos quantitativos ou não, seguindo os seguintes critérios: pertinência, objetividade e fidelidade, homogeneidade, exclusão mútua e produtividade (Mendes e Miskulin, 2017; Bardin, 1977; Santos, 2012). Durante a interpretação, deve-se considerar as condições de *homogeneidade*, que indica uniformidade, igualdade ou semelhança; exaustivas, que significa esgotar a totalidade do texto; *exclusivas*, quando um mesmo elemento do conteúdo não pode ser classificado aleatoriamente em duas categorias diferentes; *objetivas*, quando codificadores diferentes devem chegar a resultados iguais; e *adequadas ou pertinentes*, adaptadas ao conteúdo e ao objetivo.

Para a análise ergonômica do posto de trabalho foi adotado a proposta de Kao (1976). Para o autor, a análise ergonômica de um processo educacional necessita da compreensão de cinco componentes obrigatórios para a análise: ergonomia da aprendizagem, ergonomia instrucional, ergonomia das instalações educacionais, ergonomia do equipamento educacional e ergonomia do ambiente educacional. Kao (1976, p.01) explica que

> **A ergonomia da aprendizagem** explora áreas como habilidades educacionais de caligrafia, direção, desenho, manipulação de instrumentos, programação de aulas e programação escolar, pesquisa em exames, gerenciamento de atividades de aprendizagem e sistemas de classificação.

> **A ergonomia instrucional** abrange o design de livros didáticos, dispositivos de ensino, técnicas de instrução, condutas em sala de aula, preparação de palestras e TV educacional.
> **A ergonomia das instalações educacionais** diz respeito a mobiliário educacional, ergonomia de laboratório e biblioteca, design de sala de aula e escritório e alocação de equipamentos.
> **A ergonomia do equipamento** educacional investiga a análise de necessidades, design de C/D, alocação de equipamentos, análises de desempenho e sua segurança e construção.
> **A ergonomia do ambiente educacional** inclui coisas como iluminação, cor, ruído, utilização do espaço e alocação de equipamentos.

Para essa análise foi realizada uma descrição analítica de forma qualitativa, relatando os dados encontrados nos cinco componentes ergonômicos descritos acima.

3.6 Resultados

Os resultados encontrados sobre o modelo de ensino, obtidos através da análise dos questionários respondidos pelos árbitros e pelas federações nacionais são apresentados a seguir em seções separadas.

3.6.1 Questionário dos Árbitros

Apresentamos a seguir as características da amostra e, na sequência o resultado de cada pergunta na ordem em que as perguntas foram apresentadas no questionário. Responderam ao questionário 229 árbitros oriundos dos seguintes países (Tabela 2): Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Ecuador, Paraguai, Peru, Uruguai, Venezuela e Porto Rico. Estes países integram a Confederação Sulamericano de Atletismo; a única exceção é Porto Rico, que pertence à Associação de Atletismo da América do Norte, América Central e Caribe – NACAC. Porto Rico foi incluído porque árbitros do país tomaram conhecimento da pesquisa e se prontificaram a colaborar.

Dos 229 participantes, um número expressivo de 201 participantes (87,77%) possui certificação básica pela World Athletics e apenas 28 (12,23%) possuem certificação intermediário e alta pela World Athletic. Dos 229 árbitros que responderam ao questionário, apenas 75 (32,76%) possuem curso específico em regras de marcha atlética e 154 (67,24%) não possuem. Vale reforçar que o tema marcha atlética é abordado durante o curso básico de regras em atletismo e que, durante as competições oficiais de atletismo, ocorrem provas de marcha atlética.

Tabela 2: Distribuição de Árbitros por País e Categorias

Pais	N	Categoria ou Nível				
		W.A.R. Gold Antigo NIII	W.A.R. Silver Antigo NII	W.A.R. Bronze Novo Nível	N.A.R. Antigo Nível I	Outro nível ou categoria
ARG	22	1	0	0	14	7
BOL	9	0	0	0	8	1
BRA	103	1	3	0	24	75
CHI	22	0	1	3	16	2
COL	17	0	0	2	8	7
ECU	13	0	4	1	3	5
PAR	1	0	0	0	1	0
PER	5	0	3	1	1	0
URU	15	0	2	0	6	7
VEN	20	0	2	4	13	1
PUR	2	0	0	0	1	1
Total	229	2	15	11	95	106

*WAR: Árbitro World Athletics (World Athletics Referee)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os árbitros que não possuíam curso específico de marcha atlética foram questionados sobre o(s) possível(eis) motivo(s) para não terem participado do curso. As opiniões foram variadas sobre o fato e foram agrupadas e apresentadas no Infográfico 1. Em alguns casos, observou-se que não houve interesse em participar desse curso específico, houve falta de oportunidade em participar, falta de curso específico no país e falta de informações sobre o curso. Houve uma opinião indicando não possuir habilidade para o julgamento, uma opinião afirmando de não gostar da prova de marcha atlética e um comentário afirmando não existir a cultura da marcha atlética no local.

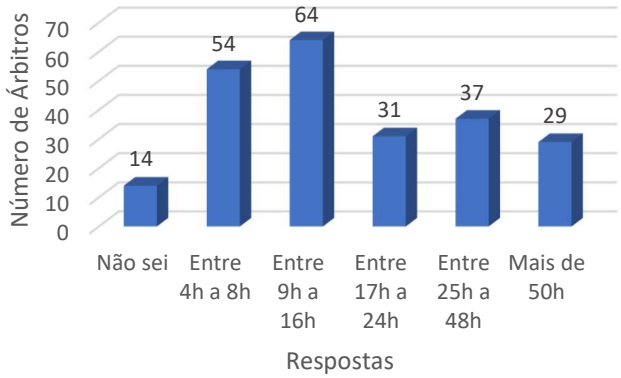
Sobre a carga horária ideal para os cursos de formação em arbitragem em marcha atlética (Gráfico 1), um total de 64 árbitros (27,9%) responderam que o ideal é entre 9 e 16 horas aula. A segunda carga horária mais citada foi entre 4 e 8 horas aula (n=54 e 23,6%) e percebe-se que a distribuição das escolhas ocorreu de forma homogênea entre as opções.

Infográfico 1: Motivos por não ter realizado curso específico



Fonte: Criado pelo autor pela ferramenta de IA notebooklm

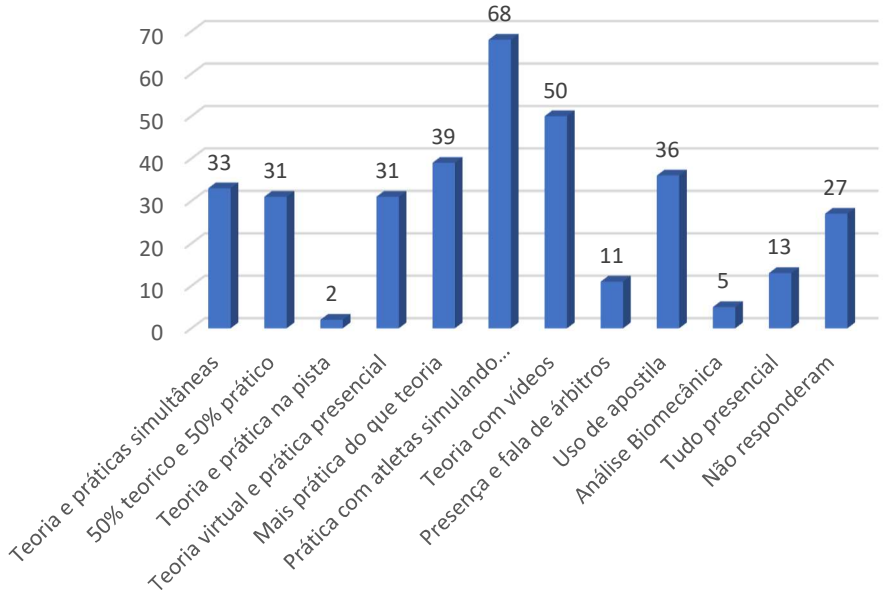
Gráfico 1: Carga horária



Fonte: Adaptado de Ferst, Peixoto, Silva e Rodrigues (2024, p.13)

Quando questionados sobre a(s) forma(s) ideal(ais) para a realização de um curso (Gráfico 2), com a possibilidade de indicar mais de uma opção sobre a forma para oferecer as atividades, os avaliados indicaram atividades práticas com atletas marchando, sendo a forma mais votada com 29,7% (n=68), na sequência a teoria com vídeos foi escolhida com 21,83% (n=50).

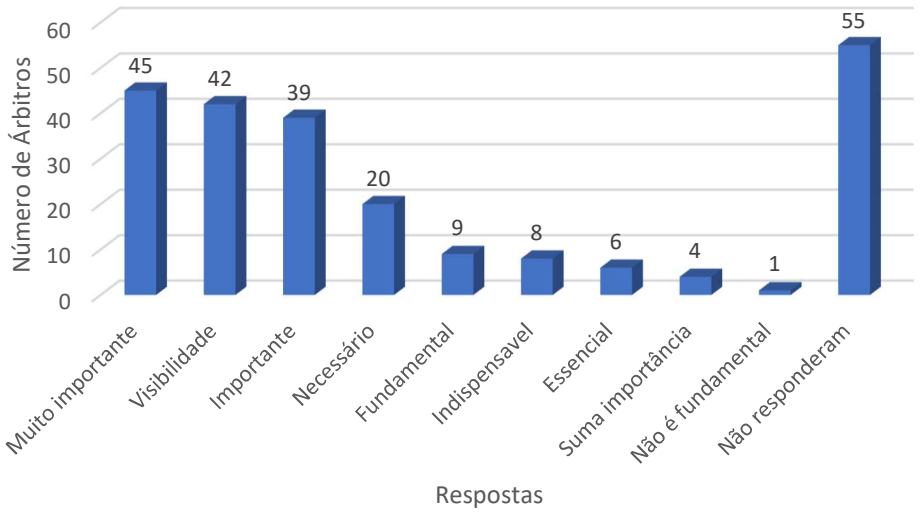
Gráfico 2: Forma de Oferecer as Atividades



Fonte: Elaborado pelos autor.

Sobre o uso de vídeos durante os cursos de formação (Gráfico 3), um total de 75,9% (n=174) dos árbitros são favoráveis ao uso de vídeos nos cursos de formação.

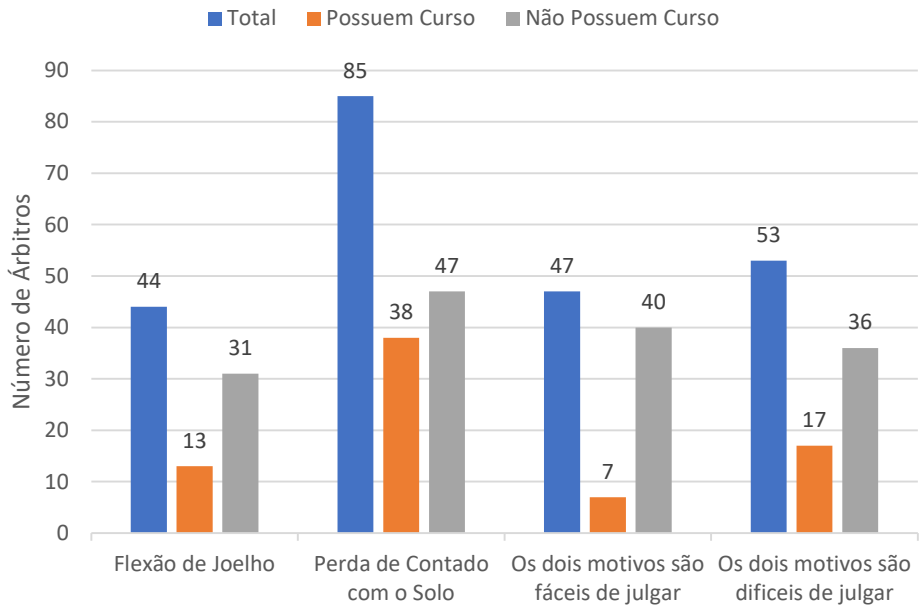
Gráfico 3: Uso de Vídeo



Fonte: Adaptado de Ferst, Peixoto, Silva e Rodrigues (2024, p.11)

Houve uma pergunta sobre qual dos motivos, falta de contato do pé com o solo ou flexão de joelho, era mais difícil de julgar (Gráfico 4). Para todos os participantes do estudo, a perda de contato do pé com o solo foi o motivo mais citado como o mais difícil (37,11%, n=85), independentemente de terem ou não curso específico de arbitragem em marcha atlética.

Gráfico 4: Dificuldade ou Facilidade no Julgar



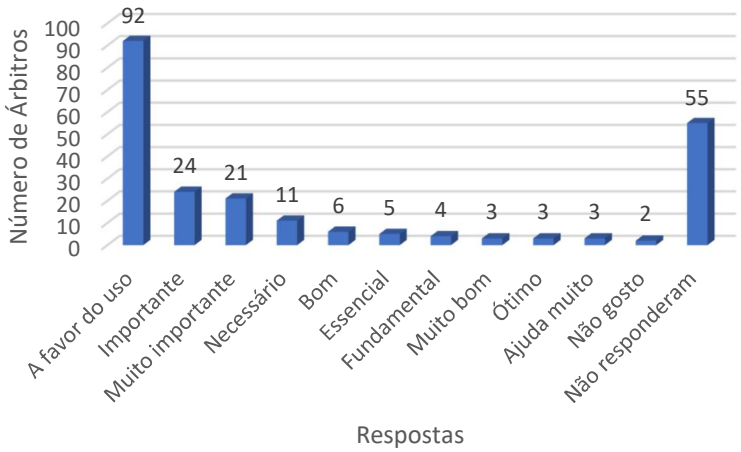
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a pergunta anterior, foi solicitado ainda aos participantes justificarem a resposta. Os participantes consideram a perda de contato do pé com o solo como a falta mais difícil de ser julgada e a flexão de joelho a mais fácil. Também justificaram a resposta citando o posicionamento para julgar, principalmente em circuitos de rua, onde o espaço é muito estreito, ficando o árbitro muito próximo dos atletas; também citaram a subjetividade durante o julgamento. Citaram ainda que as muitas diferenças físicas e técnicas entre os atletas leva à interpretação diferente durante o julgamento visual e a análise simultânea das duas faltas.

As respostas dos participantes estão descritas abaixo (Tabela 3) por categorias de cada grupo de respostas por análise de conteúdo. Um breve resumo das respostas pode ser: pela dificuldade em observar a perda de contato devido a velocidade dos movimentos, pela importância de praticar o julgamento, a flexão de joelho como sendo a falta mais fácil de julgar, com capacitação se torna mais fácil julgar, subjetividade constante no julgamento, as diferenças morfológicas e técnicas entre os atletas, pela análise simultânea das duas faltas que torna o julgamento visual mais complexo, como o posicionamento para julgar interfere no julgamento visual e pelas condições do ambiente.

No questionamento sobre o uso de apostilas e livros, de acordo com as respostas, um total de 75,9% dos avaliados (n=174) se mostrou favorável ao uso (Gráfico 5) de livros e apostilas, utilizando diferentes expressões a favor, tais como: importante, muito importante, necessário, fundamental, bom, muito bom, essencial, ótimo, ajuda muito e a favor do uso. Somente houve duas manifestações sobre não gostar do uso. Vale recordar que 55 árbitros não responderam a essa questão.

Gráfico 5: Uso de Apostila



Fonte: Adaptado de Ferst, Peixoto, Silva e Rodrigues (2024, p.11)

Tabela 3: Categorias por cada grupo de resposta.

N	**Categoria**	Consideração	**Termos no texto**
1	Velocidade e Dinâmica do Movimento	Respostas que apontam a velocidade da marcha como o principal dificultador do julgamento visual.	Velocidade alucinante, troca das passadas muito dinâmica, ritmo, marcha cada vez mais veloz, movimento rápido, limite muito pequeno entre a flutuação e o correto deslocamento.
2	Subjetividade e Limites da Percepção Visual	Respostas que focam na dificuldade inerente ao olhar humano e na natureza subjetiva da avaliação técnica.	Subjetividade, a olho nu, difícil apreciação visual, julgamento visual por uma única vez, percepção, acuidade visual, imperceptível, engano, visão com conhecimento vai se perdendo.
3	Especificidade das Faltas (Flutuação e Flexão)	Justificativas que diferenciam a dificuldade técnica entre identificar a perda de contato e a flexão do joelho	Dificuldade de visualização da flutuação, flexão de joelho se torna muito difícil, não bloqueio, fase de voo, perda de contato mínima, flexão de joelhos é mais fácil de visualizar.
4	Características Individuais e Biomecânicas dos Atletas	Respostas que atribuem a dificuldade de julgamento visual a fatores físicos, genéticos ou de estilo dos próprios marchadores.	Fator genético, extensão completa, porte físico diferente, fisiologicamente, musculatura em particular, estilos diferentes, antropometria, falta de flexibilidade, dissimular as faltas, morfologia.
5	Formação, Prática e Treinamento do Árbitro	Categoria que relaciona o acerto ou erro do julgamento visual ao nível de preparação e vivência do árbitro na prova.	Treinamento do olho, conhecimento e muita prática, estudar gravações, observação constante de vídeos, capacitação forte, falta de competências, ter mais contato com a prova.
6	Fatores Ambientais e Situacionais	Justificativas ligadas às condições externas e posicionamento durante a competição.	Grupo em bloco, curvas onde se comete mais faltas, últimos metros antes da chegada, pontos da pista, ângulo grande para melhor visão.

3.6.2 Questionário das Federações Nacionais

O questionário foi enviado aos países que compõem o Atletismo Sulamericano e respondido por Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Ecuador, Panamá, Paraguai, Peru, Suriname, Uruguai e Venezuela. Pelo interesse demonstrado na pesquisa por dirigentes da federação, foi enviado também o convite para a federação de atletismo de Portugal. No anexo 8.6 encontramos todas as respostas recebidas dos países participantes, que foram traduzidas e transcritas na sua integra.

Para analisar ergonomicamente o modelo de ensino de cada país, foi utilizado a abordagem de Kao (1976), que adota uma perspectiva sistêmica na análise do processo educacional, pois possui a capacidade de enxergar um cenário em seu conjunto, compreendendo como as diferentes partes interagem, se influenciam e cooperam para o resultado.

Essa abordagem enfatiza as interações entre todos esses componentes para otimizar o desempenho e o bem-estar dos envolvidos, realizamos uma descrição analítica de forma qualitativa, relatando os dados encontrados nos cinco componentes ergonômicos já descritos, pois trata o processo ensino-aprendizagem como um conjunto de elementos interdependentes voltados para objetivos específicos. Na Tabela 4 encontramos a análise por cada componente para cada país.

Ao analisarmos os textos enviados, verificamos que existe uma grande diferença na forma como o conhecimento é transmitido. Enquanto países como a Bolívia e o Uruguai já adotam plataformas digitais de e-learning e sistemas estruturados, outros, como o Paraguai, não possuem um sistema organizacional fixo, realizando cursos apenas conforme a demanda de grandes eventos. O uso de vídeo para realizar análises é citado como uma ferramenta fundamental, especialmente onde a prática real é limitada. Na Argentina, são utilizados vídeos e simulações para compensar o baixo número de praticantes da marcha atlética no país.

No Brasil, o curso básico é estritamente teórico, com uma carga horária de 20h, mas a CBAt criou um curso específico de marcha atlética, que tem 16h de carga horária, que inclui análise de vídeos e análise prática com atletas marchando. No Suriname, encontramos uma realidade distinta, pois os cursos possuem um foco intenso em habilidades manuais, como cronometragem manual e marcação de pista com tinta, isso devido à falta de sistemas eletrônicos e ao fato de nunca ter realizado curso específico em marcha atlética para árbitros.

Tabela 4: Análise Ergonômica do Processo Educacional

País e Componentes	Ergonomia				
	da Aprendizagem	**Instrucional**	**das Instalações Educacionais**	**do Equipamento**	**do Ambiente Educacional**
Argentina	Oferece várias e diferentes habilidades educacionais	Busca atender a necessidade oferendo material alternativo.	Não informado	Não informado	Não informado
Bolívia	Oferece várias e diferentes habilidades educacionais	Busca atender a necessidade oferendo material alternativo	Não informado	Não informado	Não informado
Brasil	Oferece várias e diferentes habilidades educacionais	Apresenta poucas informações	Apresenta poucas informações	Apresenta poucas informações	Não informado
Chile	Oferece várias e diferentes habilidades educacionais	Busca atender a necessidade oferendo material alternativo	Não informado	Não informado	Não informado
Colômbia	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Ecuador	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Panamá	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Paraguai	Oferece poucas habilidades educacionais	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Peru	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Portugal	Oferece poucas habilidades educacionais	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Suriname	Oferece várias e diferentes habilidades educacionais	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Uruguai	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado
Venezuela	Oferece várias e diferentes habilidades educacionais	Não informado	Não informado	Não informado	Não informado

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como demonstrado acima, dos 13 países participantes, apenas o Brasil trouxe alguma informação sobre a descrição ergonômica dos componentes instalações educacionais, do equipamento e do ambiente educacional, os demais países entregaram com respostas menos elaboradas e incompletas. É possível observar que apenas o componente sobre ergonomia da aprendizagem foi descrito com algum detalhe por alguns países, em detrimento aos demais componentes da abordagem.

No infográfico 2 abaixo, encontramos de forma resumida as informações extraídas do material recebido, caracterizando os modelos adotados nos país pesquisados.

Infográfico 2: Modelo de Ensino dos Países



Fonte: Criado pelo autor pela ferramenta de IA notebooklm.

Ainda, pelo questionário respondido pelas federações nacionais, identificamos, durante os cursos de formação, a presença de atividades teóricas em todos os cursos e a oferta de atividades práticas em nove dos 13 países (Tabela 5). Um ponto interessante é sobre a avaliação pois, dos 13 países que responderam ao questionário, um total de 11 aplicam avaliação ao final do curso.

Tabela 5: Análise Ergonômica do Modelo de Ensino

País	**Quantidade**				
	Aulas Práticas		Aulas teóricas		Avaliação
	Dias	horas	Dias	Horas	
Argentina	-	-	4 ou mais	16h	T
Bolívia	1	8	4	16h	T / P
Brasil	-	-	3 ou 4	24h	T
Chile	-	-	3	-	T
Colômbia	Sim	-	2 a 5	-	T
Ecuador	-	-	3 a 7	-	T
Panamá	Sim	-	Sim	-	-
Paraguai	Sim	-	4	-	T
Peru	Sim	-	3	-	T
Portugal	1	2	2	8	T / P
Suriname	Sim	-	12	70	T
Uruguai	Sim	-	3	-	-
Venezuela	Sim	-	5	-	T

Fonte: Elaborado pelo autor

3.7 Discussão

Esta pesquisa propõe uma investigação aprofundada acerca dos aspectos ergonômicos que permeiam os modelos pedagógicos vigentes na capacitação de árbitros especializados em marcha atlética, buscando compreender como as estruturas de ensino influenciam a formação técnica e a mediação do conhecimento desses profissionais. Para tanto, o estudo fundamenta-se em uma análise que contempla, inicialmente, a perspectiva dos próprios árbitros sobre a eficácia e a ergonomia dos processos instrucionais aos quais são submetidos, permitindo identificar possíveis lacunas e potencialidades no desenvolvimento de suas competências críticas de julgamento visual.

De forma complementar, a investigação estende-se à análise das metodologias e dos formatos didáticos adotados pelas federações nacionais de atletismo, com o intuito de mapear as estratégias institucionais de ensino e verificar sua aderência às demandas práticas do esporte. Ao integrar estas vertentes, o trabalho visa consolidar um diagnóstico crítico sobre como a instrução é organizada e percebida, oferecendo subsídios acadêmicos para o aprimoramento das ferramentas educacionais e da preparação técnica no cenário da arbitragem internacional.

3.7.1 Modelo de Formação pela Perspectiva dos Árbitros

Com o questionário aplicado aos árbitros, fizemos uma análise crítica de cada pergunta apresentada e as mesmas são discutidas na mesma ordem de apresentação no questionário. Sobre a carga horária ideal para os cursos de formação sobre marcha atlética para árbitros, a distribuição das escolhas ocorreu de forma homogênea entre as opções, recordando que entre 9 e 16 horas aula foi para 64 árbitros (27,9%) a opção escolhida e que equivale a dois dias de aula, e que entre 4 a 8 horas aula foi para 54 árbitros (23,6%) a opção escolhida e que equivale a um dia de aula. Entendemos que uma distribuição de carga horária para os cursos de formação é compreendida de forma distinta entre os árbitros, pois a formação e compreensão sobre o tema não é a mesma entre eles, o que corrobora a pesquisa de Moura (2009) que analisou a carga horária pela percepção dos ministrantes/professores. A autora analisou os dados baseados em respostas subjetivas dos professores que participaram da pesquisa e encontrou diversificados resultados, pois o histórico de cada um dos entrevistados é um fator que pode influenciar na percepção sobre a carga horária, revelando que a mesma carga horária para alguns é suficiente e para outros se apresenta como insuficiente. Esse resultado vai ao encontro do que foi observado no questionário dos árbitros, quando vimos que ocorreu uma distribuição nas respostas, demonstrando que não existe um consenso sobre a carga horária ideal, podendo ser fruto do conhecimento que cada árbitro possui.

Em estudo sobre a formação de árbitros de basquetebol, Zingano (2010) observou o modelo adotado no estado do Rio Grande do Sul e o modelo adotado na Espanha. Trouxe que a realidade apresenta cursos “com um breve intervalo de tempo, entre 10 a 40 horas, e que incluem matérias relativas às regras do esporte e a mecânica da arbitragem, e considera dessa forma que o conhecimento se torna superficial devido a

brevidade dos cursos" (Zingano, 2010, p.30). O autor ainda apresenta que os conteúdos dos cursos se baseiam mais na memorização do que na interpretação, algumas vezes oferecendo análise de jogos utilizando DVDs. Também observou algumas aulas sendo oferecidas no formato virtual, através de alguma plataforma de transmissão, substituindo as aulas presenciais. Esses resultados vêm ae encontro, parcialmente, do que os árbitros colocaram sobre carga horária, pois o intervalo de tempo aqui apresentado coincide com as respostas dos árbitros.

O trabalho de Borrueco *et al.* (2019) trouxe uma abordagem sobre como se desenha e se implanta um workshop de formação voltado a árbitros e assistentes do desporto escolar na Catalunia; os autores optaram por utilizar um curso com uma duração de 4 horas, com o uso de projeção em PowerPoint e com intervenção prática ao final de cada tópico. O estudo de Saveliev, Gromov e Kovalenko (2022) analisou experimentalmente dois grupos. Para o grupo controle foi oferecido um curso somente presencial e para o grupo experimental um formato misto, ou seja, uma parte presencial e outra parte de forma online. Ambos os grupos, o total foi de 4 horas de curso. Nos dois estudos, a carga horária foi de 4 h/a. e se apresenta diferente do que está sendo praticado no Brasil quanto à carga horária, conforme resposta da federação nacional. O estudo de Borrueco *et al.* (2019) vai ao encontro das repostas dos árbitros sobre atividades teóricas e práticas. Os árbitros consideram importante associar as duas formas de trabalhar os conteúdos.

A World Athletic, quando realizava os seminários de forma presencial, junto com as avaliações para o antigo Nível III, o mais alto nível para árbitros internacionais, procurava organizar os encontros em dois dias seguidos, sendo no primeiro dia palestras sobre temas pertinentes as regras da marcha atlética, com o uso de vídeos, e no segundo dia as avaliações teóricas, de vídeo e oral (https://worldathletics.org/news/news/international-race-walking-judges-put-to-the). Na década de 2000, a atual World Athletic realizava os cursos e avaliações para os árbitros internacionais em dois dias seguidos e o uso de vídeos nesses encontros também ocorria (https://worldathletics.org/news/news/international-race-walking-judges-put-to-the).

Ao analisarmos todo o procedimento da arbitragem antes, durante e após a prova, vemos que obrigatoriamente deveria ser abordado em um curso básico de marcha atlética os seguintes temas: regras oficiais da marcha, interpretação da regra, posicionamento na pista, funções do árbitro, funções do árbitro chefe, funções do secretário, súmulas oficiais,

quadro de avisos e área de penalização. Ajustar a carga horária a ser oferecida em função dos conteúdos necessários e obrigatórios nos cursos de formação é a chave para esse tema.

Sobre o questionamento feito aos árbitros quanto a aulas teóricas e aulas práticas, os estudos de Lopes *et al.* (2013), Benvenuti *et al.* (2020), Antunes *et al.* (2023), Baymetov e Shovdirov (2021), Rieder (2014) e Koch (2019) colaboram com as respostas dos árbitros. Na visão de Lopes *et al.* (2013, p.01), a "aula teórica aliada à prática tem sido a chave para a educação". Para os autores, a associação de atividades práticas como estratégias de ensino colabora para um bom aproveitamento e desenvolvimento dos temas abordados em aula. A vivência e manuseio de materiais são algumas vantagens do uso de atividades práticas. Para Benvenuti *et al.* (2020), que buscaram identificar o conhecimento de estudantes de ensino técnico sobre parada cardiorrespiratória e reanimação cardiopulmonar, antes e após aula teórica e prática, após analisarem 161 estudantes, constataram eficácia no processo por meio da análise do score pós imediato as atividades teóricas e práticas. Com esses resultados, os autores concluíram que a associação entre aula teórica e prática contribui para melhorar o conhecimento.

Para Antunes *et al.* (2023), que analisaram o uso de aulas teóricas através de plataforma de transmissão, avaliando o impacto e nível de satisfação do modelo de ensino teórico à distância na disciplina de anestesiologia, os resultados mostraram ganho de conhecimento considerável por parte dos participantes, além de observarem maiores níveis de satisfação por parte dos alunos. Para Baymetov e Shovdirov (2021), associar aulas práticas e teóricas se torna um primeiro passo na formação de futuros profissionais, permitindo-lhes dominar perfeitamente qualquer assunto. O futuro especialista deve dominar o conhecimento teórico e ser capaz de aplicá-los na prática e ainda, na formação teórica e prática, é importante que um futuro especialista aprenda a trabalhar com diferentes estímulos.

No estudo de Rieder (2014), que investigou o tempo ideal de aula com alunos de ensino fundamental, ensino médio e ensino superior, verificou-se que, mesmo os alunos concordando que as três formas de ensino, de campo, em sala e em laboratório, são importantes, as aulas em campo ou práticas devem receber uma fração maior da carga horário total disponível. O trabalho de Koch (2019) encontrou respostas quantos a tempo total de aula teórica e aula prática. Na pesquisa com 64 universitários sobre tempo de aula, o autor verificou que os universitários preferem 75% do tempo para atividades teóricas e 25% para atividades com participação ou ativas/práticas. Pelo questionário aplicado aos árbitros, a opção de atividades práticas com atletas marchando foi a forma

mais votada, seguida da utilização de vídeos com atletas marchando e do uso de apostila. Essas respostas evidenciam uma necessidade mais ampla durante o processo de formação, uma combinação de elementos como apostila, livros, vídeos, momentos teóricos e práticos, com a aplicação e uso da teoria na prática.

Quanto ao uso de vídeos durante os cursos de formação, mais de 75% dos árbitros (n=174) responderam que são a favor do uso de vídeos durante os cursos. E esse resultado encontra amparo em outros estudos sobre o uso de vídeos nos processos de formação de árbitros (Salmhofer, 2023; Zhou *et al.*, 2025; Karlinski, 2023; Larkin *et al.*, 2018; Cunningham, Roche e Mascarenhas, 2023; Boyer, Rochat e Rix-Lièvre, 2023; Armenteros *et al.*, 2019) demonstrando que o uso de vídeos é bem aceito a apresenta bons resultados no processo de formação.

Em sua tese, Salmhofer (2023) trabalhou no desenvolvimento e na avaliação de um novo jogo baseado em vídeo para treinar os processos de tomada de decisão de árbitros de artes marciais por meio de feedback imediato. O autor encontrou resultados que mostraram uma precisão média de decisão de 43,01% e um tempo médio de reação de 1,022s. A conclusão foi que o uso de um jogo baseado em vídeo é útil para o treinamento das habilidades de tomada de decisão de árbitros de artes marciais e seu potencial para aprimorar o treinamento de árbitros. Em 2011, Schweizer *et al.* apresentaram uma ferramenta desenvolvida pela federação alemã de futebol para árbitros aprimorarem suas decisões. Os árbitros que participaram do processo assistiram a vídeos, tomaram decisões e receberam feedback. O feedback imediato sobre a correção das decisões, após assistirem ao vídeo, sem necessidade de explicações adicionais, foi suficiente para aumentar a precisão das decisões. Os autores encontraram resultados que demonstram que o SET, que é uma ferramenta de treinamento online, que consiste em um banco de dados e um modulo de treinamento online baseada em assistir a vídeos, é promissora para complementar o treinamento de árbitros e o feedback sobre a correção das decisões é suficiente para aprimorá-las. Para Schweizer *et al.* (2011), explicações ou instruções explícitas não são necessárias, porém os dados não permitem responder à questão de se explicações ou instruções explícitas poderiam aumentar ainda mais os efeitos da aprendizagem.

Zhou *et al.* (2025) realizaram uma revisão sistemática e meta-análise para validar a eficácia do treinamento baseado em vídeo e avaliar seu impacto geral na melhoria das habilidades de tomada de decisão dos árbitros, fornecendo uma base científica para a otimização e inovação dos métodos de treinamento de árbitros. Mesmo comentando que

são conclusões limitadas devido ao tamanho da amostra, os autores afirmam que o treinamento de tomada de decisão baseado em vídeo é uma intervenção eficaz e prática para aprimorar significativamente as habilidades de tomada de decisão de árbitros de futebol. Karlinski (2023) sugere que utilizar apenas recursos impressos, tais como livros e apostilas e não outros instrumentos, irá limitar o árbitro em seu processo de aprendizagem. A afirmação do autor é baseada na explicação do julgamento do árbitro, que ocorre através da observação de movimentos dinâmicos e, dessa forma, o uso de vídeos é fundamental durante o processo de formação do árbitro. O estudo de Larkin *et al.* (2018) investigou a eficácia de um programa de treinamento baseado em vídeo, com o objetivo de fornecer uma maior quantidade de experiências visuais contextualizadas sem instruções explícitas, para aprimorar as habilidades de tomada de decisão dos árbitros de futebol da Australia. Os pesquisadores encontraram uma interação significativa entre os sujeitos e também uma melhora significativa no desempenho na tomada de decisões dos árbitros menos experientes e afirmam que programas de treinamento baseados em vídeo podem ser um complemento viável aos programas de treinamento atuais para acelerar o desenvolvimento da tomada de decisões, especialmente para árbitros menos experientes.

Mais recentemente, dois estudos, um deles de Cunningham, Roche e Mascarenhas (2023) e o outro de Boyer, Rochat e Rix-Lièvre (2023), analisaram os métodos e ferramentas de aprendizagem colaborativa utilizados por instrutores técnicos de arbitragem de elite da FIFA, árbitros e árbitros assistentes. Através de um método que consistia em utilizar vídeos em 360° gravados pelos próprios árbitros durantes jogos reais e a comparação da decisão tomada durante o jogo e a análise feita após o jogo com o auxílio do vídeo. Os autores forneceram evidências preliminares da utilidade e aceitabilidade do vídeo 360° em dispositivos móveis como uma inovação pedagógica no treinamento de árbitros, visando aprimorar a tomada de decisões, a gestão do jogo e a condição dos árbitros serem mais analíticos, ponderados e críticos em relação às suas próprias decisões e ações.

Ainda sobre vídeos, o trabalho de Sonoda e Araújo (2022) apresenta um alerta quanto o uso desse material. Para os autores, o uso excessivo de tecnologias digitais pode provocar alterações consideráveis no sistema neuro visual e na saúde ocular. A luz emitida por telas LED de smartphones e monitores é nociva, gerando irritabilidade e interferindo no sono e relacionamentos. A exposição excessiva a essa luz azul está associada a problemas oculares e sistêmicos. Portanto, o monitoramento do tempo de tela

é crucial para prevenir impactos negativos. O texto destaca os riscos da exposição tecnológica contínua à saúde integral. Ainda sobre vídeos, o trabalho de Sonoda e Araújo (2022) apresenta um alerta quanto o uso desse material. Para os autores, o uso excessivo de tecnologias digitais pode provocar alterações consideráveis no sistema neuro visual e na saúde ocular. A luz emitida por telas LED de smartphones e monitores é nociva, gerando irritabilidade e interferindo no sono e relacionamentos. A exposição excessiva a essa luz azul está associada a problemas oculares e sistêmicos. Portanto, o monitoramento do tempo de tela é crucial para prevenir impactos negativos. O texto destaca os riscos da exposição tecnológica contínua à saúde integral.

Uma das perguntas mais emblemáticas da pesquisa foi sobre o tipo de falta mais fácil ou difícil de julgar. A perda de contato do pé com o solo foi o tipo de falta mais mencionado sobre a dificuldade em julgar as faltas da prova de marcha atlética. Uma interpretação que podemos fazer sobre o resultado da pergunta é sobre o conhecimento das regras da prova, pois os árbitros que realizaram o curso específico da prova possuem uma fundamentação teórica mais completa sobre as regras, o que pode gerar uma facilidade no ato de julgar. Outra interpretação sobre as respostas é a uma facilidade visual em analisar a flexão do joelho, pois a análise envolve uma forma geométrica (joelho estendido) ou uma linha reta, exigindo atenção à articulação do joelho durante a fase de apoio, diferente do que ocorre na perda de contato do pé com o solo ou flutuação, quando não visualizamos uma forma geométrica, exigindo atenção ao espaço entre o pé e o solo.

Mais uma interpretação às respostas é sobre a experiência dos árbitros durante o julgamento visual da prova. A experiência nos auxilia na análise do que se vê e essa compreensão é a capacidade humana de reconhecer e interpretar as informações coletadas, no caso pela visão. Ainda, analisando as respostas dos árbitros quanto a dificuldade no julgamento é possível compreender as respostas resgatando Kandel, Schwartz e Jessell (2014), quando trouxeram que suposições para tomada de decisão podem ser baseadas nas experiências vividas. Calcados na experiência do árbitro, Nascimento, Taissun e Lopes (2020) discutem o conceito de atalho mental, pois para os autores, para evitar a sobrecarga cognitiva, o ser humano recorre a atalhos mentais processados majoritariamente de forma inconsciente e automática. Esse mecanismo que prioriza a economia de esforço, resulta na negligência de dados relevantes e dessa forma, o processo decisório é simplificado, restringindo deliberadamente a análise de informações e a exploração de alternativas disponíveis. Através desses atalhos o árbitro experiente olha para o movimento como um evento isolado e passa a identificar padrões

e como sua mente armazena milhares de situações similares, permite que ele identifique uma falta antes mesmo de concluir a análise do movimento completo. Os autores acrescentam que a experiência cria atalhos que ajudam o árbitro a prever qual será a próxima movimentação do atleta, o que permite uma tomada de decisão sem sobrecarga cognitiva. Os mesmos autores ainda afirmam que mesmo auxiliando com respostas rápidas, os atalhos mentais "também induzem a erros, ... nas percepções e em julgamentos" (Nascimento, Taissun e Lopes, 2020, p.09).

Para entender a dificuldade no julgamento visual, além das repostas citadas acima, ainda temos a influência das condições do ambiente, que se imaginarmos calor, frio ou chuva, o ambiente de análise se torna mais desafiante. Ainda, temos a presença de torcida com suas manifestações, nível de competição, nível dos atletas ou nível dos demais árbitros. Todos esses fatores podem influenciar no julgamento visual feito pelo árbitro durante as provas de marcha. Outro ponto importante que pode ser abordado é a relação idade do árbitro e sua capacidade de visão. Para Pinheiro e Silva (2010), o envelhecimento causa declínio progressivo na acuidade visual e na sensibilidade ao contraste, comprometendo a detecção de detalhes em alvos fixos ou móveis e a distinção claro-escuro. Somado à maior necessidade de iluminação, esse processo degrada o desempenho visual sob baixas condições de luz. E essa é uma realidade das competições, que muitas vezes são realizadas ao final da tarde ou início da noite, em pistas onde a iluminação não é a ideal.

Sobre o uso de livros e apostilas durante os cursos de formação, um total de 174 (75,9%) árbitros foi a favor do uso desse tipo de material. Sobre esse tema, amparado as respostas dos árbitros, o estudo de Florindo, Batista e Azevedo (2015) afirma que os materiais didáticos são extremamente importantes, mas que complementam a fala e a ação do professor. Ainda, afirmam que os materiais didáticos a serem adotados no ensino presencial não devem ser os mesmos utilizados no ensino a distância, pois para os autores as diferenças estão intensamente relacionadas ao uso de tecnologias que dão suporte ao ambiente de ensino e aprendizagem e possibilitam novas formas de interação, em termos de tempo e espaço. Cassab e Martins (2003) trazem a preocupação sobre os conteúdos presentes em livros e elas comentam sobre a importância. Os conteúdos não devem ser simplesmente colocados de qualquer forma e sim, distribuídos de forma organizada e sequencial conforme a estrutura curricular do curso de formação, que deve ser pensando mais na qualidade e não na quantidade dos conteúdos e que os conteúdos estejam atualizados com as regras e normas vigentes.

De forma indireta, Núñez *et al.* (2003) apresentam a ideia da padronização e regulamentação dos materiais utilizados nos cursos de formação pelos órgãos oficiais. Essas ações são de responsabilidade, no caso dos cursos de formação em arbitragem, da Wordl Athletic a nível mundial e da Confederação Brasileira de Atletismo, quando fazemos referência aos cursos a nível nacional. Os autores, trazendo informações sobre a legislação do livro didático criada em 1938, onde estado é o responsável, nos permitem fazer um paralelo com os cursos na esfera esportiva e sua responsabilidade.

Para Mendonça *et al.* (2013), a definição do formato dos materiais deve buscar atender às características da população-alvo e a relação custo-benefício. Os materiais escolhidos devem ser mais uma e não a única ferramenta a ser utilizada. O trabalho de Rando *et al.* (2020) buscou produzir e averiguar a importância do uso de material didático como ferramenta pedagógica. Os autores afirmam que, além de uma vantagem cognitiva, o material didático é uma das formas pelo qual determinados conceitos possam ser esclarecidos e entendidos. Os autores ainda afirmam que o emprego de material didático impresso gera uma ponte entre o assunto e o estudante. Ainda, afirmam que os materiais didáticos integram aspectos lúdicos e cognitivos, criando um ambiente entusiasmado e motivador que facilita a compreensão de conceitos abstratos e complexos. Eles atuam como ferramentas metodológicas que favorecem a interação entre alunos e professores, estimulando a argumentação e o raciocínio; dessa forma, promovem a motivação interna e a aprendizagem significativa. Sua utilização é fundamental para transformar o ensino em uma experiência colaborativa e integradora.

O estudo de Azzi *et al.* (2014) mostrou a necessidade de avaliar material didáticos. Analisando materiais no formato de livros e vídeos nas categorias de conteúdo, organização e contribuição, verificou-se que as avaliações constantes servem para propiciar reflexões importantes para o aperfeiçoamento ou desenvolvimento de materiais didáticos, tais como: a *atualização* constante das informações, pois atualmente é possível as regras sofrerem alterações a cada quatro meses e receber um conteúdo que está desatualizado é desagradável e contraproducente, ou seja, irá gerar um efeito contrário ao que se deseja; a *pertinência* dos assuntos apresentados nos materiais, pois receber um material com textos ou imagens que não agregam ao assunto ira tornar o tempo gasto na leitura ou observação como perdido; que sejam informativos e interpretativos, conseguindo ao mesmo tempo passam a informação desejada e que gere interpretações sobre o tema; e que sejam motivadores, no sentido de estimular a busca constante por mais informações sobre o tema tratado.

Apesar de que nas respostas dos árbitros houve uma igualdade de respostas quanto a serem favoráveis ou não ao uso de material impresso e vídeos, com 75,9% dos árbitros consultados sendo favoráveis ao uso dos dois modelos de material, podemos apresentar algumas considerações a favor do material impresso em relação ao material digital. Por não possuírem luminosidade e brilho, o que as telas possuem, os impressos tendem a não causar cansaço visual, olhos vermelhos e ressecamento na mesma intensidade. Outro fato a favor dos materiais impressos é a falta das distrações, algo muito comum nos dispositivos digitais, como tablets, smartphones ou computadores, quando apresentam notificações e outros elementos interativos que desviam a atenção do leitor.

Outro estudo, com a modalidade rugby, teve como objetivo explorar os processos de tomada de decisão de árbitros internacionais de rugby. O interessante da pesquisa de Cunningham *et al.* (2012), onde os autores utilizaram entrevistas semiestruturadas para explorar as rotinas, estratégias psicológicas e habilidades de processamento que os árbitros utilizam para atender às demandas de tomada de decisão do jogo e os dados das entrevistas foram analisados por meio de análise temática de conteúdo, os autores através dos resultados, forneceram informações práticas para orientar intervenções de treinamento como ferramenta pedagógica, para auxiliar uma compreensão mais aprofundada dos processos de tomada de decisão. Árbitros de elite de rugby identificaram quatro temas centrais relacionados à sua tomada de decisão e comunicação de decisões, que teriam importância se incluídos como assuntos a serem tratados nos cursos de formação: teatro corporativo; preparação pré-jogo e análise pós-jogo; filosofia e abordagem de arbitragem; e habilidades psicológicas durante o jogo. As implicações dessas descobertas fomentam o desenvolvimento de práticas de treinamento para auxiliar árbitros pré-elite como uma estrutura pedagógica e árbitros de elite na manutenção de padrões em sua expertise.

3.7.2 Modelo de Formação pela Perspectiva das Federações Nacionais

É possível observar que apenas o componente sobre ergonomia da aprendizagem foi descrito com algum detalhe por alguns países, em detrimento aos demais componentes da abordagem. Esse componente visa otimizar o ambiente e as condições para a obtenção de habilidades e conhecimento, tendo como meta oferecer um método de ensino mais eficiente através de condições ideais de trabalho. Lovato *et al.* (2018, p.05) acrescentam

que “a aprendizagem ativa ocorre por meio da interação do aluno com o assunto estudado, ouvindo, falando, perguntando, discutindo, fazendo e ensinando, sendo estimulado a construir o conhecimento ao invés de recebê-lo passivamente.” Os mesmos autores (2018, p.02) ainda reforçam que “... os alunos devem fazer algo mais do que simplesmente ouvir para que a aprendizagem seja efetiva”.

A pesquisa de Titisari e Kaltsum (2024), que compreende a ergonomia instrucional, buscou avaliar a compreensão dos professores sobre o gerenciamento de sala de aula com base em princípios ergonômicos na aprendizagem. Através de métodos qualitativos por meio de um estudo de caso, identificaram que os professores precisam ampliar seus conhecimentos e compreensão sobre o papel da ergonomia na aprendizagem e que professores e alunos percebem que as dificuldades na gestão de salas de aula baseadas em princípios ergonômicos prejudicam suas atividades de ensino e aprendizagem. Os autores (2024, p.01) concluem que “o gerenciamento de sala de aula é um fator de apoio na criação de um ambiente de aprendizagem propício e eficaz. É necessário dar atenção especial aos aspectos ergonômicos, incluindo iluminação, condições térmicas, disposição das carteiras dos alunos e ruído”. Ainda, afirmam que os educadores precisam melhorar o conhecimento e a compreensão sobre o papel da ergonomia durante o processo de aprendizagem.

Para a ergonomia instrucional, o material didático merece cuidado. Como destacado por Bulla, Lemos e Schlatter (2012) e Leffa (2017), é necessária a atenção quando da elaboração do material que será utilizado nos cursos, desde a ordem das unidades didáticas, coerência no fluxo de informações e a linguagem que deve ser muito mais do que somente palavras, utilizando sons e imagens fixas e em movimento. Sobre a ergonomia instrucional, temos a visão de Braga, Pimentel e Dotta (2015, p.27), que afirmam que design instrucional (DI) é a ação institucional, sistemática e planejada de ensino, utilizando métodos, técnicas e materiais educacionais específicos para facilitar a aprendizagem, aplica princípios conhecidos de ensino e aprendizagem para desenvolver situações didáticas, produtos e eventos educativos. Uma das abordagens mais utilizadas é o modelo ADDIE, acrônimo para Análise, Design, Desenvolvimento, Implementação e Avaliação.

Sobre a ergonomia das instalações educacionais, temos vários pontos importantes que poderíamos discorrer. Correa *et al.* (2025) estudaram a ergonomia do mobiliário escolar, verificando a força do mobiliário no conforto e no método educativo e após o experimento concluíram que a mobília escolar avaliada apresentada falhas ergonômicas

e que tais falhas podem prejudicar o processo de ensino-aprendizagem. Os autores ainda concluíram que existe a obrigação do aprimoramento do mobiliário escolar para acolher às necessidades ergonômicas dos estudantes.

A ergonomia do equipamento, que entre outras análises, realiza análise de desempenho. Villarouco e Andreto (2008) indicam que projetar ambientes adequados é desafiador, visando atender necessidades dos usuários e facilitar atividades sem causar maior esforço. Evita-se, assim, insatisfação e impactos na saúde, prevenindo doenças laborais. O objetivo é não comprometer o desempenho e a segurança.

Sobre a análise da ergonomia do ambiente educacional, podemos levantar questões sobre iluminação, cor, ruído, utilização do espaço e alocação de equipamentos. A cor do ambiente de ensino, por exemplo, tem um papel importante no processo de aprendizagem. Melo *et al.* (2023) afirmam que as cores são fundamentais na composição de projetos, com capacidade de causar efeitos nas emoções. As tonalidades escolhidas para objetos e ambientes influenciam diretamente a conduta das pessoas. Com isso, o impacto do ambiente nos alunos tem ligação direta com as cores usadas nas salas. Para Santos, Melo e Silva (2024), a iluminação em salas de aula impacta diretamente na aprendizagem, pois pode afetar o estado de alerta dos alunos. Recalde e Palau (2021, p.02) afirmam que “a iluminação da sala de aula afeta a função cognitiva, o nível de atenção e o desempenho acadêmico, sendo recomendadas luminárias em LED para que haja evolução dos aspectos cognitivos e psicológicos dos alunos”.

Uma interpretação crítica que podemos fazer indica a existência de risco na qualidade da formação devido à falta de material oficial unificado. Por exemplo, temos a Colômbia e Peru, onde cada instrutor utiliza seu próprio material didático e método de trabalho. Na Argentina, percebe-se que, por não haver vídeos oficiais para discussão do julgamento, os instrutores recorrem a compilações de arquivos históricos ou gravações antigas. A questão da especialização é vista de forma diferente entre os países, pois a marcha atlética é normalmente tratada como um tópico rápido dentro de cursos gerais. Apenas alguns países, como Brasil e Portugal, mencionam programas com carga horária e exames específicos para esta modalidade. Zingano (2010, p.32), que pesquisou a formação de árbitros de basquetebol, afirma que “os planos de formação deveriam ser estudados no âmbito acadêmico, com o objetivo de realizar propostas de formação, tanto teóricas como práticas, didáticas e organizacionais, que sejam de utilidade para a melhor resposta formativa”. Observando as respostas das federações nacionais, percebe-se que a mesma necessidade aqui colocada, que os materiais utilizados durante os cursos de

formação, nos diferentes países, fossem criados e organizados por um grupo gestor seja das federações nacionais ou da Confederação Sulamericana, para que todos utilizassem o mesmo material com os mesmos conceitos teóricos e práticos.

Quanto a dias trabalhados e carga horária dos cursos, podemos observar uma variação grande nas informações e a falta de padrão na elaboração dos cursos de formação, pois os temas são os mesmos com as mesmas regras e termos cursos com 8, com 16, com 24 e com 70 horas de duração. Ao analisarmos essa grande diferença de carga horária adotada pelos países, uma resposta poderia ser o nível de detalhamento dado ao tema, e com essa interpretação poder-se-ia aceitar essas diferenças, porém como estamos tratando, desde a criação dos questionários, de um curso básico de regras sobre marcha atlética, entendemos que cursos com poucas horas não abordam todos os conteúdos ou o fazem de forma ineficiente ou realizam apenas momentos teóricos e não práticos. O outro extremo também não é produtivo, pois cursos com 70 h/a se tornam ineficazes.

Teixeira (2016) considera extremamente necessário "verificar a quantidade de horas dispensadas em cada área de conhecimento e se elas possuem uma lógica de distribuição." (Teixeira, 2016, p.02). Temos ainda o tema da diferença na profundidade dos cursos. No Brasil, o tema da marcha atlética é abordado de forma rápida nos cursos básicos de arbitragem devido à grande quantidade de assuntos. Já no Paraguai, provas que não ocorrem com frequência no país são explicadas de forma mais superficial. Essa variação na profundidade do ensino impacta diretamente a segurança e a precisão do árbitro ao aplicar a regra técnica 54 da World Athletic que trata sobre o que o atleta pode e o que o atleta não pode fazer durante uma prova oficial de marcha atlética. No Suriname, a limitação tecnológica introduz uma subjetividade operacional que não existe em países com infraestrutura digital avançada.

Sobre a formação prática, Gomes (2008) comenta que no atual momento que o esporte de rendimento se encontra, em que altos níveis de exigência competitivas são impostos, torna-se imperativo uma maior conscientização da seriedade do processo de formação, com qualidade, do árbitro.

Os resultados mostram que há falta de padronização dos materiais utilizados nos cursos. Esse fato afeta a subjetividade do julgamento ao permitir que o conhecimento técnico seja transmitido de forma heterogênea, dependendo muitas vezes de materiais não oficiais e da interpretação individual de cada instrutor. Na Argentina, por exemplo, como não existem vídeos oficiais da federação nacional para discutir o processo de julgamento

visual, os instrutores utilizam compilações de arquivos históricos ou gravações antigas. Isso pode criar critérios de julgamento visual baseados em padrões de movimento que não refletem necessariamente a velocidade e a biomecânica das competições atuais. Em países como Colômbia e Peru, cada instrutor possui seu próprio material didático e método de trabalho. Sem uma base de ensino unificada, a interpretação das regras pode variar conforme a visão pessoal de quem ministra o curso, adicionalmente à diferença de carga horária e de profundidade dos cursos.

Pelo questionário, não foi possível identificar como é realizada a avaliação teórica, se com perguntas abertas ou fechadas, com associações, com múltiplas escolhas ou no formato de asserção razão, onde se avalia a capacidade de analisar relações de causa e efeito. Da mesma forma sobre a avaliação prática, utilizada na Bolívia e em Portugal, onde fica a dúvida se essa avaliação prática ocorre durante competições oficiais ou em provas simuladas, planejadas somente como instrumento avaliativo, quantos atletas e de qual idade são utilizados e qual a distância adotada. Sobre avaliação ao final do curso, Gomes (2008), em estudo comparativo entre Portugal e Inglaterra sobre os cursos de formação para árbitros de futebol, identificou que em ambos os países os cursos preveem avaliação prática e avaliação teórica, o que vem ao encontro do que é conduzido pela Bolívia e por Portugal, algo que não acontece nos demais países da América do Sul.

O Equador e o Paraguai não possuem relato de realizarem recentemente cursos específicos para árbitros de marcha. Ao voltamos na introdução, resgatamos as informações sobre os cursos realizados na América do Sul nos últimos 40 anos e constatamos a baixíssima oferta desse tipo de curso, em comparação aos cursos básicos de arbitragem. Os dados indicaram que alguns países como Guyana, Panamá, Suriname e Uruguai nunca realizaram curso específicos de marcha atlética para árbitros. Outros países, no mesmo período, ofertaram apenas um (Venezuela e Paraguai), dois cursos (Colômbia e Peru) e três cursos (Chile e Ecuador). Apenas três países possuem um histórico de ofertarem cursos, Argentina e Brasil com nove cursos ofertados e Bolívia com oito, para o mesmo período.

Seguindo uma tendencia mundial pós-pandemia, temos ainda a possibilidade de oferecer condições de acesso aos cursos a todos os interessados, independentemente de local e condições de forma remota/virtual (Maarit, 2023; Simões e Bispo, 2006). Diferentemente da opinião dos árbitros entrevistados em questionário, que sugeriram ambientes presenciais para os momentos de aula, atualmente muitas universidades utilizam sistemas baseados na web para fornecer informações aos alunos. O uso de

ambientes digitais como um recurso tem transformado a sala de aula, pois amplia o acesso à informação e ao conhecimento (Goodyear, 2015).

Um trabalho que apoia o uso de encontros virtuais foi o de Saveliev, Gromov e Kovalenko (2022). Os autores tiveram como objetivo avaliar a eficácia do uso do treinamento online na preparação de árbitros para competições esportivas de caratê. Como método, os pesquisadores definiram para o grupo controle seminários presenciais, enquanto para o grupo experimental um formato misto, com o curso online. Os resultados dos juízes que realizaram o curso online demonstraram que o formato misto de programas de treinamento avançado para juízes esportivos antes de competições, utilizando treinamento online, oferece a mesma eficácia que seminários presenciais que exigem mais tempo e custos adicionais. O trabalho de Kizilet (2011) apresentou um Programa de Educação Física a Distância (Distance Physical Education Program - DPEP) para árbitros da Turkish Super League. Os resultados do estudo revelaram que é possível realizar a educação física à distância no âmbito da educação a distância, considerando as diferenças individuais e incluindo o suporte de tecnologia adequada, com as vantagens de ser utilizado em várias localizações, baixo custo, tecnologia atual e para todas as idades. Outro trabalho que apoia a tendência mundial é o estudo de Morales (2025). Na pesquisa, o autor descreve curso de formação de árbitros de futebol realizado de forma híbrida e extremamente proveitosa. Devido às ações de prevenção contra a COVID-19, o curso foi realizado na modalidade híbrida, combinando aulas teóricas EaD em plataforma própria e encontros síncronos semanais via Zoom. As atividades práticas, concentraram-se em três finais de semana distintos. Essa estrutura permitiu conciliar a formação teórica remota com a capacitação prática necessária durante o período.

Esta investigação propôs uma análise aprofundada acerca dos aspectos ergonômicos que permeiam os modelos pedagógicos vigentes na capacitação de árbitros especializados em marcha atlética, buscando compreender como as estruturas de ensino influenciam a formação técnica e a mediação do conhecimento desses profissionais. O estudo fundamentou-se em uma análise que contempla, inicialmente, a perspectiva dos próprios árbitros sobre a eficácia e a ergonomia dos processos instrucionais, permitindo identificar possíveis lacunas e potencialidades no desenvolvimento de suas competências críticas de julgamento através de metodologias adotadas pelas federações nacionais. A interpretação que podemos fazer é de que a formação de árbitros na América Latina está em uma fase de transição digital, algo que foi impulsionado pela pandemia, mas ainda sofre com a falta de diretrizes pedagógicas uniformes. A dependência de materiais

próprios dos instrutores e o uso de vídeos não oficiais podem gerar critérios de julgamento visual subjetivos.

Os resultados indicaram que a distribuição da carga horária ideal para os cursos de formação é compreendida de forma distinta entre os árbitros, revelando que não existe um consenso sobre o tempo necessário, variando entre propostas teóricas e práticas que utilizam vídeos e apostilas como ferramentas pedagógicas fundamentais; que a associação entre aula teórica e prática torna-se o primeiro passo na formação de especialistas, permitindo-lhes dominar perfeitamente qualquer assunto e ser capaz de aplicá-los através da observação de movimentos dinâmicos; que o emprego de material didático impresso e digital gera uma ponte entre o assunto e o estudante, estimulando a argumentação e o raciocínio para transformar o ensino em uma experiência colaborativa e integradora necessária no cenário da arbitragem internacional; uma falta de padronização dos materiais utilizados nos cursos, fato que afeta a subjetividade do julgamento visual ao permitir que o conhecimento técnico seja transmitido de forma heterogênea dependendo de interpretações individuais e de materiais não oficiais.

Sem uma base de ensino unificada, a interpretação das regras pode variar conforme a visão pessoal de quem ministra o curso, exigindo que os planos de formação sejam estudados no âmbito acadêmico para realizar propostas didáticas e organizacionais úteis. A ergonomia instrucional e das instalações educacionais, abrangendo a iluminação, cores e o ruído, exerce força no conforto e no método educativo, facilitando a aprendizagem sem causar maior esforço ou insatisfação que comprometa o desempenho e a segurança do árbitro. O uso de vídeos durante os processos de formação é bem aceito e apresenta bons resultados para aprimorar as habilidades de tomada de decisão, especialmente para árbitros menos experientes que necessitam de experiências visuais contextualizadas. Assim, a organização sistemática e planejada de ensino deve buscar a atualização constante das informações e a pertinência dos assuntos apresentados para consolidar um diagnóstico crítico sobre como a instrução é organizada e percebida.

Este diagnóstico indica que a melhoria das ferramentas educacionais e da preparação técnica depende de uma estrutura pedagógica que ofereça métodos eficientes através de condições ideais de trabalho e materiais unificados para garantir a qualidade na arbitragem.

4. Estudo Experimental sobre o Julgamento Visual do Árbitro

4.1 Objetivo Geral

- Determinar os efeitos da região de interesse (quadril, joelho, tornozelo) sobre as características do olhar e do desempenho no julgamento visual de árbitros experientes e novatos.

4.2 Objetivos Específicos

- Determinar as características das fixações do olhar durante a tarefa de julgamento visual da falta na marcha atlética, apresentada em vídeo, por árbitros experientes e novatos na observação das regiões de interesse de joelho, tornozelo e quadril;
- Determinar a acurácia e o tempo de resposta durante a tarefa de julgamento visual da falta na marcha atlética, apresentada em vídeo, por árbitros experientes e novatos na observação das regiões de interesse de joelho, tornozelo e quadril;
- Determinar os efeitos da região de interesse sobre as características das fixações e sobre o desempenho no julgamento visual de árbitros experientes e novatos.

4.3 Hipóteses

- H1. Os árbitros experientes apresentarão maior acurácia e menor tempo de resposta durante os julgamentos de vídeos de marcha atlética que os árbitros novatos;
- H2. Os árbitros experientes apresentarão maior número, duração total e percentual de tempo de fixações em cada uma das três articulações (quadril, joelho e tornozelo) nos vídeos de marcha atlética do que os árbitros novatos;
- H3. Os árbitros experientes apresentarão maior número, duração total e percentual de tempo de fixações no joelho do que no tornozelo, e no tornozelo do que no quadril. Os árbitros novatos não apresentarão diferenças de duração total e percentual de tempo das fixações entre as articulações de joelho, tornozelo e quadril.

4.4 Problema de Pesquisa

Mudanças frequentes nas regras da prova, diversos protestos referentes a decisões da arbitragem, polêmicas de organizadores de provas de marcha atlética e reclamações de atletas e de treinadores são algumas situações associadas com a subjetividade do julgamento visual na marcha atlética, assim como decorrentes da dificuldade de processar informações visuais complexas e ultrarrápidas requeridas pelas regras da modalidade. Sem a possibilidade do uso de tecnologia, o processo de tomada de decisão é mediado exclusivamente pela percepção e pela cognição do árbitro.

Na prática, durante uma prova oficial de marcha atlética, podem estar atuando árbitros com experiência e novatos, de limitada experiência na prova. A experiência do árbitro no julgamento visual afeta a precisão do julgamento das faltas, que envolvem a perda de contato do pé com o solo e a flexão de joelho.

Diferentes formas de observar o atleta e suas regiões mais relevantes durante a prova, o padrão de rastreamento ocular que emerge, pode gerar julgamentos corretos ou incorretos, com potencial de comprometer o resultado da prova. Os árbitros considerados experientes apresentam um padrão de comportamento do olhar (fixações) com mais eficiência durante os julgamentos? Os árbitros com experiência limitada no julgamento divergem no padrão de comportamento do olhar apresentado em relação aos experientes?

A questão de pesquisa envolve desvendar a estratégia de rastreamento ocular ótima apresentada pelos árbitros e possibilitar sua multiplicação, através do ensino futuro, da informação sobre essa estratégia para todos os árbitros, na busca pela melhor consistência e menor número de erros no julgamento visual da marcha atlética.

4.6 Materiais e Método

Trata-se de um estudo experimental transversal de caráter descritivo com amostra não probabilística ou de conveniência (Thomas, Nelson e Silverman, 2012), com características de protocolo experimental.

4.6.1 Participantes

Árbitros de atletismo com e sem experiência na arbitragem de marcha atlética foram convidados para a realização dos experimentos da pesquisa. O público em estudo foi representado pelas pessoas identificadas como árbitros de atletismo, homens e mulheres, todos com 18 anos ou mais e que concordaram com a pesquisa, após assinarem

dando consentimento no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE, o qual foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Unesp Bauru, CAAE n° 65583722.5.0000.5663 e com Parecer 5.833.414.

Quanto à amostragem, Thomas, Nelson e Silverman (2012) afirmam que quando os elementos da população são referentes às pessoas presentes no local da entrevista e nos dias da pesquisa, e que é uma situação que pode mudar a cada instante o número de entrevistados, a amostra se caracteriza como sendo uma amostragem não probabilística, que ocorre quando as probabilidades de conhecimento e seleção de sua amostra são desconhecidas. A opção por uma amostragem de conveniência se deve ao fato do público-alvo ser encontrado somente em determinadas situações, que são as competições, que é quando estão disponíveis e são conhecidos, o que tende a facilitar a coleta.

Dos 23 árbitros analisados, 12 foram classificados como experientes (22,2 anos de atuação, DP = 9,6) devido ao nível de atuação nas provas de marcha atlética e 11 classificados como novatos (13,0 anos de atuação, DP = 13,1), por não atuarem como árbitros especializados em marcha atlética. A idade média dos árbitros experientes foi de 45,4 anos (± 8,47) e dos árbitros novatos foi de 45,54 anos (± 20,3). Todos os participantes possuíam acuidade visual normal (20/20), normal e funcional (20/25) ou próxima do normal (entre 20/30 e 20/60), conforme teste de Snellen (Gomes *et al.*, 2024). Nove participantes possuíam visão corrigida por óculos; a Tabela 6 apresenta as características gerais dos participantes: a idade cronológica, se o árbitro possui experiência ou não no julgamento visual da marcha atlética, acuidade visual pelo Teste de Snelen (Gomes *et al.*, 2024*)*, tempo em anos completos como árbitro, e se utiliza óculos ou não.

4.6.2 Critérios de Inclusão e Exclusão na Amostra

Os critérios adotados para a inclusão das pessoas na amostra de pesquisa foram os seguintes: somente árbitros da modalidade olímpica atletismo, de ambos os sexos, todos com 18 anos ou mais, presentes nos dias das coletas, com ou sem conhecimento na prova de marcha atlética, que possuíssem registro oficial como árbitro de atletismo na Confederação Brasileira de Atletismo ou em alguma federação nacional de atletismo.

Tabela 6: Características da Amostra

N	Idade	Grupo	Acuidade Visual	Tempo como árbitro	Óculos
1	41	Experiente	20/25	17	Sim
2	59	Novato	20/20	26	Não
3	19	Novato	20/20	1	Não
4	53	Novato	20/20	2	Sim
5	40	Experiente	20/20	20	Não
6	43	Experiente	20/30	29	Sim
7	42	Experiente	20/25	22	Sim
8	47	Experiente	20/20	12	Sim
9	29	Novato	20/20	6	Não
10	43	Experiente	20/20	25	Não
11	42	Experiente	20/20	26	Não
12	28	Novato	20/25	5	Não
13	69	Novato	20/40	25	Não
14	18	Novato	20/20	1	Sim
15	71	Novato	20/30	20	Não
16	66	Novato	20/30	40	Não
17	63	Experiente	20/25	43	Sim
18	47	Experiente	20/50	20	Não
19	45	Experiente	20/50	14	Sim
20	60	Experiente	20/20	31	Não
21	55	Novato	20/40	14	Não
22	34	Novato	20/20	3	Sim
23	32	Experiente	20/20	7	Não

Fonte: Elaborado pelo autor

Os critérios adotados para a exclusão das pessoas na amostra de pesquisa foram os seguintes: árbitros da modalidade olímpica atletismo que não quiseram participar do estudo; árbitros que por razões religiosas ou de princípios não eram permitidos de participar do estudo; árbitros da modalidade olímpica atletismo que não apresentaram visão classificada como normal, funcional, próximo ao normal ou corrigida, com base no teste de Snellen ou que no momento do experimento não estevam utilizando lentes corretivas; árbitros com menos de 18 anos; árbitros que se recusaram a consentir e assinar o T.C.L.E. e que não possuíam registro na Confederação Brasileira de Atletismo ou em alguma federação nacional de atletismo.

4.6.3 Locais

Os locais escolhidos para a coleta de dados do experimento foram as cidades de Anapoima na Colômbia, Assunção no Paraguai e Santiago no Chile. A opção de realizar as coletas nessas cidades decorreu da presença do autor da pesquisa como árbitro durante o Campeonato Panamericano de Marcha Atlética na cidade de Anapoima, durante os Jogos Desportivos Pan-Americanos Júnior U23 na cidade de Assumpção e durante os Campeonatos Nacionais U20 e U16 na cidade de Santiago. Nessas competições estavam presentes árbitros de atletismo com experiência em julgamento da marcha atlética compatível com os critérios de experiente e novato adotados neste estudo.

4.6.4 Vídeos

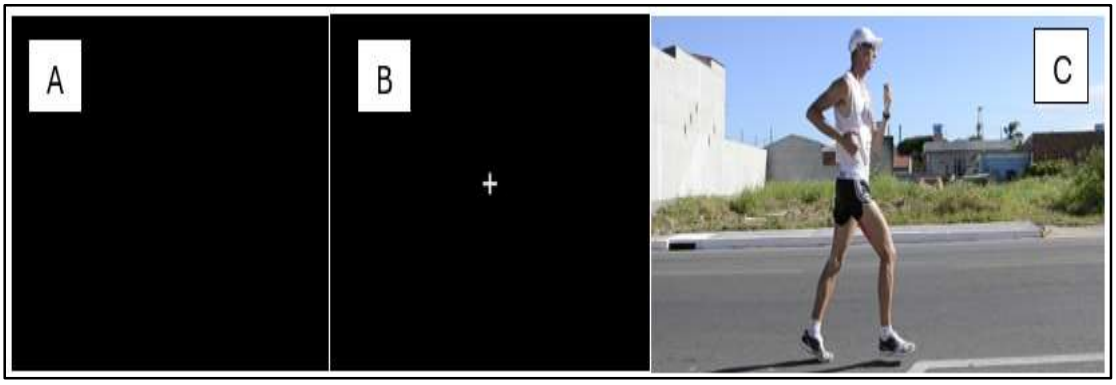
Na projeção de imagens de marcha atlética foi utilizada uma sequência de 40 vídeos de atletas marchando em competições oficiais ou em treinamento (Figura 10 C). O software Pyscho-Phy foi utilizado através de uma rotina criada para o controle e execução dos vídeos. As imagens foram obtidas durante competições oficiais de marcha atlética, competições estas organizadas pela WA e federações nacionais e também durante treinamentos, imagens estas que são de domínio público e estão disponíveis na web. Como padronização, foram selecionados vídeos com apenas um atleta e que, após edição, tinham aproximadamente oito segundos de duração (±2 seg). Foram priorizadas imagens que possuíam características que simulassem estar sendo observadas por árbitros, ou seja, buscamos imagens que preservavam uma distância que aparentasse o posicionamento do árbitro durante o julgamento visual dos atletas quando a competição ocorre em pista ou em circuito de rua.

Para cada vídeo, havia duas telas iniciais que antecediam as imagens com o atleta na ordem de apresentação: a primeira tela era apenas uma tela preta com duração de um segundo e meio (Figura 10 A); a segunda tela também era preta, com duração de dois segundos, com um sinal de mais (+) branco, fonte arial tamanho 100, centralizado (473px x 306px) na intersecção dos eixos X (horizontal) e Y (vertical) da tela (Figura 10 B). A presença da tela com um sinal de + tinha a função de padronizar a localização inicial do olhar do árbitro em um ponto fixo na tela no início de cada vídeo.

Para a projeção do bloco de 40 vídeos, o avaliado deveria estar sentado (Figura 11 A). Para efeito de controle entre os 40 vídeos, independentemente do bloco a ser exibido, havia 20 vídeos com atletas cometendo faltas e 20 vídeos com atletas marchando sem cometer faltas. Para a definição sobre a qualidade da marcha dos atletas nos vídeos (com ou sem falta), as imagens foram avaliadas por três árbitros (o próprio autor desta tese e mais dois), que integram o painel internacional da W.A. nível Gold; estes três árbitros não participaram do experimento.

Os vídeos foram enviados aos árbitros e somente aqueles vídeos nos quais houve a concordância dos três árbitros sobre a ocorrência ou não de falta foram utilizados no experimento. Os vídeos nos quais ocorreu alguma discordância de opiniões foram descartados. Assim, foram selecionados 40 vídeos, dos quais 20 com atletas marchando sem cometer falta e 20 vídeos com atletas cometendo falta em relação às regras vigentes da modalidade. Vale destacar que todos os vídeos utilizados seguiram o mesmo padrão de presença ou ausência de falta durante toda a duração do vídeo.

Figura 10: A Tela preta, B - Tela com marcador centralizado e C - Tela com vídeos sobre a marcha



Fonte: Elaborado com acervo do autor.

Figura 11: Ilustração do design do setup experimental em Anapoima, Assunção e Santiago (A) e Eye Tracker SMI - Sensor Motor Instruments (B) e Tela de Calibração (C).



Fonte: (A) Elaborado e cedido com autorização por Mateus Cunha Ferst, (B) Acervo pessoal, (C) Criado pelo autor

Abaixo segue (Tabela 7) a caracterização dos 40 vídeos utilizados no experimento quanto a gênero masculino ou feminino; direção da marcha da direita para a esquerda ou da esquerda para a direita; momento da gravação na reta ou na curva; gravação parada ou acompanhando o atleta; marcha com falta ou sem falta; marcha na pista ou na rua. As informações sobre as características dos vídeos não foram consideradas para efeito de análise estatística.

Tabela 7: Caracterização dos 40 vídeos por gênero, direção, reta ou curva, gravação, com ou sem falta, pista ou rua.

Vídeo	**Gênero**	**Direção**	**Reta ou Curva**	**Gravação**	**Com ou sem Falta**	**Pista ou Rua**
1	Masc.		Reta	Fixo	Com falta	Rua
2	Masc		Reta	Moto	Com falta	Rua
3	Masc		Reta	Fixo	Sem falta	Pista
4	Masc		Reta	Fixo	Sem falta	Rua
5	Masc		Reta	Fixo	Com falta	Rua
6	Masc		Reta	Fixo	Sem falta	Rua
7	Masc		Reta	Fixo	Com falta	Rua
8	Masc		Reta	Fixo	Sem falta	Rua
9	Masc		Reta	Fixo	Com falta	Rua
10	Masc		Reta	Moto	Com falta	Rua
11	Fem		Curva	Fixo	Sem falta	Pista
12	Masc		Reta	Moto	Com falta	Rua
13	Fem		Reta	Moto	Sem falta	Rua
14	Fem		Curva	Fixo	Sem falta	Rua
15	Fem		Curva	Fixo	Sem falta	Rua
16	Masc		Reta	Fixo	Sem falta	Rua
17	Masc		Reta	Fixo	Com falta	Rua
18	Fem		Reta	Fixo	Com falta	Rua
19	Masc		Reta	Moto	Com falta	Rua
20	Masc		Reta	Fixo	Sem falta	Pista
21	Fem		Reta	Moto	Sem falta	Rua
22	Masc		Reta	Fixo	Sem falta	Rua
23	Fem		Reta	Moto	Com falta	Rua
24	Masc		Reta	Moto	Sem falta	Pista
25	Masc		Reta	Moto	Sem falta	Rua
26	Masc		Reta	Fixo	Com falta	Rua
27	Masc		Reta	Fixo	Com falta	Rua
28	Masc		Reta	Fixo	Com falta	Rua
29	Masc		Reta	Moto	Sem falta	Pista
30	Fem		Reta	Moto	Sem falta	Pista
31	Fem		Reta	Fixo	Sem falta	Rua
32	Masc		Reta	Fixo	Com falta	Rua
33	Masc		Reta	Moto	Com falta	Rua
34	Masc		Reta	Fixo	Sem falta	Rua
35	Masc		Reta	Moto	Sem falta	Rua
36	Fem		Reta	Fixo	Com falta	Rua
37	Masc		Reta	Fixo	Com falta	Rua
38	Masc		Reta	Fixo	Com falta	Rua
39	Fem		Reta	Moto	Com falta	Rua
40	Masc		Reta	Moto	Sem falta	Rua

4.6.5 Programas Computacionais

A linguagem de programação Python, versão 3.13.1, foi escolhida pela sua versatilidade, proporcionando a automação de tarefas necessárias à pesquisa. Python foi utilizado para a criação da rotina da tarefa sobre os vídeos do experimento, para receber a resposta da tarefa de indicar com falta ou sem falta através do mouse para os atletas apresentados nos vídeos e para controlar o tempo de resposta no mouse para cada vídeo.

A rotina desenvolvida foi implementada no software PsychoPy, versão 2023.x, que é um software de código aberto utilizado para a criação e execução de experimentos em áreas como psicologia experimental e neurociência cognitiva. Esse software oferece uma interface chamada *coder*, que permite escrever scripts diretamente na linguagem Python. O uso foi com o objetivo de criar uma rotina experimental na qual a apresentação dos estímulos visuais e a coleta de respostas comportamentais fossem combinadas. O experimento iniciava com a importação das bibliotecas necessárias, incluindo a biblioteca *visual* para a apresentação de estímulos, a biblioteca *core* para controle de tempo, a biblioteca *event* para a captura de eventos do teclado e mouse e a biblioteca *pandas* para registro e manipulação de dados. O uso da biblioteca *datetime* permite registrar precisamente os tempos de início e término dos estímulos, enquanto a biblioteca *os* facilita a manipulação de arquivos no sistema.

O software Kinovea, versão 2023.1.2, se caracteriza por ser de código aberto, com aplicação nos estudos sobre o movimento humano. O software foi utilizado para, com o uso de marcadores, criarmos manualmente um rastreamento das articulações de quadril, joelho e tornozelo e esse procedimento foi adotado para os 40 vídeos. Este rastreamento utilizou coordenadas horizontais e verticais para a definição dos pontos articulares.

4.6.6 Hardware Eye-Tracker SMI – Sensor Motor Instruments

Para a análise dos movimentos oculares, o equipamento utilizado foi o eye-tracker marca SMI – Sensory Motor Instruments (Figura 11B). O equipamento possui acurácia de 0.05º de graus de ângulo visual, a câmera de cena tem a resolução de 960 x 720 pixels, com frequência de aquisição de 120 Hz e as duas câmeras dos olhos modelo infravermelho, com precisão da posição do olhar de aproximadamente < 0,5°. O campo de visão da câmera de cena é de 60° na horizontal e de 46° na vertical. O equipamento

utiliza os softwares Pupil Player e Pupil Capture para projetar a cena/imagem e para a captura dos dados do avaliado.

Esse equipamento é empregado para o rastreamento e mapeamento do olhar, por meio de um sensor infravermelho. A tecnologia Eye Tracking é capaz de contribuir com estudos utilizando medidas não invasivas e de fluxo contínuo (Coyne e Sibley, 2016), e ainda permite o rastreamento e gravação do comportamento ocular, ou seja, do olhar de uma pessoa, sobre um determinado ambiente. Ela permite identificar para onde uma pessoa olha, assim como a duração de tempo e o trajeto do olhar (Rodas, Mari-Carmen e Vidotti, 2014). Adicionalmente, foram utilizados os softwares Matlab (The Matworks Inc., 2010 – versão 7.10.0.499) para cálculo de variáveis e SPSS (SPSS Inc., 2008 - versão 17.0.1) para as análises estatísticas necessárias.

4.6.7 Protocolo Experimental

Após serem convidados a participar do experimento, os árbitros foram conduzidos para uma sala que estava preparada para o experimento. Foi entregue a eles o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE e solicitado a leitura completa do mesmo. No consentimento sobre a participação foi solicitada a assinatura no documento. No primeiro momento foi realizado o Teste de Snellen (Gomes *et al.*, 2024*)*, que é um exame clínico tradicional utilizado para medir a acuidade visual. O árbitro se posicionou em pé, em posição anatômica, a 4 metros da tabela de Snellen, colocada a altura do rosto do árbitro. Para os árbitros que utilizavam óculos foi solicitado que continuassem a usar durante o teste. Foi solicitado ao árbitro ler as linhas de letras apontadas, começando pelas maiores até a menor linha que conseguisse identificar. O teste iniciou somente com o olho direito aberto, após somente o olho esquerdo aberto e depois com os dois olhos abertos.

Após esse momento, foi solicitado ao participante para sentar-se à frente do computador (Figura 11 A) colocado sob uma mesa, da forma mais confortável possível apoiando os dois cotovelos e braços sobre a mesa e que ajustasse a altura da cadeira para ficar com os olhos na altura do centro da tela do computador, sendo reforçado pelo experimentador de que, caso o participante se sentisse desconfortável ou simplesmente não quisesse mais continuar, bastaria comunicar e parar.

A seguir, foi explicado ao participante como era o experimento e qual era a tarefa a ser feita. Os árbitros foram orientados a realizarem o julgamento visual dos atletas à

medida que iam aparecendo nos vídeos, utilizando um mouse sem fio disponibilizado para esse fim. Se o atleta apresentasse uma boa qualidade da marcha, sem falta, o árbitro deveria clicar no lado direito do mouse; se o atleta apresentasse qualidade ruim da marcha, com falta, o árbitro deveria clicar no lado esquerdo do mouse.

Como procedimento, sempre antes de iniciar o experimento, uma calibração do equipamento eye-tracker foi realizada. A calibração envolve o uso do eye-tracker e a relação da distância do avaliado, na posição sentada, com a tela de projeção. Para a calibração do Eye-Tracker SMI, o avaliado deveria fixar os olhos, procurando não mover a cabeça, em três diferentes centros de círculos na tela do computador utilizado na pesquisa, sequencialmente primeiro no ponto 1, depois no ponto 2 e, finalmente, no ponto 3. A mudança de fixação somente deveria ocorrer após o pesquisador solicitar. Os três diferentes pontos de calibração (Figura 11 C) apareciam na tela individualmente e na sequência. Após o procedimento de calibração, o próprio software acusava a necessidade de refazer ou não a calibração.

Após a calibração do equipamento, o experimento iniciava e sempre antes dos 40 vídeos selecionados havia três sequencias de vídeos (Figura 10 A, B e C) como forma de adaptação ao experimento. O tempo de resposta a cada vídeo, definido como o intervalo entre o início de cada estímulo (vídeo) e o momento da resposta do árbitro ao clicar no mouse, foi mensurado em cada tentativa e essas informações, sobre as respostas da tarefa, formam controladas e armazenadas pelo software PychoPy.

Os resultados apresentados são frutos da análise de 864 tentativas realizados por uma amostra de 23 participantes (12 novatos e 11 experientes), apresentam uma completude de dados de 100% para as variáveis independentes de experiência e falta.

4.6.8 Análise dos Dados

A normatização dos dados numéricos ao integrar diferentes softwares com resoluções distintas foi necessária para garantir a consistência, precisão e integridade dos dados, além de permitir a compatibilidade e a análise correta das informações.

O objetivo da análise foi, através da normatização dos dados, verificar quais articulações (quadril, joelho, tornozelo) os árbitros observam ao tomar decisões e como isso se relacionava com a acurácia e o tempo de resposta de suas decisões. Foi necessário definir regiões de interesse correspondentes a essas articulações nos vídeos, alinhar os

dados de olhar com as posições das articulações, extrair métricas de atenção visual e cruzar essas métricas com os dados experimentais: tipo de marcha com falta e sem falta, decisão correta e incorreta e experiência do árbitro.

4.6.8.1 Definição de Regiões de Interesse

A identificação adequada das regiões de interesse para as articulações do quadril, joelho e tornozelo foi crucial para mapear onde os árbitros estavam olhando. Essas regiões correspondiam diretamente às condições que são exigências da regra: a região do joelho da perna de apoio, deve permanecer estendida ou não flexionada desde o contato inicial até a posição vertical, e a região do tornozelo quando deve sempre haver pelo menos um pé em contato com o solo.

Sobre as regiões de interesse, foi necessário também a definição do formato geométrico, da dimensão típica e tamanho, e a definição das regiões de interesse dinâmicas e sua delimitação. É possível observar abaixo (Figura 12) o modelo de regiões de interesse dinâmicas adotado para o estudo e vale ressaltar que as cores que destacam as Regiões de interesse são ilustrativas.

Figura 12: Exemplo ilustrativo das Regiões de Interesse dinâmicas



Fonte: Elaborado pelo autor.

A literatura indica (Nieto-Castanon *et al*., 2003; Tong *et al*., 2016; Sikiö *et al*., 2015) que não é necessário desenhar contornos altamente detalhados em torno de um objeto para definir uma região de interesse eficaz; formas geométricas simples (como

círculos ou retângulos) costumam ser suficientes. No caso de articulações, que são pontos relativamente bem localizados, é comum utilizar Regiões de interesse circulares ou elípticas centradas na articulação de interesse, pois essas formas cobrem de maneira uniforme as possíveis posições do alvo. Um círculo em torno do joelho ou tornozelo, por exemplo, captura bem as fixações direcionadas a essas articulações sem incluir excesso de áreas vizinhas.

Por sua simplicidade, estudos optam por círculos de raio fixo como região de interesse para pontos anatômicos (Nieto-Castanon *et al*., 2003; Tong *et al.,* 2016) ou retângulos englobando a área da articulação, se for mais conveniente computacionalmente. Em ambos os casos, a região de interesse deve ser convexa e razoavelmente pequena, porém ligeiramente ampliada em relação ao tamanho exato da articulação, a fim de compensar a imprecisão inerente do rastreador ocular. Vale lembrar que sistemas de eye tracking possuem um erro de acurácia típico de ~0,5° de ângulo visual, dependendo do equipamento. Portanto, delimitar regiões de interesse um pouco maiores que o alvo físico ajuda a garantir que, mesmo se houver um pequeno erro no registro da posição do olhar, a fixação correta não seja erroneamente classificada fora das regiões de interesse.

Uma estratégia baseada em considerações visuais é usar o conceito de graus de ângulo visual para definir o tamanho das áreas de interesse. Ao definir uma região de interesse, é recomendável ajustar seu tamanho considerando a distância de visualização e o tamanho do vídeo na tela. Em termos práticos, se as áreas de interesse forem bem espaçadas e isoladas entre si, como por exemplo a articulação do quadril distante da do joelho no vídeo, poder-se-ia optar por regiões de interesse um pouco maiores do que o objeto, adicionando ~ 2° além do contorno, de modo a capturar toda fixação que provavelmente estava naquela área, o que evita subestimar fixações tangenciais. Por outro lado, se as áreas de interesse forem próximas ou houver risco de sobreposição, como joelho e quadril de uma mesma perna relativamente próximos no vídeo, recomendar-se-ia regiões de interesse menores do que o objeto em ~2°. Desta forma, contabilizamos apenas fixações que certamente incidiram sobre a articulação, reduzindo o risco de atribuir uma fixação a duas regiões de interesse vizinhas indevidamente.

Nesse estudo, as regiões de interesse foram definidas do ponto central de cada articulação um raio de 0.06, em coordenadas normalizadas 0 e 1. A justificativa é que regiões de interesse maiores aumentam fixações mapeadas, mas sobrepõem as regiões e comprometem a separação anatômica. Uma região de interesse de 0.06 preserva

separação e mantém a interpretação anatômica. Em estudos com estímulos dinâmicos (Nieto-Castanon *et al*., 2003; Tong *et al*., 2016; Sikio *et al*., 2015), essa abordagem tem suporte, pois ajustar o tamanho da região de interesse considerando o erro do rastreador e o contexto visual evita tanto falsos negativos, como perder fixações que estavam na articulação, quanto falsos positivos, como contar fixações que na verdade estavam em outra parte próxima.

Como os atletas estão se movendo nos vídeos, as regiões de interesse das articulações não eram estáticas em posições fixas na tela; elas acompanharam o movimento de cada articulação ao longo do tempo. A abordagem adotada para a definição das regiões de interesse dinâmicas foi automatizar a atualização da região de interesse a cada quadro, usando as coordenadas fornecidas pelo Kinovea, que foi o software que rastreou a posição de cada articulação em cada quadro do vídeo. Esse processo também é conhecido por *Auto AOI* ou mapeamento de gaze dinâmico, o que essencialmente, é quando a região de interesse *gruda* no objeto de interesse e se move com ele. Em nossa delimitação usamos os dados do Kinovea para reposicionar o círculo/retângulo da região de interesse em cada frame na posição do quadril, joelho e tornozelo do atleta. Assim, mesmo com movimento livre, a região de interesse continuou cobrindo a articulação desejada. Esse processo eliminou a necessidade de ajustar manualmente frame a frame e garantiu consistência na definição das regiões de interesse ao longo dos vídeos.

4.*6*.8.2 Critério de sobreposição com fixações

Após serem definidas as regiões de interesse (forma e tamanho), e sabendo suas posições a cada instante, foi necessário estabelecer quando considerar que uma fixação do olhar *incidiu* sobre uma articulação. O critério adotado é geométrico e simples: se a coordenada (x,y) da fixação estivesse dentro da área da região de interesse, então aquela fixação seria contada como olhando para a respectiva articulação. Sabendo que cada fixação registrada pelo sistema BeGaze já possui uma posição média (centro do olhar durante aquela fixação), bastou verificar se esse ponto estava contido, por exemplo, dentro do círculo em torno do joelho.

No caso de regiões de interesse circulares, verificou-se se a distância entre o ponto de fixação e o centro da região de interesse (posição da articulação) era menor ou igual ao raio definido. Buscou-se evitar regiões de interesse excessivamente grandes que se

sobrepusessem umas às outras, como por exemplo, se a região de interesse do joelho e do quadril se sobrepusessem, uma única fixação poderia cair em ambas. Em resumo, o critério de contabilização adotado foi de que a fixação contaria para uma determinada articulação se o ponto médio do olhar estivesse dentro da área daquela região de interesse no instante correspondente.

Ainda, buscando minimizar perda de dados, outro critério adotado foi considerar as fixações nas *regiões nearest*, ou seja, quando a fixação ocorria mesmo fora das regiões de interesse, porém dentro de um limite aceitável próximo a um a das 3 articulações. Essa região foi definida pelo percentil das fixações mais próximas da região de interesse de cada articulação, com ponto de corte de 80% das fixações totais.

4.6.8.3 Roteiro Técnico Detalhado de Análise dos Dados

Nesta seção, descrevemos o passo a passo de como foram processados e alinhados os dados, determinado as fixações sobre cada articulação, extraídas as métricas desejadas e como foram cruzados os dados com as variáveis experimentais, que foram o tipo de marcha (com ou sem falta), a decisão do árbitro (correta ou incorreta), e a experiência do árbitro (experiente ou novato). Para esse processo foram utilizados os seguintes dados de entrada:

- Coordenadas das articulações extraídas do Kinovea para cada vídeo, que foram colocadas em uma planilha contendo, para cada quadro, a posição X e Y do quadril, joelho e tornozelo do atleta.
- Dados de fixação do olhar de cada árbitro por vídeo, fornecidos pelo software de eye tracking BeGaze, incluindo o tempo de cada fixação, suas coordenadas X e Y na tela/vídeo e a duração, também em uma planilha.
- Metadados do experimento com a resolução (largura × altura em pixels) de cada vídeo, identificação de quais vídeos mostravam a qualidade da marcha (correta ou incorreta), respostas dos árbitros (correta ou incorreta), tempos de resposta e classificação de árbitros em experientes ou novatos.

4.6.8.4 Alinhamento das Coordenadas do Olhar com as Coordenadas das Articulações

Para cruzar os olhares com as articulações, primeiro foi preciso colocá-los em um mesmo sistema de referência espacial e temporal. Esse processo envolveu:

- Conversão de coordenadas: O sistema BeGaze registrou as fixações em coordenadas de tela, com a origem no canto superior esquerdo da tela. Já o sistema Kinovea exportou as coordenadas das articulações em referência ao vídeo original. A tabela de resolução (anexo 8.2) dos vídeos indica para cada vídeo sua largura e altura em pixels. Como houve diferença, foi preciso converter.

- Definição da orientação do eixo Y: Por convenção de imagem digital, o eixo Y cresce para baixo, com o 0 no topo. Observando os dados fornecidos, notou-se valores negativos para certas coordenadas das articulações, indicando um referencial customizado. Foi necessário transformar as coordenadas das articulações para o mesmo referencial do vídeo, e como o vídeo original do Kinovea utilizou uma origem diferente, estava no centro, foi necessário recalcular para origem no canto superior esquerdo do vídeo). A forma prática foi identificar o ponto de referência, no primeiro quadro, medir manualmente onde está a articulação no vídeo e comparar com os valores do Kinovea. Como havia deslocamento, foram aplicadas correções com adição de um offset até que as posições coincidissem. Esse alinhamento garantiu que um ponto (x,y) do Kinovea correspondesse ao mesmo pixel (x,y) usado pelo sistema de olhar. Offset tem o significado de compensação, ele se refere a uma quantidade constante que foi somada ao conjunto de dados para ajustar a sua posição e alinhá-lo.

- Sincronização temporal: Além do espaço, foi necessário alinhar o tempo entre as duas fontes. Os arquivos de fixação apresentavam timestamps, em milissegundos, para início e fim de cada fixação e foi necessário relacioná-los com a linha de tempo (timeline) do vídeo. No presente estudo os vídeos foram concatenados em um único arquivo e rodados em sequência em uma mesma gravação de eye tracking; dessa forma, os timestamps se apresentaram de forma contínua e foi necessária a conversão para tempos relativos a cada vídeo. Para isso, foram utilizadas as minutagens de corte dos vídeos fornecidas e essas minutagens indicaram a duração de cada vídeo e os momentos de transição. Para o procedimento de sincronização foi necessário:

1. Identificar, para cada vídeo numerados de 1 a 40, o instante inicial no registro do eye tracker. Com as durações de cada vídeo definida, foi possível calcular os pontos de corte cumulativos.
2. Adicionar marcadores ou calcular offsets: por exemplo, se vídeo1 começa em 0, vídeo2 começa em 79.678 s, vídeo3 começa em 79.678+89.207 s ≈ 168.885 s, e assim por diante. Essas informações foram colocadas na planilha de minutagens.
3. Aplicar offset nos timestamps de cada fixação, percorrendo as fixações e atribuindo-as a um vídeo. Após isso, foi subtraído o tempo de início daquele vídeo para obter o tempo relativo ao vídeo. Assim, para o mesmo exemplo anterior, temos, 120 s – 79.678 s = ~40.322 s dentro do vídeo 2.

- Interpolação temporal foi necessária porque os dados de articulação do Kinovea vieram quadro a quadro (por exemplo, 30 quadros por segundo). Já as fixações também ocorreram em momentos entre os frames. A solução simples adotada foi assumir que, durante um frame, a articulação não se moveu drasticamente, e usar o quadro mais próximo da ocorrência da fixação. Teria sido possível usar a posição do quadro imediatamente anterior ou posterior ao instante da fixação, ou ainda interpolar linearmente entre dois frames se quisermos mais precisão. Porém, na prática, considerando que as fixações duram dezenas ou centenas de milissegundos, usar o frame correspondente ao meio da fixação foi suficiente. Por exemplo, se uma fixação ocorreu dos 2,000 ms aos 2,200 ms do vídeo, pegar a posição da articulação no frame de 2,100 ms (~frame 63 se 30 quadros por segundo) para avaliar se a fixação estava na região de interesse.

Após essas etapas, foi obtido para cada fixação do árbitro, um par (x_fix, y_fix) em coordenadas de vídeo e um timestamp relativo ao vídeo. Com esse processo foi possível determinar em qual quadro ou instante do vídeo a fixação ocorreu e quais as coordenadas da articulação naquele mesmo instante. Com espaço e tempo alinhados, seguimos para verificar a incidência nas regiões de interesse.

4.6.8.5 Identificação de Fixações em Cada Articulação (Quadril, Joelho, Tornozelo)

Nesta etapa, foi implementado o critério de sobreposição definido anteriormente para classificar cada fixação do olhar como relacionada a uma das três articulações ou não. Como procedimento seguimos as etapas de:

- Estabelecer regiões de interesse para cada quadro: foram utilizadas as posições das articulações do Kinovea, já convertidas para coordenadas de vídeo, para definir as regiões de interesse. Por exemplo, para cada quadro do vídeo, região de interesse do joelho = círculo de raio R centrado em (x_joelho, y_joelho); região de interesse do tornozelo = círculo de raio R em (x_tornozelo, y_tornozelo); e região de interesse do quadril = círculo em (x_quadril, y_quadril). O valor de R (raio em pixels) veio da definição escolhida.

- Mapear fixações para regiões de interesse: para cada fixação registrada no vídeo foi realizado um teste de ponto-em-região. Dado o tempo da fixação, foi possível encontrar o quadro correspondente e então:
    1. Calculamos a distância euclidiana do ponto de fixação a cada uma das três articulações naquele quadro: dist_quadril = √[(x_fix - x_quadril)^2 + (y_fix - y_quadril)^2], e similar para joelho e tornozelo.
    2. Comparamos cada distância com o raio R da região de interesse. Se dist_joelho <= R, então a fixação é considerada sobre o joelho. Se dist_tornozelo <= R, conta para tornozelo. Se dist_quadril <= R, conta para quadril. É possível, embora pouco provável, que mais de uma condição seja verdadeira, ou seja, o ponto caia dentro de duas regiões de interesse próximas. Nesses casos de sobreposição, uma solução é escolher aquela região de interesse cuja distância ao centro seja menor (ou seja, o ponto de olhar esteja mais próximo de tal articulação). Isso atribui a fixação à articulação mais provavelmente focada.
    3. Se nenhuma das distâncias estivesse dentro do raio, ou seja, a fixação tinha caído fora das 3 regiões definidas, então categorizavamos essa fixação como fora das articulações de interesse. Ela poderia ter ocorrido em outra parte do corpo (braços, tronco, cabeça) ou fora do atleta, por exemplo, no fundo da cena.

- Armazenar os resultados, construindo uma tabela de saída onde para cada fixação teria um identificador indicando em qual região de interesse caiu (Quadril, Joelho, Tornozelo ou Nenhuma). Também foram mantidos os dados originais da fixação – duração, timestamp, etc., pois foram úteis para cálculos agregados.

Essa classificação nos indicou, por exemplo, que o árbitro X no vídeo Y teve 5 fixações no joelho, 2 no tornozelo, 0 no quadril e 3 fora de região de interesse. Com essa informação por fixação pronta, podemos então agregar por vídeo e por árbitro as métricas de interesse.

4.6.8.6 Cálculo das Métricas Visuais por Árbitro e por Vídeo

Para cada árbitro que assistiu a cada vídeo, buscamos extrair indicadores do comportamento visual focados nas três articulações. Os principais indicadores solicitados foram:

- Número de fixações em cada articulação de cada árbitro em cada vídeo, ou seja, a contagem de quantas fixações foram classificadas em cada região de interesse (quadril, joelho, tornozelo). Essa métrica indicou quantas vezes o olhar *pousou* naquela região.
- Tempo total de fixação em cada articulação, que é a soma das durações (em ms) de todas as fixações que incidiram em determinada região de interesse. Por exemplo, se durante o vídeo 5 o árbitro 2 teve fixações de 200ms e 300ms no joelho, o tempo total no joelho seria 500ms. Essa métrica reflete o chamado dwell time, ou tempo acumulado de atenção visual naquela área.
- Porcentagem do tempo total do vídeo direcionado a cada articulação. Aqui consideramos o tempo total do vídeo, ou possivelmente o tempo total de fixação do árbitro no vídeo, excluindo sacadas e intervalos sem olhar. Essa porcentagem forneceu uma noção relativa da atenção visual. Mas, considerando que os árbitros provavelmente estavam sempre olhando o vídeo durante a tarefa, a diferença é pequena. Portanto, definimos % tempo na região de interesse = (tempo total de fixação na região de interesse / duração do vídeo) * 100.

Com as contagens e tempos calculados, organizamos uma tabela de resultados intermediária por (árbitro, vídeo) contendo as seguintes colunas descritas abaixo. Essa tabela foi a base para análises estatísticas e para cruzamentos com variáveis experimentais.

- Fixações quadril, Fixações joelho, Fixações tornozelo (números inteiros);
- Tempo quadril, Tempo joelho, Tempo tornozelo (em ms);
- %Quadril, %Joelho, %Tornozelo (em relação ao tempo do vídeo).

4.6.8.7 Integração com Dados Experimentais (Variáveis de Condição e Desempenho)

Nesse momento passamos a incorporar as demais informações do experimento a cada caso (árbitro-vídeo). Foi necessário anexar:

- Condição da marcha no vídeo, ou seja, se o vídeo mostrava marcha correta (sem falta) ou marcha incorreta (com falta). Essa condição foi codificada como *0 = correta e 1 = incorreta* na coluna *Condição do Vídeo* dos dados. Assim, para cada linha (árbitro, vídeo) trouxemos essa informação. Na redação final da tese será utilizado o nome das variáveis, aqui, o texto está descrevendo o que foi salvo no processamento.

- Resposta do árbitro, ou a decisão do árbitro para aquele vídeo, se foi correta ou incorreta. Ou seja, se ele julgou adequadamente a situação. Essa variável foi criada em formato binário (correto=1, incorreto=0) nos dados (coluna “Resposta à tarefa”). Na redação final da tese será utilizado o nome das variáveis, aqui, o texto está descrevendo o que foi salvo no processamento. Importante recordar que aqui *incorreto* se refere à resposta do árbitro, que significa que ele errou o julgamento, não confundir com condição do vídeo. São duas dimensões distintas, pois o vídeo pode ter infração ou não, e o árbitro pode ter marcado infração ou não. Cruzando ambas as informações sabemos se ele acertou. Essa informação foi fundamental para análises de performance versus olhar.

- Tempo de resposta, que foi o tempo que o árbitro levou para dar sua decisão, medido a partir do início do vídeo até apertar um botão do mouse. Esses valores, em milissegundos estão para cada árbitro/vídeo.

- Nível do árbitro, que representou a experiência do árbitro. Todos os árbitros receberam uma classificação conforme sua experiência no julgamento visual da prova de marcha atlética, que foi experiente ou novato (0 = árbitro experiente, 1 = árbitro novato), e essa informação foi associada por sujeito. Assim, cada linha herda do sujeito se ele é experiente ou não. Na redação final da tese será utilizado o nome das variáveis, aqui, o texto está descrevendo o que foi salvo no processamento

Ao juntarmos tudo, obtivemos para cada combinação de árbitro e vídeo as informações/condições organizadas. Esse conjunto de dados totalizou 40 linhas por árbitro, pois cada árbitro assistiu a 40 vídeos. Com esse conjunto unificado de dados, conseguimos realizar análises para responder às questões experimentais, conforme os próximos passos descritos a seguir (Infográfico 3) e detalhados no anexo 8.7, onde pode ser encontrado o desenho do método do estudo experimental.

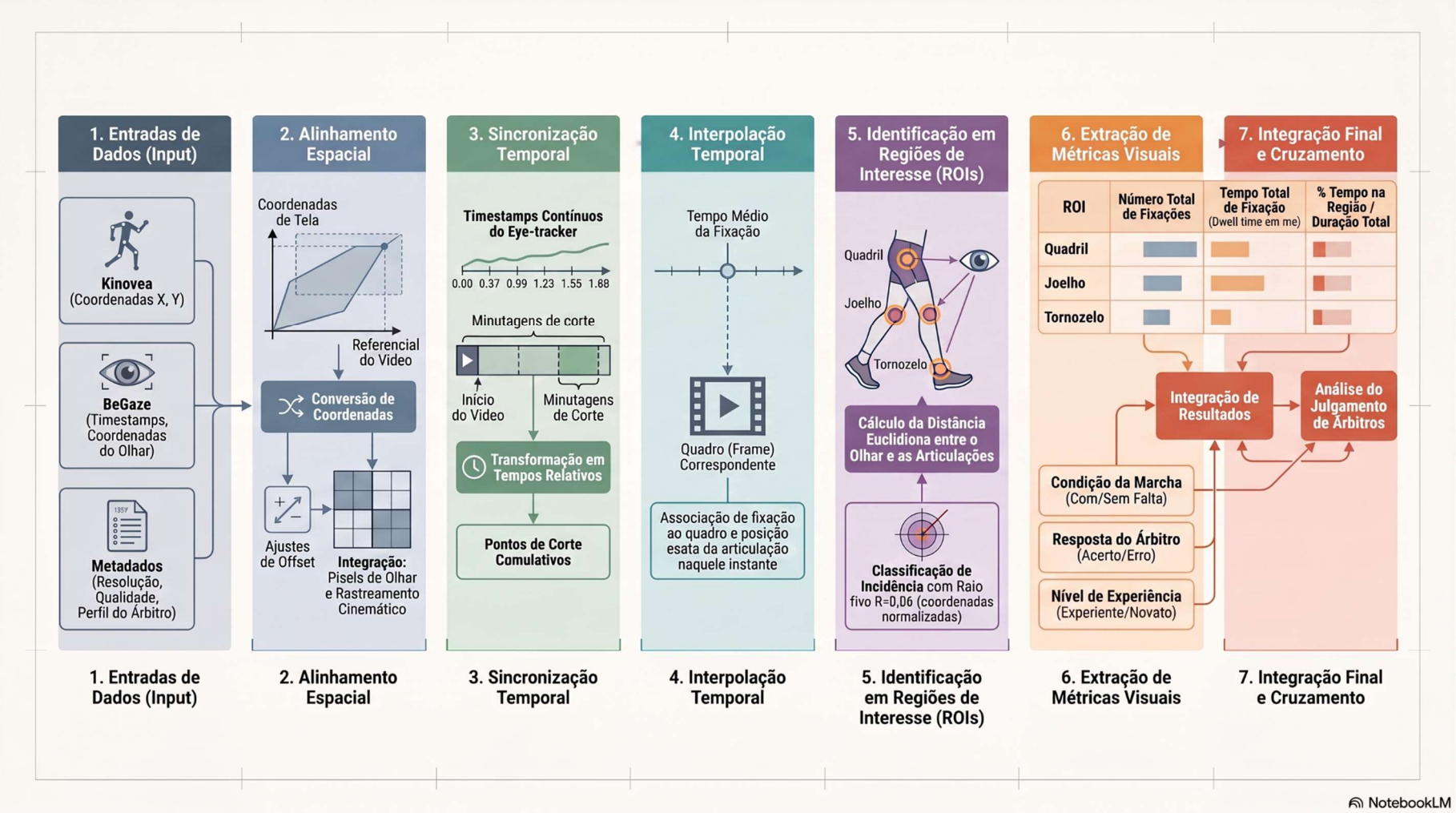
Na figura 13, como exemplo da análise intragrupo e de forma puramente ilustrativa, é possível observar através de mapa de calor na Figura 13-A uma concentração maior de fixações na região do joelho, observação realizada por um árbitro na condição experiente. Ao passo que na Figura 13-B ocorre uma dispersão maior das fixações entre o joelho e o quadril, observação realizada por um árbitro na condição novato. Essas imagens são de um mesmo atleta, em um mesmo frame, para ilustrar a análise, pois a análise ocorreu de forma dinâmica, durante a exposição do vídeo.

Figura 13: Exemplo de Concentração de Fixações por Regiões de Interesse: (A) árbitro experiente, (B) árbitro novato.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Infográfico 3: Processamento das Informações no Estudo Experimental



Fonte: Criado pelo autor pela ferramenta de IA notebooklm.

4.6.9 Análise Estatística

Para o tratamento estatístico da presente tese, os dados de número de fixações na região de interesse, duração total das fixações e percentual de tempo de fixação na região de interesse foram submetidos ao modelo misto de análise (Mixed Model Analysis) através de análise de variância de experiência (experientes, novatos) por região de interesse (quadril, joelho, tornozelo), com medidas repetidas no segundo fator. Os dados de acurácia e de tempo de resposta dos julgamentos visuais dos árbitros foram submetidos à análise de variância one-way para o fator experiência.

A amostra da análise foi composta por 12 participantes do grupo experientes e 11 participantes do grupo novatos.

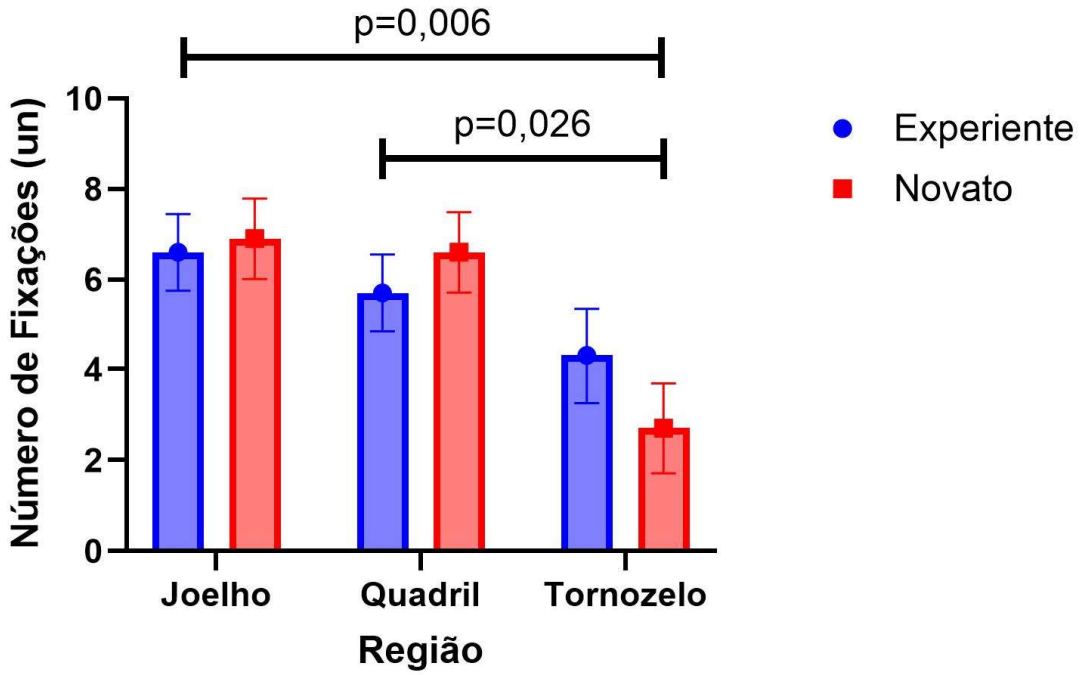
Do total dos 40 vídeos para os 23 árbitros avaliados, ocorreu um total de 8,7% de células com ausência de dados, que significa que os árbitros não realizaram fixações dentro de alguma área de interesse dinâmica criada para o experimento. A amostra das análises por grupo para as variáveis dependentes de acurácia e tempo de resposta foi composta por 12 participantes do grupo Experientes e 11 participantes do grupo Novatos, uma vez que os dados desses 23 participantes estavam completos em todas as células do delineamento experimental para essas variáveis.

O nível de significância adotado foi de 0,05 para todas as análises. Comparações aos pares (post-hoc) foram realizadas através do Teste HSD de Tukey. Ajustes de probabilidade de Bonferroni e ajustes de graus de liberdade de Greenhouse-Geisser foram utilizados conforme necessário (Maxwell, Delaney & Kelley, 2017).

4.7 Resultados

O número de fixações foi significativamente afetado pela região, $F(2,37,3) = 6,06$, $p = 0,005$. Na análise post-hoc (Gráfico 6), as comparações aos pares revelaram que tanto o número de fixações na região do joelho (M=6,71, EP=0,62) quanto na região do quadril (M=6,18, EP=0,62) foram significativamente maiores do que na região do tornozelo (M=3,50, EP=0,72), respectivamente, ps= 0,006 e 0,026.

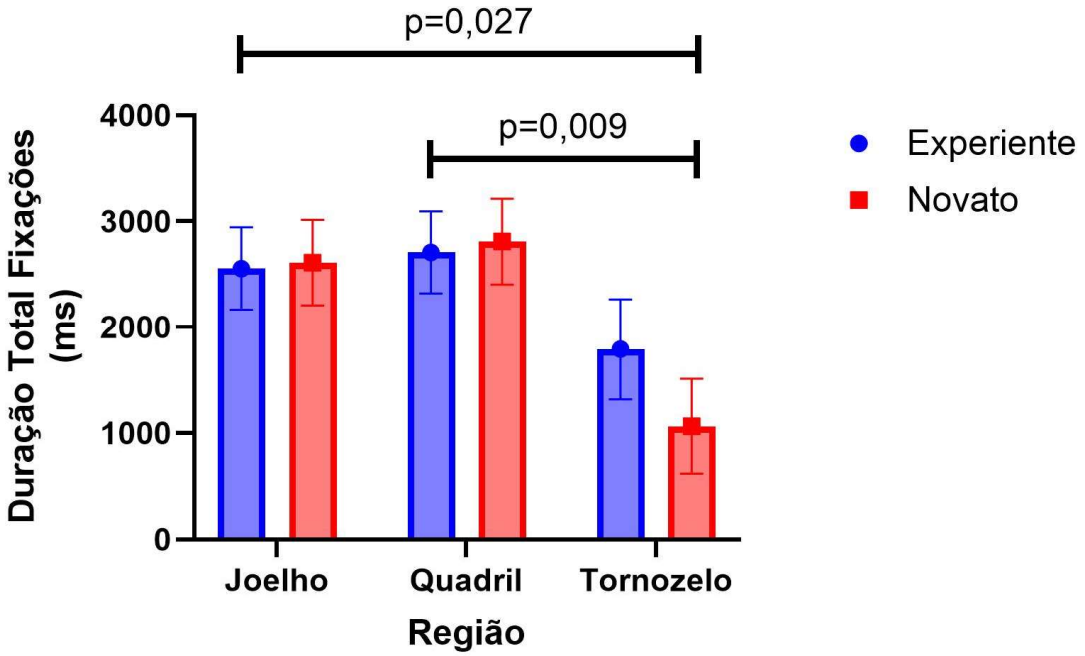
Gráfico 6: Média (erro padrão) do Número de Fixações nas regiões do quadril, joelho e tornozelo de árbitros experientes e novatos.



A duração total das fixações (ms) foi significativamente afetado pela região, F(2,36,5) = 5,67, p = 0,007. Na análise post-hoc (Gráfico 7), as comparações aos pares revelaram que tanto a média da duração total das fixações (ms) na região do joelho (M=2584,0, EP=279,7) quanto na região do quadril (M=2758,7, EP=279,7) foram significativamente maiores do que na região do tornozelo (M=1428,1, EP=325,4), respectivamente, ps= 0,027 e 0,009.

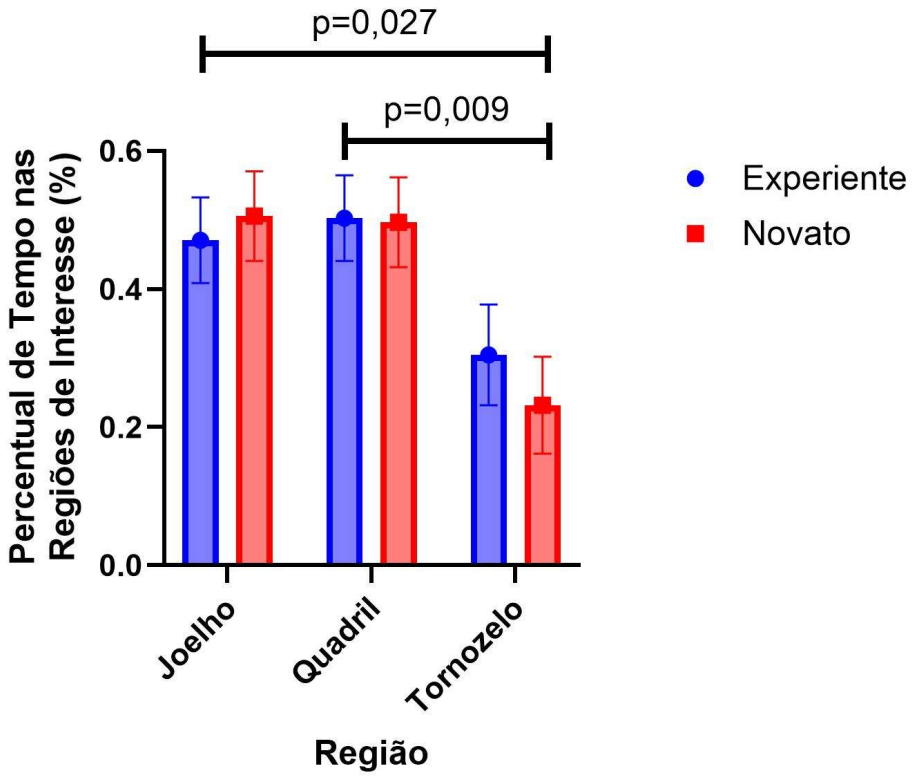
O percentual (%) de tempo na região de interesse foi significativamente afetado pela região, F(2,35,3) = 5,80, p = 0,007. Na análise post-hoc (Gráfico 8), as comparações aos pares revelaram que tanto a média do percentual (%) de tempo na região de interesse na região do joelho (M=0,49, EP=0,05) quanto na região do quadril (M=0,50, EP=0,05) foram significativamente maiores do que na região do tornozelo (M=0,27, EP=0,05), respectivamente, ps= 0,018 e 0,012.

Gráfico 7: Média da Duração Total das Fixações (ms.) nas regiões do quadril, joelho e tornozelo.



A acurácia não foi significativamente afetada pela experiência (p> 0,05). A acurácia dos julgamentos do grupo de experientes (M = 58,96, DP = 10,63) não diferiu significativamente da acurácia dos julgamentos do grupo de novatos (M = 58,41, DP = 15,70). O tempo de resposta não foi significativamente afetado pela experiência (p> 0,05). O tempo de resposta nos julgamentos do grupo de experientes (M = 5,56, DP = 1,34) não diferiu significativamente da acurácia dos julgamentos do grupo de novatos (M = 5,27, DP = 1,12). As demais comparações de todas as análises realizadas não alcançaram significância e, portanto, não foram reportadas.

Gráfico 8: Média do percentual (%) de tempo de fixação nas regiões do quadril, joelho e tornozelo.



4.8 Discussão

A avaliação da marcha atlética no atletismo representa um dos cenários mais complexos e desafiadores para o julgamento visual no âmbito esportivo. A subjetividade presente na tomada de decisão dos árbitros, as constantes alterações regulamentares, a frequência de protestos e as polêmicas que envolvem atletas, treinadores e organizadores de competições evidenciam uma fragilidade estrutural que reside no processo cognitivo de análise do movimento. Na ausência, por regra, de dispositivos tecnológicos auxiliares em competições oficiais, a legitimidade da marcha atlética depende estritamente da percepção do árbitro em tempo real. Este julgamento exige o processamento de padrões biomecânicos complexos, executados em frequências temporais extremamente altas, em que os limites fisiológicos e de processamento de informação da visão humana são constantemente desafiados.

Durante uma prova oficial de atletismo, podem atuar ao mesmo tempo árbitros de elite e árbitros novatos, com menor tempo de atuação e limitada experiência específica.

A premissa teórica clássica indica que a experiência acumulada define as estratégias de busca visual, tornando o rastreamento ocular dos especialistas mais eficiente por meio de fixações mais persistentes, seletivas e focadas nas regiões anatomicamente informativas, o que, teoricamente, resultaria em maior precisão decisória e menor tempo de resposta (Hancock e Ste-Marie, 2013). Com o intuito de investigar experimentalmente essa relação, o presente estudo analisou as implicações da experiência de árbitros sobre o seu comportamento visual e seu desempenho perceptual. Mediu-se o número e a duração das fixações nas articulações do quadril, joelho e tornozelo, definidas como regiões de interesse (ROIs), bem como o tempo de resposta e a acurácia no julgamento técnico de infrações da marcha atlética apresentadas em vídeo.

A primeira hipótese previa que os árbitros experientes apresentariam maior acurácia e menor tempo de resposta durante os julgamentos de vídeos de marcha atlética em comparação aos árbitros novatos. Essa expectativa estava solidamente ancorada na literatura clássica de experiência perceptual, que aponta que árbitros e atletas altamente treinados desenvolvem uma sensibilidade visual e cognitiva superior para identificar padrões de movimento, antecipar trajetórias e tomar decisões corretas em frações de segundo (Hancock e Ste-Marie, 2014; Moore et al., 2019). Esperava-se que os árbitros experientes, devido ao seu histórico de atuação prática em pista, demonstrassem maior eficiência temporal e precisão, visto que seu sistema cognitivo estaria mais apto a filtrar ruídos visuais e a recuperar com rapidez as regras armazenadas na memória de longo prazo (Zhi e Liu, 2024).

Pelos resultados experimentais obtidos refutamos a primeira hipótese. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas na acurácia e no tempo de resposta que distinguissem o desempenho dos árbitros experientes em relação aos novatos ($p > 0,05$). Em termos quantitativos, a acurácia dos julgamentos do grupo de experientes foi de 58,96% (DP = 10,63), enquanto a do grupo de novatos foi de 58,41% (DP = 15,70). De forma idêntica, o tempo de resposta do grupo experiente (M = 5,56 s, DP = 1,34) não diferiu estatisticamente daquele apresentado pelos novatos (M = 5,27 s, DP = 1,12). Embora a falta no padrão locomotor presente nos estímulos em vídeo estivesse associada a uma maior acurácia para o julgamento visual, esse fenômeno de maior facilidade em identificar movimentos irregulares ocorreu de maneira idêntica em ambos os níveis de experiência.

Podemos compreender o porquê de os árbitros experientes e novatos apresentarem desempenhos idênticos de acurácia e tempo de resposta pelo caráter biomecânico da

marcha atlética e as barreiras da percepção visual humana. O estudo de Dyer (2023), aponta que as infrações regulamentares na marcha atlética, especialmente a perda de contato do pé com o solo, ocorrem em intervalos de tempo extremamente reduzidos, frequentemente inferiores a 40-50 milissegundos. O olho humano possui limites fisiológicos de resolução temporal, o que significa que o tempo de voo ou fase aérea na marcha é, em grande parte, imperceptível à visão, independentemente do nível de experiência do observador. Desta forma, os resultados revelam um limite perceptual, onde o nível de dificuldade atribuído pela velocidade da locomoção e a visualização por meio de telas de vídeo nivelam o desempenho de especialistas e iniciantes. A acurácia geral em ambos os grupos mostra a fragilidade do julgamento exclusivamente subjetivo na marcha e corrobora a tese de Dyer (2023) sobre como muitas faltas são imperceptíveis ao olho humano.

Além disso, Dyer (2023) adverte que a velocidade no julgamento de árbitros experientes pode induzir a falsos positivos por excesso de confiança. Essa dinâmica desafia o pressuposto tradicional de que respostas rápidas são sempre mais eficazes (Hancock e Ste-Marie, 2013). No presente estudo experimental, a ausência de diferenças no tempo de resposta aponta que os árbitros experientes não se precipitaram e que os novatos também adotaram tempos para a tomada de decisão prudentes, evidenciando que o formato experimental de avaliação de vídeos gerou uma demanda cognitiva similar. Ao contrário de esportes de invasão como o hóquei no gelo (Hancock e Ste-Marie, 2013) ou basquetebol (Wang et al., 2025), onde a experiência está fortemente associada a uma maior precisão decisória geral, a marcha atlética apresenta uma especificidade mecânica de julgamento extremamente focada em pequenos segmentos corporais, o que restringe a vantagem cognitiva associada à experiência.

Esses achados encontram amparo direto em investigações de outras modalidades que também não identificaram superioridade de acurácia com base na experiência. No estudo de Swidwa, Klatt e Kantanista (2025) conduzido com árbitros de handebol, o desenho experimental que comparava árbitros de elite e novatos por meio de rastreamento ocular e julgamento em vídeo também revelou ausência de diferenças significativas na precisão da tomada de decisão e nas variáveis oculomotoras comportamentais, mostrando semelhança aos resultados encontrados. Da mesma forma, as conclusões de Helsen, Spitz e Ziv (2023) sugerem que a precisão rigorosa no julgamento de infrações é altamente complexa e que árbitros com menor tempo de atuação muitas vezes adotam um estilo compensatório de julgar menos para errar menos, o que pode equilibrar artificialmente as

taxas de acerto em testes estruturados de vídeo, ocultando as diferenças qualitativas na condução de competições reais.

Um ponto crítico de divergência na literatura diz respeito ao estudo de Zhi e Liu (2024), que se apresenta como a única pesquisa que investigou a mesma temática com público similar (árbitros de marcha atlética) e as mesmas variáveis comportamentais. Diferente de nosso estudo, Zhi e Liu (2024) verificaram que o grupo de especialistas apresentou melhor tempo de reação e maior acurácia na tomada de decisões em comparação aos novatos, oferecendo suporte temporário à expectativa original da primeira hipótese. Todavia, uma análise metodológica do estudo efetuada a partir da descrição e das imagens publicadas no artigo dos autores revela uma explicação plausível para uma discordância de resultados.

No descritivo sobre os materiais experimentais de Zhi e Liu (2024, p. 5), consta que as filmagens simularam as condições reais de competição. Contudo, a observação detalhada das figuras 3 e 4 do referido estudo revela que as filmagens foram feitas na parte interna à pista de atletismo, ou seja, no gramado. Esse posicionamento para a filmagem, que estaria simulando a posição do árbitro, contradiz as normas oficiais de arbitragem estipuladas no manual Race Walking da World Athletics (International Association of Athletics Federations, 2016), a qual define que o posicionamento ideal para os árbitros de marcha atlética, em provas de pista, é na parte externa da pista, especificamente nas raias 7 ou 8 (Figura 2).

Essa diferença de perspectiva de filmagem possui implicações perceptuais. A observação a partir do gramado interno altera o fundo visual, o contraste, pode alterar a velocidade angular aparente das articulações dos atletas, altera a distância do observador em relação ao atleta e a presença da borda interna localizada entre o gramado e a raia 1, borda essa que possui 5 cm de altura, pode comprometer a visualização dos pés dos atletas no(s) momento(s) de contato com o solo. A filmagem na parte interna pode ter facilitado o reconhecimento de padrões para o grupo de especialistas de Zhi e Liu (2024) por meio de informações visuais geradas pela perspectiva não convencional. Em contrapartida, na presente tese, o estudo experimental adotou o posicionamento apropriado e ajustado à norma para a arbitragem, ou seja, como se o observador estivesse nas raias 7 ou 8. Nessa perspectiva real de julgamento, a complexidade visual e a distância do estímulo mantiveram as demandas perceptuais de uma competição real, levando ao limite a capacidade visual de ambos os grupos de árbitros. Portanto, ao refutar a primeira hipótese, este estudo resgata a validade ecológica da pesquisa e indica que, sob condições

regulamentares oficiais de visualização, árbitros experientes e novatos são igualmente limitados pela barreira perceptual humana.

A segunda hipótese propôs que os árbitros experientes apresentariam maior número, duração total e percentual de tempo de fixações em cada uma das três articulações (quadril, joelho e tornozelo) do que os árbitros novatos. Essa hipótese fundamentou-se nos pressupostos da eficiência visual seletiva e dos no comportamento de fixação do olhar antes da tomada de decisão, conforme o conceito de olho quieto (“quiet eye”, do inglês) de Vickers (1996). Acreditava-se que os árbitros experientes passariam mais tempo processando a cena de forma estática nas áreas de real interesse e que fariam um investimento cognitivo visual significativamente maior nas regiões onde as regras se aplicam, em contraste com a atenção visual supostamente imprecisa, instável ou assistemática dos novatos (Pizzera, Moller e Plessner, 2018; Aghakhanpour, Farsi e Moeinirad, 2021).

Os achados experimentais não apoiaram a segunda hipótese. A expectativa de que a condição de superioridade dos árbitros experientes quanto a um maior número de fixações, duração total e percentual de tempo de fixações em cada uma das três articulações, em relação aos árbitros novatos, não foi observada. Foi observado que, independentemente da experiência, as regiões do quadril e do joelho receberam mais atenção que a região do tornozelo. Nessas duas articulações o número de fixações, a duração total e percentual de tempo de fixações foram significativamente maiores do que na região do tornozelo.

A rejeição da segunda hipótese revela o fato de existir uma especialização perceptual regulada pela tarefa. Na marcha atlética, as infrações regulamentares se dividem na perda de contato com o solo e na flexão do joelho (Caporaso e Grazioso, 2020). Dentre as duas, a perda de contato com o solo ocorre de forma mais veloz e sutil na relação entre o pé e o solo, sendo o tornozelo a região anatômica mais próxima e informativa para detectar a falta. Árbitros experientes, tendem a realizar uma busca visual do tipo "top-down", ou seja, que a atenção do árbitro é guiada pelo conhecimento, pelas expectativas e pela memória, e não apenas pelos estímulos visuais do ambiente e do atleta. Eles reconhecem que a perda de contato no tornozelo é a infração mais complexa e mais difícil de ser detectada, exigindo um esforço de processamento visual contínuo e concentrado.

Mas ainda restou a pergunta de por que a condição de superioridade dos experientes não se apresentou? A resposta pode estar no fato de que o joelho e o quadril

são regiões anatomicamente maiores e de maior saliência e visibilidade estrutural, atraindo naturalmente a atenção visual de ambos os grupos de forma similar devido ao processamento visual do tipo bottom-up. Pesquisas como a de Spitz et al. (2018) com árbitros de futebol e de Wu et al. (2024) com árbitros de diferentes esportes revelam que árbitros de elite e novatos frequentemente não diferem na duração de fixação em grandes áreas de interesse ou no número total de fixações. Além disso, o estudo de Ruiz et al. (2023) sobre arbitragem no basquete constatou que a experiência não determina a duração ou a quantidade de fixações gerais, mas sim a sua localização pontual. Nossos dados indicaram que a julgamento do árbitro na marcha não ocorreu por uma eficiência visual homogênea e global no corpo do atleta, mas sim em um trabalho visual concentrado e direcionado à região biomecanicamente menos sutil, menos desafiadora e mais informativa, que no caso da marcha atlética é o joelho e o quadril.

Mais um resultado que ajuda a justificar essa compreensão é o do outro estudo da própria tese, que investigou os processos de formação para árbitros. Através de uma das perguntas do questionário os árbitros responderam que a perda de contato é a falta mais difícil de ser julgada, e justificaram essa resposta citando a velocidade dos movimentos dos pés, também pela especificidade entre as duas faltas, pela característica física dos atletas e por fatores ambientais e de competição, como muitos atletas ao mesmo tempo, julgamento em curvas e com chuva.

Essa interpretação teórica também encontra sustentação nas pesquisas de Spitz et al. (2016) sobre o comportamento ocular de árbitros de elite no futebol. Os autores observaram que os árbitros de elite passam significativamente mais tempo fixando o olhar na zona de contato informativa do jogador do que em zonas menos informativas. Se adaptarmos este conceito para a mecânica da marcha, a articulação do tornozelo/pé representa a zona de contato mais desafiadora da modalidade.

Ao fixarem por mais tempo o olhar no quadril e joelho, os árbitros, independentemente da experiência, mostram uma estratégia oculomotor voltada a extrair as informações mais refinadas desses pontos críticos. Essa afirmação não encontra amparo no trabalho de Aghakhanpour, Farsi e Moeinirad (2021), com árbitros de esgrima, onde árbitros especialistas exibiram fixações significativamente mais longas em pontos como pés e mãos. Porém o estudo de Millslagle, Smith e Hines (2013) ampara parcialmente a hipótese, pois encontrou que especialistas fixam o olhar por mais tempo na região exata de desfecho técnico, no caso a área de liberação da bola no softbol, validando a ideia de que a expertise direciona a atenção de forma estável para as zonas

de máxima incerteza regulamentar, algo que também pode ocorrer na articulação do joelho no caso da marcha atlética.

A terceira hipótese propôs que os árbitros experientes apresentariam uma hierarquia de atenção visual estruturada quanto a maior tempo, percentual de tempo e número de fixações no joelho do que no tornozelo, e no tornozelo do que no quadril (joelho > tornozelo > quadril). Ao mesmo tempo, assumia-se que os árbitros novatos apresentariam uma distribuição de atenção visual homogênea entre as articulações, sem diferenças significativas de fixação entre quadril, joelho e tornozelo. Essa hipótese apoiava-se na teoria de que novatos, por não possuírem registros mentais consolidados para o julgamento da marcha, realizariam uma varredura visual dispersa, ao passo que os experientes teriam uma estratégia direcionada pela informação de cada articulação, elegendo o joelho como a articulação primordial de análise técnica (Pizzera, Moller e Plessner, 2018; Van Biemen et al., 2022).

Os resultados da pesquisa refutaram integralmente a terceira hipótese. Por um lado, os árbitros experientes demonstraram uma semelhança estatística no percentual de tempo de fixação dedicado entre as três articulações, não manifestando a hierarquia joelho > tornozelo > quadril. Por outro lado, o grupo de árbitros novatos, sem apresentar uma distribuição homogênea de atenção, apresentou uma clara superioridade no tempo de fixação na articulação do joelho em comparação à articulação do tornozelo, revelando uma estratégia de busca visual seletiva e hierarquizada.

A descoberta de que os árbitros novatos focaram de forma relevante e escalonada no joelho em comparação ao tornozelo, enquanto os experientes distribuíram seu olhar de forma equilibrada, é um dos resultados que requer uma análise baseada na relevância visual do estímulo. A flexão e extensão do joelho na marcha atlética são movimentos de grande amplitude articular e deslocamento espacial. O movimento do joelho gera um forte sinal visual do tipo bottom-up, capturando a atenção do árbitro de forma quase involuntária. Os árbitros novatos, por carecerem de recursos cognitivos automatizados para gerenciar a complexidade do julgamento, tendem a ser capturados pela saliência visual do joelho, concentrando ali o seu processamento visual em detrimento do tornozelo.

Esse fenômeno de captura visual em novatos é sustentado pelo modelo de atenção visual sistêmica de Alemanno et al. (2025). Os autores apontam que observadores com pouca experiência tendem a negligenciar pistas visuais críticas, focando em elementos periféricos ou naqueles que se destacam por sua saliência física imediata. No caso da

marcha, os novatos concentram o olhar no joelho porque a flexão é mais fácil de detectar, negligenciando a sutil e rápida perda de contato do pé com o solo que ocorre no tornozelo. Além disso, a teoria de dupla tarefa formulada por Ste-Marie (1999) no julgamento esportivo ajuda a explicar essa restrição de recursos. A arbitragem da marcha requer que o árbitro avalie dois parâmetros simultâneos: a perda de contato e a flexão do joelho. Para os novatos, a sobrecarga cognitiva da dupla tarefa faz com que eles canalizem sua atenção para a pista visual mais simples e saliente, que é o joelho, falhando em alternar ou de também direcionar o olhar de forma eficiente para monitorar o tornozelo (Ste-Marie, 2000; Wang et al., 2025).

Em contrapartida, os árbitros experientes apresentaram uma distribuição ponderada e similar do tempo de fixação entre quadril, joelho e tornozelo e este equilíbrio reflete uma estratégia avançada de processamento visual. O árbitro especialista, por possuir um modelo mental formado e automatizado para o julgamento dos movimentos da marcha, não é capturado passivamente pela saliência do joelho. Ele foca em tudo ao mesmo tempo com a mesma intensidade, dessa forma realizando a varredura nas três articulações. Isso permite ao especialista avaliar o movimento como um todo coordenado, integrando a oscilação do quadril, a extensão do joelho e o toque do tornozelo ao solo de maneira síncrona. Este achado é consistente com os estudos de Gil et al. (2004) e Wang et al. (2025), que demonstram que a expertise visual muitas vezes não se manifesta por padrões rígidos de fixação, mas sim por uma maior flexibilidade visual que permite distribuir a atenção conforme as exigências da tarefa.

Independentemente do nível de experiência dos árbitros, as análises estatísticas revelaram que as regiões de interesse exerceram um efeito significativo sobre as variáveis do olhar avaliadas na pesquisa. O número de fixações foi significativamente afetado pela região, revelando que tanto a região do joelho quanto a do quadril receberam significativamente mais fixações do que a região do tornozelo.

Esse mesmo padrão comportamental de dominância visual das regiões proximais foi observado na duração total das fixações, na qual as médias no joelho e no quadril foram significativamente mais duradouras do que no tornozelo. Consistente com essas métricas, o percentual (%) de tempo de fixação na área de interesse foi igualmente impactado de modo significativo, com o joelho e o quadril absorvendo aproximadamente metade do tempo de julgamento técnico, enquanto o tornozelo reteve apenas 27%.

Do ponto de vista do julgamento visual realizado pelo árbitro, a marcante dominância visual do joelho e do quadril sobre o tornozelo deve-se ao fato de que o

quadril e o joelho representam os maiores segmentos anatômicos dos membros inferiores, concentrando a maior parte da massa corporal em movimento. A movimentação pélvica e a flexão/extensão do joelho são movimentos de grande amplitude mecânica, servindo como referências visuais primárias para analisar a simetria e o movimento geral da marcha atlética. O tornozelo, por se localizar na extremidade distal e sofrer acelerações angulares muito maiores, constitui um alvo visual menor e de difícil rastreamento contínuo, seja em provas na pista ou em provas de rua, com também em telas de computadores ou em televisões. Esses resultados indicam que o sistema visual humano tende a priorizar as articulações proximais de maior escala física para construir a percepção do movimento, tornando a observação metódica do tornozelo uma tarefa que exige esforço cognitivo adicional, o que reforça a importância de formação específica.

Uma possível análise adicional é sobre a tendência entre as limitações perceptuais humanas demonstradas nesta tese e o desenvolvimento tecnológico atual, que aponta para uma transição na forma de julgarmos a marcha atlética, na forma de buscarmos a verdade, mudando da percepção humana para o uso de recursos tecnológicos. Os resultados deste estudo, ao revelarem que árbitros experientes e novatos apresentam acurácias equivalentes de aproximadamente 58%, evidenciam que a arbitragem baseada unicamente no julgamento visual subjetivo pode estar operando próxima ao seu limite biológico. Essa constatação fortalece de maneira contundente os argumentos teóricos de Dyer (2023) sobre a incapacidade do olho humano de notar, enxergar ou registrar determinadas faltas regulamentares durante as provas de marcha atlética e valida a discussão sobre a introdução de sensores inteligentes no esporte de alto rendimento.

Nos últimos anos, um volume expressivo de investigações tem se dedicado a validar sistemas tecnológicos capazes de detectar com precisão as faltas técnicas na marcha atlética. Sistemas inerciais vestíveis, baseados em algoritmos alimentados por acelerômetros de alta frequência posicionados no corpo do atleta, têm demonstrado uma acurácia extraordinária. A pesquisa de Caporaso e Grazioso (2020) validou um sistema inercial baseado em um único sensor localizado na base da coluna vertebral, alcançando uma precisão média de 99% na detecção correta de eventos de perda de contato com o solo e 87% de acerto na classificação geral das infrações técnicas. Essa performance tecnológica contrasta com as taxas de acerto da arbitragem humana. No estudo comparativo conduzido por Gironimo et al. (2016), os árbitros avaliando atletas obtiveram taxas de acerto médias de apenas 65% (variando entre 54%, 68% e 73%), o

que salienta a superioridade dos sensores na aplicação rigorosa das regras específicas da marcha atlética.

Outros estudos têm explorado sensores piezoelétricos e inteligência artificial para o reconhecimento automatizado de movimentos. Induranga *et al.* (2023) desenvolveram um método baseado em programação gráfica e histogramas obtidos através de sensores piezoelétricos que permitiu diferenciar com precisão absoluta os padrões locomotores de caminhada, corrida e marcha atlética, elucidando as zonas de perda de contato. Utilizando aprendizagem de máquina, Taborri, Palermo e Rossi (2019) e também Taborri *et al.* (2023) utilizaram algoritmos de máquina de vetores de suporte integrados a sensores inerciais bilaterais posicionados nas pernas dos atletas, confirmando o enorme potencial dessas ferramentas para atuar como assistentes eletrônicos de arbitragem em tempo real e durante as sessões de treinamento.

Simultaneamente, a inteligência artificial aplicada ao processamento de imagens de vídeo tem se mostrado uma alternativa viável sem a necessidade de dispositivos vestíveis. Zhang et al. (2023) testaram a confiabilidade de coordenadas 3D de pontos articulares capturadas por meio de sistemas de visão computacional com IA na marcha atlética, demonstrando que as coordenadas automáticas são altamente semelhantes às medições manuais quadro a quadro, fornecendo um método não invasivo e confiável para detectar erros de flexão de joelho e desclassificações. Nessa mesma linha, o algoritmo de aprendizado profundo proposto por Wang e Jiang (2022) permitiu o reconhecimento e a detecção rápida e padronizada de movimentos técnicos irregulares em tempo real a partir de feeds de vídeo convencionais, oferecendo uma solução aplicável a competições de larga escala.

A integração dessas tecnologias (Lee et al., 2013; Suzuki, Takeda e Fujii, 2024; Santoso e Setyanto, 2013; Zhang et al., 2023; Caporaso e Grazioso, 2020; Gironimo et al., 2016; Wang e Jiang, 2022; Taborri, Palermo e Rossi, 2019; Induranga et al., 2023) prenuncia, a curto e médio prazo, uma revolução conceitual e regulatória na marcha atlética. A inclusão de sensores ou câmeras assistidas por IA para auxiliar os árbitros durante as provas diminuirá a subjetividade e a margem de erros e atenuando as eternas polêmicas de arbitragem. Por fim, essa mudança forçará uma ampla discussão conceitual e filosófica entre treinadores, atletas, árbitros e dirigentes sobre a própria identidade da marcha atlética como uma modalidade de julgamento humano versus uma disciplina de precisão puramente biomecânica e tecnológica.

Os resultados desta pesquisa trazem contribuições teóricas e metodológicas significativas ao esclarecer a influência direta da experiência sobre a acurácia global do julgamento visual na marcha atlética, revelando que os limites da percepção biológica restringem tanto especialistas quanto novatos. Contudo, a constatação de que uma estratégia de busca visual mais equitativa e integrada possui importantes implicações práticas para a formação e o treinamento de árbitros.

Os programas pedagógicos de formação de árbitros devem deixar de pressupor que a habilidade de julgamento visual se desenvolve de forma passiva apenas com o tempo de prática. Os achados deste estudo sugerem a necessidade de desenvolver protocolos de treinamento perceptual baseados na técnica de treinamento de rastreamento ocular (eye tracking training). Deve-se ensinar ativamente os árbitros novatos a controlarem a atração involuntária gerada pela saliência do joelho (bottom-up) e a direcionarem estrategicamente o olhar também para a articulação do tornozelo, imitando o comportamento estável e prolongado dos experientes. Esse treinamento visual sistemático pode acelerar a consolidação de estratégias de busca eficientes, atenuando a sobrecarga da dupla tarefa e elevando a consistência dos julgamentos visuais nas competições.

5. Conclusões

O problema levantado no primeiro estudo foi sobre o processo de ensino de árbitros. A relação entre a consistência e a eficiência dos julgamentos realizados pelos árbitros de marcha atlética e o processo de formação desses árbitros foi analisada. Sobre essa questão pedagógica, um contraste entre as respostas dos árbitros e as informações fornecidos pelas federações nacionais foi observado. Enquanto os questionários respondidos pelos árbitros apontaram para uma necessidade de formação mais prática com experiências de julgamento visual, as federações mantiveram modelos de ensino pautados na teoria sobre as regras da marcha. Essa diferença nas informações prestadas sugere que o modelo de formação atual necessita de uma abordagem ergonômica que considere a percepção visual como uma habilidade treinável e central para a redução de erros de julgamento. Esse contraste indica que o modelo de formação das federações nacionais necessita de uma abordagem de Design Ergonômico no planejamento, que trate a percepção visual não apenas como um sentido, mas como uma habilidade cognitiva

treinável, fundamental para a mitigação de erros e o aumento da consistência nas decisões durante as competições. Nesse cenário, o Design atua como o elo estratégico para traduzir diretrizes teóricas em ferramentas de aprendizado centradas no usuário.

O segundo estudo foi sobre o julgamento visual feito pelo árbitro e analisamos a experiência do árbitro através de informações do comportamento do olhar, das fixações nas regiões de interesse e verificamos que a precisão no julgamento está ligada à eficiência da busca visual. Os dados estatísticos mostraram que os árbitros mais experientes apresentaram um tempo de fixação maior em uma região crítica, que foi o joelho, sugerindo que a decisão tomada é mediada por pistas visuais específicas, validando parcialmente uma das hipóteses, que trazia a afirmação de que os árbitros experientes apresentariam um maior percentual de tempo de fixação no joelho do que no tornozelo, assim como um maior percentual de tempo de fixação no tornozelo do que no quadril. Com essa hipótese parcialmente comprovada, observou-se que o árbitro experiente utiliza mais a região de joelho para a tomada de decisão.

Observou-se, ao longo da construção da tese, que o tema escolhido com seu público específico, a marcha atlética e o papel de seus árbitros, compõem uma área de pesquisa com uma quantidade mínima de investigações realizadas e publicadas até o momento. Porém ao mesmo tempo se apresentou como uma tarefa desafiadora no sentido da busca por outros referenciais que pudessem auxiliar na fundamentação teórica com informações relevantes. Com os dois estudos propostos, analisamos a relação entre o comportamento visual do árbitro e a base pedagógica do processo de formação pelo qual o árbitro passa, e essa relação é a base dos dois problemas de pesquisa descritos na metodologia, no início do texto.

Este estudo buscou estabelecer uma conexão intrínseca entre o comportamento visual e a base pedagógica na formação de árbitros de marcha atlética. O primeiro estudo investigou a dimensão instrucional, evidenciando um descompasso entre as necessidades práticas dos árbitros e as metodologias teóricas adotadas pelas federações nacionais de atletismo no processo de formação. Enquanto os árbitros necessitam experiências de julgamento visual contextualizadas, os modelos institucionais existentes permanecem pautados em um modelo teórico clássico, negligenciando o desenvolvimento das habilidades perceptivas fundamentais para a função. Paralelamente, no segundo estudo, a análise das métricas experimentais apresentaram que a expertise e a acurácia no julgamento técnico estão diretamente vinculadas à eficiência da busca visual, com foco em regiões anatômicas críticas para a aplicação da regra técnica. Os dados validaram a

premissa de que o conhecimento especializado direciona a atenção para zonas informativas essenciais à detecção de infrações.

A relação entre os dois estudos reside na afirmação de que a eficácia e a consistência das decisões sobre julgamento são dependentes de um sistema de formação que alinhe a ergonomia cognitiva às demandas reais do campo de atuação profissional. Assim, os achados do comportamento ocular do primeiro estudo fornecem o fundamento técnico para a reestruturação pedagógica defendida no segundo, sugerindo que o Design Ergonômico atue na criação de ferramentas que treinem a visão como habilidade.

Do ponto de vista teórico, este estudo avança na compreensão dos padrões de busca visual em ambientes esportivos com alta carga de pressão. Do ponto de vista prático, os resultados oferecem subsídios para que as federações reformulem seus protocolos de formação, priorizando o ensino perceptual baseado em evidências visuais. Conclui-se que a excelência no julgamento visual do árbitro não depende apenas da experiência acumulada, mas de uma formação que alinhe as demandas ergonômicas da tarefa às capacidades perceptivo-motoras do indivíduo.

5.1 Futuros Estudos

Como sugestão para futuras pesquisas temos: análise da sobrecarga cognitiva através da dilatação da pupila (pupilometria) e a taxa de piscar, que estão positivamente correlacionadas com a carga cognitiva. Também através do uso de questionários multidimensionais, como por exemplo o NASA-Task Load Index (NASA-TLX), que é um questionário detalhado que avalia a carga de trabalho em seis subescalas, incluindo Demanda Mental, Desempenho e Frustração; a Interface e Ergonomia dos materiais utilizados em pesquisas experimentais. Como as características técnicas do vídeo (taxa de quadros, ângulo da câmera e velocidade de reprodução) interagem com os processos cognitivos do árbitro para facilitar ou induzir ao erro de julgamento; estudos em situações reais da modalidade esportiva são interessantes para explorar o impacto das demandas físicas e psicológicas no desempenho dos árbitros, associadas ao ambiente em tempo real; e a análise da tomada de decisão pelo conceito do movimento biológico ou biological motion, ou seja, em como os árbitros usam a informação visual extraída dos movimentos corporais dos atletas para antecipar ações e decidir rapidamente. O conceito de análise pelo movimento biológico é o uso de estímulos visuais de ações esportivas que são reduzidas a pontos de luz que representam as principais articulações do corpo (quadril,

joelhos, tornozelos, ombros, cotovelos, pulsos). Isso remove informações visuais irrelevantes (uniformes, cenários) e isola a percepção do movimento biológico puro. Desta forma pode-se testar a capacidade dos árbitros de identificar a ação do atleta com base apenas nos pontos de luz ou ainda manipular a informação, mostrando sequências de movimento normais, invertidas ou com delays, para entender quais pistas visuais são mais críticas.

6. REFERÊNCIAS

ABERNETHY, B. Visual search strategies and decision-making in sport. **International Journal of Sport Psychology**, 22, 189-210. 1991.

ABERNETHY, B.; RUSSEL, D. G. The relationship between expertise and visual search strategy in a racquet sport. **Human Movement Science**. v. 6, Issue 4, p. 283-319. 1987.

AFONSO, J.; GARGANTA, J.; MESQUITA, I. A tomada de decisão no desporto: o papel da atenção, da antecipação e da memória. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano.** 14 (5). 2012.

AGHAKHANPOUR, N. B.; FARSI, B. A. A.; MOEINIRAD, S. Comparison of Visual Search Behavior and Decision-making Accuracy in Expert and Novice Fencing Referees. **Optom Vis Sci**. Jul 1;98(7):783-788. 2021.

AGUILERA, R.; VINKER, L. **Marcha Atlética El Historial**. Atletismo Sudamericano - Confederacion Argentina de Atletismo. 2025.

ALEMANNO, M.; DI POMPEO, I.; MARCACCIO, M.; CANINI, D.; CURCIO, G.; MIGLIORE, S. From Gaze to Game: A Systematic Review of Eye-Tracking Applications in Basketball. **Brain Sciences**. Apr. 20, 15(4):421. 2025.

ANTUNES, F. D.; SILVA JUNIOR, R. E. R.; CAVALCANTI, R. S.; LIMA, P. A. S.; JESUS, I. H. G. S.; PEREIRA, E. G. N.; CHAGAS, M. S. Assessment of the impact of e-learning of theoretical anesthesiology for medical students. **Revista Brasileira de Educação Médica**. n.47 (1). 2023.

ARMENTEROS, M.; BENITEZ, A. J.; FERNÁNDEZ, M.; VEGA, R.; SILLERO-QUINTANA, M.; CID, M. S. Collaborative learning methods and multimedia tools for the education and training of instructors: The case of FIFA referee technical instructors Available to Purchase. **International Journal of Information and Learning Technology.** 36 (5): 395–409. 2019.

AYALA, F. J. Darwin's greatest discovery: design without designer. **Proceedings of the National Academy of Sciences USA.** 104, p.8567-73. 2007.

AZZI, R. G. *et al.*. Perceptions of undergraduates and basic education teachers on books and videos prepared from the perspective of social cognitive theory. **Revista Contrapontos** – Eletrônica. v.14, n. 2. 2014.

BAINBRIDGE, S; GARDNER, S. Comparison of Human and Camera Visual Acuity—Setting the Benchmark for Shallow Water Autonomous Imaging Platforms. **Journal of Marine Science and Engineering**. 4(1), 17. 2016.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Edições 70. Lisboa. 1977.

BAYMETOV, B. B.; SHOVDIROV, S. A. Methods of Organizing Practical and Theoretical Classes for Students in The Process of Teaching Fine Arts. **International Journal on Integrated Education**. Volume 4, Issue 3, March, 60-66. 2021.

BENVENUTI, C.; BECCARIA, L. M.; BARBOSA, T. P.; RODRIGUES, C. D. S.; JACON, J. Aprendizagem de estudantes de técnico em enfermagem sobre as manobras de ressuscitação cardiopulmonar em suporte básico de vida. **Cuidados em Enfermagem**. 14(1):81-87. 2020.

BERTOLINO, C. L. Potencial de Excelência da Marcha Atlética Brasileira. **Motriz**, Set/Dez. vol.8 n.3, pp.105 – 108. 2002.

BERTOLINO, C. L. Marcha Atlética: análise do suposto conceito antinatural da modalidade. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 05, Ed. 06, Vol. 07, pp. 49-60. 2020.

BERVAL, E. **The Official Report of the Olympic Games of Stockholm, 1912 Swedish Olympic Committee**. Official Report 1912. Editora Wahlström & Widstrand. 2013.

BIRKLBAUER, J. *et al.*. **Selective attention of elite versus youth biathletes in rest and after physical load**. In Book of Abstracts – 29th Annual Congress of the European College of Sport Science (ECSS) (pp. 148-149). 2024.

BOLOGNA, M.; PAPARELLA, G.; VALLS-SOLÉ, J.; HALLETT, M.; BERARDELLI, A. Neural control of blinking. **Clinical Neurophysiology** 161. 59–68. 2024.

BORRUECO, M.; ALCARAZ, S.; RAMIS, Y., CRUZ, J. No es solo pitar: Diseño e implementación de un taller de formación para árbitros y jueces de deporte escolar. **Revista de Psicología Aplicada Al Deporte y El Ejercicio Físico**. 4(12), 1-7. 2019.

BOUYER, G. C. **Ergonomia Cognitiva e Mente Incorporada**. Blucher Acadêmico, São Paulo, SP. 1ª ed. 216 p. 2008.

BOYER, S.; ROCHAT, N.; RIX-LIÈVRE, G. Uses of 360° video in referees' reflectivity training: Possibilities and limitations. **Front. Psychol**. Volume 14. 2023.

BRAGA. J.C.; PIMENTEL E.P.; DOTTA S. **Processos e Metodologias para o Desenvolvimento de Objetos de Aprendizagem**. V. 2. Santo André. Editora da UFABC, 163 p. 2015.

BRAND, R.; PLESSNER, H.; SCHWEIZER, G. **Conceptual considerations about the development of a decision-making training method for expert soccer referees**. In: Perspectives on cognition and action in sport. Nova Science Publ. New York. 181-190. 2009.

BULLA, G. S.; LEMOS, F. C.; SCHLATTER, M. Análise de material didático para o ensino de línguas adicionais a distância: reflexões e orientações para o design de tarefas pedagógicas. **Horizontes de Linguagem Aplicada**. Ano 11, n. 1. 2012.

CAPORASO, T.; GRAZIOSO, S. IART: Inertial Assistant Referee and Trainer for Race Walking. **Sensors**. 20 (3). 2020.

CARL, J.; GELLMAN, R. Human smooth pursuit: Stimulus-dependent responses. **Journal of Neurophysiology**, 57, 1446-1463. 1987.

CARPENTER, R. H. S. **Movements of the eyes**. London: Pion Limited. 1988.

CASSAB, M.; MARTINS, I. **A Escolha do Livro Didático em Questão**. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC. Unesp, Bauru. 2003.

CATTEEUW, P.; GILIS, B.; WAGEMANS, J.; HELSEN, W. **Perceptual-cognitive skills in offside decision making: expertise and training effects**. Journal Sport Exercise Psychology. 32(6):828-44. 2010.

CATTEEUW, P.; HELSEN, W.; GILIS, B.; ROIE, E. V.; WAGEMANS, J. Visual Scan Patterns and Decision-Making Skills of Expert Assistant Referees in Offside Situations. **Journal of Sport and Exercise Psychology**. V. 31: 6, 786–797. 2009.

Comitê Olímpico Internacional – COI. www.olympic.org/olympic-results. Acessado em 07 de março de 2025.

Confederação Brasileira de Atletismo – CBAt. Cursos. https://sge.cbat.org.br/_uploads/orgaoAnexo/1bflAEf5XEbu0Z6pG8EK6xLInzRNWfos1.pdf. Acessado em 07 de março de 2025a.

Confederação Brasileira de Atletismo – CBAt. Normas. https://cbat.org.br/atletismo/91/normasoficiais Acessado em 10 de março de 2025c.

Confederação Brasileira de Atletismo – CBAt. Resultados. https://cbat.org.br/evento/12227/campeonato-estadual-caixa-de-atletismo-sub-16-e-adulto?tab=info. Acessado em 07 de março de 2025b.

CORREA, D. L. O.; SILVA, R. N. A.; ALVES, C. A. S.; OLIVEIRA, J. S.; CUNHA, R. P.; SILVA, B. M.; MONTEIRO, I. A. T. Comparação do mobiliário universitário com as normas e efeitos posturais dos alunos: estudo de caso. **Revista Caderno Pedagógico**. v. 22, n. 1. 2025.

COYNE, J.; SIBLEY, C. Investigating the Use of Two Low Cost Eye Tracking Systems for Detecting Pupillary Response to Chances in Mental Workload. **Proceeding of the Human Factors and Ergonomics Society**. Annual Meeting, 2016.

CUNNINGHAM, I.; MELLICK, M.; MASCARENHAS, D.; FLEMING, S. Decision making and decision communications in elite rugby union referees: An inductive investigation. **Sport & Exercise Psychology Review**. Vol 8 Issue 2. 2012.

CUNNINGHAM, I.; MERGLER, J.; WATTIE, N. Training and development in sport officials: A systematic review. Scand Journal Medicine Science Sports. Apr;32(4):654-671. 2022.

CUNNINGHAM, I.; ROCHE, L.; MASCARENHAS, D. Using Mobile 360° Video as a Tool for Enhancing Sport Referee Performance: A Case Study. **Case Studies in Sport and Performance Psychology**. Volume 7: Issue 1. 2023.

DYER, B. The controversy and pragmatic resolution of the introduction of foot sensors in competitive race walking. **Technology in Society**. V.73. 2023.

ERGONOMI DESIGN GRUPPEN. Shaping success [catalogue]. Bromma: Ergonomi Design Gruppen. 1997.

FERST, N. C.; PEIXOTO, M. A.; SILVA, G. A.; RODRIGUES, S. T. **Relação entre design, ergonomia, educação e neurociências na produção de material didático para árbitros de marcha atlética.** Anais do XV Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design - P&D Design Manaus. ISBN: 978-65-5839-208-8. 2024.

FERST N.C.; RODRIGUES S.T.; PASCHOARELLI L.C. Reflexões sobre a Relação da Teoria do Design e a Educação Física pela Visão da Gestalt. **Educação Gráfica**. Bauru. V. 27, No. 1. Pp. 331 – 346. 2023.

FITILI, P.; GIOVANIS, V. Timeless evolution of walking and pace strategy of women's race walking. **Pedagogy of Physical Culture and Sports**.24(6):278-284. 2020.

FLECK, L. **Gênese e Desenvolvimento de um Fato Científico**. Fabrefactum. Belo Horizonte, MG. 1ª Edição. 205 p. 2010.

FLORINDO, V. A.; BATISTA, S. C. F.; AZEVEDO, C. L. V. R. Elaboração de Materiais Didáticos para EAD: Análise de Apostilas para um Curso de Pré-Cálculo. **Congresso Integrado da Tecnologia da Informação**. Instituto Federal Fluminense. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2015.

FORTIN-GUICHARD, D. *et al.*. Decision-making and dynamics of eye movements in volleyball experts. **Science Rep**. Oct 14;10(1):17288. 2020.

FRISTER, G. Selection and Qualification of Race Walking Judges - an Acute Problem in the IAAF. **News Studies Athletics**, 2 10-13. IAAF, 1988.

GHASEMI, A. *et al.*. The Difference in Visual Skills Between Expert Versus Nocive Soccer Referees. **Journal of Human Kinetics**. Volume 22, 15-20. 2009.

GIL, A. R.; VAÍLLO, R. R.; CAMPO, V. L.; SOLANA, R. S., HERNÁNDEZ, F. J. M. Estrategias de Búsqueda Visual Elaboradas por Árbitros de Baloncesto con Diferente Nivel de Experiencia . Un Estudio de Casos. **Cultura, Ciencia Y Deporte**, 1(1), 32–37. 2004.

GIRONIMO, G. D. *et al.*. Outdoor tests for the validation of an inertial system able to detect illegal steps in race-walking. **Procedia Engineering**. 147, 544-549, 2016.

GOMES, A. J. S. *et al*.. Acuidade visual: um olhar para crianças escolares. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, v. 83, e0015, 2024.

GOMES, E.J.G. **A Formação de Árbitros de Futebol – Estudo comparativo dos modelos de formação vigentes em Portugal e em Inglaterra**. Monografia. Faculdade de Desporto da Universidade do Porto. 2008.

GOODYEAR, P. Teaching as design. **Herdsa Review of Higher Education.** Vol. 2, July. 2015.

HAENSCH, S. C.; LIMA, A. F. B. D. Avaliação da percepção visual com o Test of Visual Perceptual Skills (TVPS-3) em crianças de 6 a 14 anos com transtornos de aprendizagem. **Saúde Meio Ambient**. v. 8, p. 97-113, 2019.

HANCOCK, D. J.; STE-MARIE, D. M. Gaze behaviors and decision making accuracy of higher- and lower-level ice hockey referees. **Psychology of Sport and Exercise**. V.14, Issue 1, 66-71. 2013.

HANCOCK, D. J.; STE-MARIE, D. M. Describing strategies used by elite, intermediate, and novice ice hockey referees. **Research Q Exerc Sport**. Sep;85(3):351-64. 2014.

HANLEY, B.; TUCKER, C. B.; BISSAS, A. Assessment of IAAF Racewalk Judges' Ability to Detect Legal and Non-legal Technique. **Front Sports Act Living**. 8:1:9. 2019.

HAUGE, T.E. Uptake and use of technology: bridging design for teaching and learning. **Technology, Pedagogy and Education**, 23:3, 311-323. 2014.

HELSEN, W. F.; BULTYNCK, J. B. Physical and perceptual-cognitive demands of top-class refereeing in association football. **Clinical Trial Journal Sports Sciences**. 22(2):179-89. 2004.

HELSEN, W. F.; GILIS, B.; WESTON, M. Errors in judging “offside” in association football: Test of the optical error versus the perceptual flash-lag hypothesis. **Journal of Sports Sciences**. 24:05, 521-528. 2006.

HELSEN, W. F.; SPITZ, J.; ZIV, G. The acquisition of perceptual-cognitive expertise in officiating in association football – state of the art. **Asian Journal of Sport and Exercise Psychology**. V. 3, Issue 1, 39-46. 2023.

HESS, E. H.; POLT, J. M. Pupil Size in Relation to Mental Activity during Simple Problem-Solving. **Science**. 13; 143 (3611):1190-2. 1964.

HEUSELER, C. C. Programas de Saúde da Marinha: Sistema de Saúde da Marinha, Análise e Perspectivas. Tese. Curso de Política e Estratégia Marítimas. **Escola de Guerra Naval**. 2021.

IIDA, I. **Ergonomia - projeto e produção**. 2ª edição. São Paulo: Edgar Blücher, 2016.

INDURANGA, A.; CHANAKA, R.; ISHAN, J.; THARAKA, V.; GAYASHAN, K.; GUNAWARDENA, N.; PERERA, J.; MADUWANTHA, K.; KOSWATTAGE, R. Race-walking Detection through Piezoelectric Sensors and Graphical Programming. **World Wide Journal of Multidisciplinary Research and Development**. 2023.

International Association of Athletics Federations. **Manual para el Juzgamiento y la Organización. Una guía para jueces, oficiales, entrenadores y atletas**. **IAAF**, 2016.

JAFARZADEHPUR, E.; AAZAMI, N.; BOLOURI, B. Comparison of saccadic eye movements and facility of ocular accommodation in female volleyball players and non-players. **Scand Journal Medicine Science Sports**. Apr;17(2):186-90. 2007.

JIN, P.; GE, Z.; FAN, T. Research on visual search behaviors of basketball players at different levels of sports expertise. **Science Rep**. 13(1), 1406. 2023.

KANDEL, E. R.; SCHWARTZ, J. H.; JESSELL, T. M. **Princípios de Neurociências**. 5. ed. - Porto Alegre: AMGH, 2014.

KAO, H. S. R. On Educational Ergonomics. **Ergonomics**. v.19, 6. 1976.

KARLINSKI, E. **Uma Classificação do Design como Ferramenta no Ensino**. Trabalho de Conclusão do Curso de Design. Universidade do Vale do Taquari – Univates, 2023.

KIZILET, A.. Using Distance Physical Education in Elite Class Soccer referee training: A Case Study. **The Turkish Online Journal of Educational Technology**. volume 10 Issue 3. 2011.

KLATT, S.; SMEETON, N.J. Visual and Auditory Information During Decision Making in Sport. **Journal of Sport and Exercise Psychology**. Volume 42: Issue 1. 15–25. 2020.

KLOSTERMANN, A. *et al.*. Perception and Action in Sports. On the Functionality of Foveal and Peripheral Vision. Front. **Sports Act. Living**. January 2020.

KNICKER, A.; LOCH, M. Race Walking Technique and Judging the final report of the International Athletic Foundation research project. **News Studies Athletics**. 3: 79-87, 1990.

KOCH, C. **Student Perceptions of Reasons for Lecture and Active Learning**. Undergraduate Honors Thesis. University of Nebraska-Lincoln. 2019.

KROEMER, K. H. E.; GRADJEAN, E. **Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem**. Editora Bookman. Porto Alegre. 5ª edição. 328 p. 2005.

LAPERUTA, D. G. P. *et al.*. Revisão de Ferramentas para Avaliação Ergonômica. **Revista Produção Online**. Florianópolis, SC, v. 18, n. 2, p. 665-690, 2018.

LARKIN, P.; MESANO, C.; BERRY, J.; SPITTLE, M.; HARVEY, J. Video-based training to improve perceptual-cognitive decision-making performance of Australian football umpires. **Journal of Sports Sciences**. 36(3), 239–246. 2018.

LEE, D. N. **The Optic Flow Field: The Foundation of Vision**. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 290, 169-179. 1980.

LEE, J. B. *et al.*. Detection of Illegal Race Walking: A Tool to Assist Coaching and Judging. **Sensors**, 13, 16065-16074. 2013.

LEFFA, V. J. **Produção de Materiais para o Ensino de Línguas na Perspectiva do Design Crítico**. In: TAKAKI, Nara Hiroko; MONTE MOR, Walkyria. (Org.). Construções de sentido e letramento digital crítico na área de línguas/linguagens. Campinas: Pontes Editores, p. 243-265. 2017.

LENT, R. **Cem Bilhões de Neurônios: Conceitos Fundamentais de Neurociência**. 2ª ed. São Paulo: Atheneu, 2010.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. Ed. Cortez, São Paulo. 29ª ed. 264 p. 2009.

LOPES, M. B.; LOPES, A. L. R. H.; CARVALHO, I. V. R.; NASCIMENTO, S. M. S. Anatomia e Fisiologia Ocular: Fundamentos Estruturais da Visão. In: Oftalmologia e Otorrinolaringologia. Orgs: Freitas, G.B.L.; Almeida, C.C.; Miterhof, M.E.V.C.; Chow, M.M.; Chow, M. Editora Pasteur. Irati – Pr. Ed. VII. 2026.

LOPES, D. B.; PEIXOTO, J. C.; CARNEIRO, M. R. B.; RODRIGUES, J. **Avaliação do desempenho dos alunos do ensino fundamental em aula teórica e prática numa instituição escolar na cidade de Anápolis, Goiás**. V Encontro Estadual de Didática e Prática de Ensino – EDIPE. 2013.

LOSCHKY, L. *et al.*. The limits of visual resolution in natural scene viewing. **Visual Cognition**. v.12, 6. 2005.

LOVATO F.L.; MICHELOTTI A.; SILVA C.B.; LORETTO E.L.S. Metodologias Ativas de Aprendizagem: uma Breve Revisão. **Acta Scientiae,** v.20, n.2, mar./abr. 2018.

MAARIT, V. Teaching Inclusive Design. A Manuscript for Online Course. Savonia University of Applied Sciences. The master's degree program of Design. 2023.

MAGALHÃES, F. H. G. **Tecnologias Cognitivas: Uma Abordagem Geral**. 4º Seminário Interno de Cognição Artificial - SICA - FEEC – UNICAMP. 2014.

MAGGIO, N. Evaluating Race Walking Judges. **News Studies Athletics**. 23:4; 43-49, 2008.

MARLOW, P. A Brief History of Race Walking. **News Studies Athletics**. 3: 49-53, 1990.

MARR, D. **Vision: A Computacional Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information**. San Francisco: W.H. Freeman & Co. 1982.

MAXWELL, S. E.; DELANEY, H. D.; KELLEY, K.. Designing experiments and analyzing data: A model comparison perspective. **Routledge**, 2017.

MAYER, R. **Cambridge Handbook of Multimedia Learning.** Cambridge University Press. 682 p. 2005.

MELO, A. C. R.; COSTA, D. J.; LIMA, G. S.; PANTOJO, P. C.; SOUZA, D. M. A Utilização da Psicologia das Cores como Estímulo na Aprendizagem nas Salas da ETC de São Sebastião. Trabalho de Conclusão de Curso – TCC, **ETEC de São Sebastião**. CD FATEC/CEETEPS – SP. 2023.

MENDES, R. M.; MISKULIN, R. G. S. A Análise de Conteúdo como uma Metodologia. **Cadernos de Pesquisa** v.47 n.165 p.1044-1066 jul./set. 2017.

MENDES, S.; TRAVASSOS, B,; OLIVEIRA, E. P. O impacto da formação no desempenho da arbitragem no futebol. Cuadernos de Psicología del Deporte, 21(1), 43-59. 2021.

MENDONÇA, M. A.; SILVA, H. G. O.; FALCHI JUNIOR, P. S.; SOUZA, J. P. A.; ALMEIDA, T. S.; TORRES, A. R. Projeto Ipiranga - Educação em Saúde: uso de materiais educativos impressos. **Revista Fluminense de Extensão Universitária**. v. 3 n. ½. 2013.

MERLEAU-PONTY, M. **Fenomenologia da Percepção**. 5ª ed. Ed. WMF Martins Fontes. São Paulo, SP. 662 pgs. 2018.

MILLSLAGLE, D. G.; SMITH, M. S.; HINES, B. B. Visual gaze behavior of near-expert and expert fast pitch softball umpires calling a pitch. **Journal Strength Cond Res.** May;27(5):1188-95. doi: 10.1519/JSC.0b013e318269ab15. 2013.

MOORE, L. J.; HARRIS, D. J.; SHARPE, B. T.; VINE, S. J.; WILSON, M. R. Perceptual-Cognitive Expertise When Refereeing the Scrum in Rugby Union. **Journal of Sports Sciences**. Aug;37(15):1778-1786. 2019.

MORALES, J. C. B. **Moldes e Modulações da Arbitragem de Futebol: Um estudo antropológico sobre a formação de árbitros e relações raciais no Brasil**. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Antropologia Social. Instituto de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2025.

MOURA, P. R. S. A percepção da carga horária segundo o olhar do professor. **Anais do 7º Colóquio do LEPSI IP/FE-USP**. Universidade de São Paulo. 2009.

NASCIMENTO, A. M.; TAISSUN, A. S.; LOPES, Í. M. S. F. Atalhos Mentais na Confluência entre a Psicologia Cognitiva e o Serviço Social: Alerta nas tomadas de decisões de assistentes sociais. **Revista Científica do UniRios**. v.2, n. 307. 2020.

NATSUHARA, T. *et al.*. Decision-Making While Passing and Visual Search Strategy During Ball Receiving in Team Sport Play. **Perceptual and Motor Skills**. January 21, 2020.

NIETO-CASTANON, A.; GHOSH, S.; TOURVILLE, J. A.; GUENTHER, F. H. Region of interest based analysis of functional imaging data. **NeuroImage**. Volume 19, Issue 4, August, p.1303-1316. 2003.

NÚÑEZ, I. B.; RAMALHO, B. L.; SILVA, I. K. P.; CAMPOS, A. P. N. A seleção dos livros didáticos: um saber necessário ao professor. O caso do ensino de Ciências. **Revista Iberoamericana De Educación**, *33*(1), 1–11. 2003.

OPTICAN, L. M. Adaptive properties of the saccadic system. In: Berthoz, A. & Melville-Jones, M. (Eds.), Adaptive Mechanisms in Gaze Control: Facts and Theories. New York: Elsevier **Science**. 1985.

OSTERHOUDT, R. G. Brief History of Race Walking: Seventy Years on Road and Track. **University of Minnesota**. 1975.

PAIVA, A. B.; OLIVEIRA, G. S.; HILLESHEIM, M. C. P. Análise de Conteúdo: Uma Técnica de Pesquisa Qualitativa. **Revista Prisma**. Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, 16-33. 2021.

PASCHOARELLI, L.C.; SILVA, J.C.P. (orgs). **Design Ergonômico: Estudos e Aplicações**. Bauru: Canal 6, 2013.

PASCHOARELLI, L.C.; SILVA, J.C.P. Design Ergonômico: uma revisão dos seus aspectos metodológicos. **Conexão – Comunicação e Cultura**. UCS, Caxias do Sul, v. 5, n. 10, jul./dez. 2006.

PERLS, F.; HEFFERLINE, R.; GOODMAN, P. **Gestalt-terapia**. Summus Editorial, São Paulo, SP. 272 p. 1998.

PINHEIRO, M. C.; SILVA; F. M. **Comunicação Visual e Design Inclusivo, Cor, legibilidade e visão envelhecida. In: Design Ergonômico** - Estudos e Aplicações. Org. SILVA, José Carlos Plácido da Silva; PASCHOARELLI, Luis Carlos; SILVA, Fernando Moreira. Bauru: FAAC - Universidade Estadual Paulista 1ª Edição. 2010.

PIRAS, A.; LOBIETTI, R.; SQUATRITO, S. A study of saccadic eye movement dynamics in volleyball: comparison between athletes and non-athletes. **Journal Sports Medicine Physical Fitness.** Mar;50(1):99-108. 2010.

PIRAS, A.; LOBIETTI, R.; SQUATRITO, S. Response time, visual search strategy, and anticipatory skills in volleyball players. **Journal Ophthalmol.** Apr 30. 2014.

PIZZERA, A.; MOLLER, C.; PLESSNER, H. Gaze Behavior of Gymnastics Judges: Where Do Experienced Judges and Gymnasts Look While Judging? **Research Quarterly for Exercise and Sport**. Mar;89(1):112-119. 2018.

PIZZERA, A.; RAAB, M. Perceptual Judgments of Sports Officials are Influenced by their Motor and Visual Experience. **Journal of Applied Sport Psychlogy**, 24: 59–72, 2012.

RANDO, A. L. B.; BATISTA, E. D. C.; SANTOS, J. S.; DOMINGUES, L. H.; MÁXIMO, M. O.; RABASSI, R. S.; HARTHMAN, V. C. A Importância do Uso de Material Didático como Prática Pedagógica. **Arquivos do Mudi**, v. 24, n. 1, p. 107-119, ano 2020.

RECALDE, J. M.; PALAU, R. Classroom Lighting and Its Effect on Student Learning and Performance: Towards Smarter Conditions. In: Mealha, Ó., Rehm, M., Rebedea, T. (eds) Ludic, Co-design and Tools Supporting Smart Learning Ecosystems and Smart Education. **Smart Innovation, Systems and Technologies**, vol 197, 2021.

RIBEIRO, L. D. C. *et al.*. Tactical knowledge and visual search analysis of female handball athletes from different age groups. **Journal Physical Education Sport**. 21(2), 948–955. 2021.

RIEDER, A. Fração ideal da carga horária com aulas de campo, laboratório e sala no ensino de solos: visão do aluno. **Ciência & Educação**. vol.20, n.01, pp.207-226. 2014.

RIPOLL, H. The understanding-acting process in sport: The relationship between the semantic and the sensorimotor visual function. **International Journal of Sport Psychology**, 22, 221-243. 1991.

RODAS, C. M.; MARI-CARMEN, M.; VIDOTTI, S. A. B. G. **Tecnologia de Eye Tracking em User Experience.** ENGI – Encontro Nacional Gestão, Políticas & Tecnologias de Informação. 2014.

RODRIGUES, S. T. **O Movimento dos Olhos e a Relação Percepção-Ação**. In: Avanços em Comportamento Motor. Editora Movimento. São Paulo, 2001.

ROSSINI, J. C.; GALERA, C. Atenção visual: estudos comportamentais da seleção baseada no espaço e no objeto. **Estudos em Psicologia**. v.11 (1). 2006.

RUIZ, A.; ALBALADEJO-GARCIA, C.; REINA, R.; MORENO, F. Basketball Referee's Gaze Behavior and Stimulus Selection in Relation to Visual Angle Perspective and Officiating Mechanics and Expertise. **European Journal of Human Movement**. 50:4–18. 2023.

SALMHOFER, A. P. Design, development and evaluation of a serious game to train decision-making skills of martial arts referee. **Technische Universität Wien**. 2023.

SANTOS, F. M. Análise de Conteúdo: A Visão de Laurence Bardin. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 6, n. 1, maio. 2012.

SANTOS, M. M.; MELO, C. J. B.; SILVA, L. B. Iluminação em Sala de Aula e sua Influência na Aprendizagem: Mitigando o Ofuscamento Refletivo. **X Encontro Nacional de Ergonomia do Ambiente Construído** – XI Seminário Brasileiro de Acessibilidade Integral. Setembro, Maceió – Alagoas. 2024.

SANTOS, S. S. S. **Semiótica e Gestalt: metodologias para análise de imagens visuais**. In: X Congresso de Ciências da Comunicação na Região Sul, Blumenau, 28 a 30 mai. 2009. Anais do X Congresso de Ciências da Comunicação na Região Sul. Blumenau: Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação, 2009.

SANTOSO, D. R.; SETYANTO, T. A. Development of Precession Instrumentation System for Differentiate Walking from Running in Race Walking by Using Piezoelectric Sensor. **Sensors and Transducers**. v. 155(8):120-127. 2013.

SAVELIEV, D. S.; GROMOV, M. M.; KOVALENKO, A. I. Justification of the effectiveness of the online course for sports judges on the example of Kyokushin karate. **Theory and Practice of Physical Culture**. n.04. 2022.

SAVELSBERGH, G. J. P. *et al.*. Anticipation and visual search behaviour in expert soccer goalkeepers. **Ergonomics**. 48(11-14):1686-97. 2005.

SCHIFFER, J. Race Walking. **News Studies Athletics**. 23:4; 7-15, 2008.

SCHWEIZER, G. *et al.*. A Video-Based Training Method for Improving Soccer Referees' Intuitive Decision-Making Skills. **Journal of Applied Sports Psychology**. 23: 429–442, 2011.

SIKIO, M.; HOLLE-HELENIUS, K.K.; RYYMIN, P.; DASTIDAR, P.; ESKOLA, H.; HARRISON, L. The effect of region of interest size on textural parameters. **9th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis**. 2015.

SILVA, E. R. G. *et al.*. Processamento Cognitivo da Informação para Tomada de Decisão. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, João Pessoa, v. 1, n. 1, p. 25-39, jan./jun. 2011.

SILVA JUNIOR, M.; MOURA, A. A.; MELO, M. S.; CONDE, E. Atenção visual no esporte: uma revisão. **Revista Brasileira de Psicologia do Esporte**. v. 6 n. 3. 2016.

SILVEIRA, L. B. R.; SALUSTIANO, E. O. The importance of ergonomics in studies of times and movements. **P&D em Engenharia de Produção**, Itajubá, v. 10, n. 1, p. 71-80, 2012.

SIMÕES, J.F., BISPO, R. Design Inclusivo, Acessibilidade e Usabilidade em Produtos, Serviços e Ambientes. **Centro Português de Design.** ISBN 978-972-9445-33-02005. 2006.

SONODA, R. T.; ARAUJO, A. Neurovisual Disoders Caused by Blue Light. **Revista Científica Multidisciplinar – RECIMA21**. Ciências Exatas e da Terra, Sociais, da Saúde, Humanas e Engenharia/Tecnologia v.3, .3, 2022.

SPITZ, J.; PUT, K.; WAGEMANS, J.; WILLIAMS, A. M.; HELSEN, W. F. The role of domain-generic and domain-specific perceptual-cognitive skills in association football referees. Psychology of Sport and Exercise. v.34, 47-56. 2018.

SPITZ, J.; PUT, K.; WAGEMANS, J.; WILLIAMS, A. M.; HELSEN, W. F. Visual search behaviors of association football referees during assessment of foul play situations. **Cognitive Research: Principles and Implications**. 1:12. 2016.

STE-MARIE, D. M. Expert–novice differences in gymnastic judging: an information-processing perspective. **Applied Congnitive Psychology**. V. 13, Issue 3. 269-281. 1999.

STE-MARIE, D. M. Expertise in Women's Gymnastic Judging: An Observational Approach. **Perceptual and Motor Skills**. April 200090(2):543-546. 2000.

SUZUKI, T.; TAKEDA, K.; FUJII, K. Automatic Detection of Faults in Simulated Race Walking from a Fixed Smartphone Camera. **International Journal of Computer Science in Sport**. v. 23, 1. 2024.

SWIDWA, J.; KLATT, S.; KANTANISTA, A. Gaze behavior and decision-making among handball referees: exploring gender and expertise differences. **Brain, Cognition and Mental Health**. May, 2025.

TABORRI, J.; PALERMO, E.; ROSSI, S. Automatic Detection of Faults in Race Walking: A Comparative Analysis of Machine-Learning Algorithms Fed with Inertial Sensor Data. **Sensors**. 19(6), 1461. 2019.

TABORRI, J.; PALERMO, E.; ROSSI, S. WARNING: A Wearable Inertial-Based Sensor Integrated with a Support Vector Machine Algorithm for the Identification of Faults during Race Walking. **Sensors**. 23(11), 5245. 2023.

TEIXEIRA, E. S. M. Análise de distribuição de carga horária de um currículo de um Curso Superior de Tecnologia utilizando conceitos de QFD. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**. Bauru, Ano 11, nº 2, abr-jun. p. 21-37. 2016.

TITISARI, A. D.; KALTSUM, H. U. **Classroom Management based on Ergonomic Aspects in Supporting Learning in Elementary Schools**. Proceeding ISETH - International Summit on Science Technology and Humanity. 2024.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. **Métodos de Pesquisa em Atividade Física**. Artmed. Porto Alegre, 2012.

TONG, Y.; CHEN, Q.; NICHOLS, T. E.; RASETTI, R.; CALLICOTT, J. H.; BERMAN, K. F.; WEINBERGER, D. R. MATTAY, V. S. Seeking Optimal Region-Of-Interest (ROI) Single-Value Summary Measures for fMRI Studies in Imaging Genetics. **Plus One.** 2016.

VAEYENS, R. *et al.*. The effects of task constraints on visual search behavior and decision-making skill in youth soccer players. **Journal of Sport Exercise and Psychology**. 29(2), 147–169. 2007.

VAN BIEMEN. T.; OUDEJANS, R. R. D.; SAVELSBERGH, G. J. P.; ZWENK, F.; MANN, D. L. Into the eyes of the referee: A comparison of elite and sub-elite football referees' on-field visual search behaviour when making foul judgements. **International Journal of Sports Science & Coaching**. 18(1), 78–90. 2023.

VAN BIEMEN, T. *et al.*. "What needs to be seen": An exploration into the visual anticipation behaviour of different skill-level football referees while observing long passes on-field. **Hum. Mov. Science**. 85, 102980–102980. 2022.

VAN DER KAMP, J. *et al.*. Ventral and dorsal system contributions to visual anticipation in fast ball sports. **International Journal of Sport Psychology**, 39(2), 100–130. 2008.

VANSTEENKISTE, P. *et al.*. Visual strategies of young soccer players during a passing test - A pilot study. **Journal of Eye Movement Research**. Feb 21;15(1). 2022.

VICKERS, J. N. Gaze control in putting. **Perception**. 21, 117-132. 1992.

VICKERS, J. N. Visual control when aiming at a far target. **Journal of Experimental Psychology**: Human Perception and Performance, *22*(2), 342–354. 1996.

VILLAROUCO, V.; ANDRETO, L. F. M. Avaliando desempenho de espaços de trabalho sob o enfoque da ergonomia do ambiente construído. **Produção**, v. 18, n. 3, set./dez. p. 523-539, 2008.

WANG, R.; CHEN, L.; WU,; ZHANG, Q. Research on the visual search behavior and decision-making ability of basketball referees. **Frontiers Psychology**. 2025.

WANG, W.; JIANG, J. A Novel Deep Learning-Enabled Physical Education Mechanism. Mobile Information Systems. 2022.

WILLIAMS, A. M.; DAVIDS, K.; Visual search strategy, selective attention, and expertise in soccer. **Research Quarterly for Exercise and Sport**. v.69, 2. 1998.

WILLIAMS, A. M. *et al.*. Visual search strategies in experienced and inexperienced soccer players. **Research Quarterly for Exercise and Sport**. Jun;65(2):127-35. 1994.

WILLIAMS, A. M.; DAVIDS, K., WILLIAMS, J. G. **Visual perception and action in sport**. London: Routledge. 1999.

WILLIAMS, A. M.; ELLIOT, D. Anxiety, expertise, and visual search strategy in karate. **Journal of Sport & Exercise Psychology**, 21(4), 362–375. 1999.

WOJTACH, W. *et al.*. An empirical explanation of the flash-lag effect. **Proc Natl Academic Science**. Oct 21;105(42):16338-43. 2008.

World Athletic**. Competittion Rules**. World Athletic, 2024.

WU, Y.; YANG, Z.; WANG, R.; ZENG, H. ZHANG, Q. A comparison of perceptual-cognitive skills in expert and non-expert sports officials: a systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Psychology**. 21:15. 2024.

ZHANG, D.; JI, Z.; JIANG, G.; JIAO, W. Using AI Motion Capture Systems to Capture Race Walking Technology at a Race Scene: A Comparative Experiment. **Applied Sciences**. V.13, issue 1. 2023.

ZHI, H.; LIU, Y. A Study of Gaze Behavior for Decision-Making of Race-Walking Referees in the Multi-Person Scenarios. **Studies of Psychology and Behavior**. vol. 22, issue 1. 2024.

ZHOU, R.; HAO, X.; DENG, P.; LI, D.; SONG, Y.; ZHANG, Y. The impact of video-based training on football referees' decision-making skills: a systematic review and meta-analysis. **BMC Sports Sci Med Rehabil** 17, 186. 2025.

ZINGANO, G. M. **Um Estudo Sobre a Formação de Árbitros de Basquete: o caso do Rio Grande do Sul.** Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010.

https://digartdigmedia.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/03/hf_fig22.gif

https://worldathletics.org/news/news/international-race-walking-judges-put-to-the

https://www.elearning.worldathletics.org/

8 Anexos

8.1 Questionário para os Árbitros

Questionário

Questionário destinado à pesquisa de Doutorado sobre " **Ergonomia Cognitiva e Julgamento Visual de Vídeos por Árbitros de Marcha Atlética: Análise do Comportamento do Olhar e Proposta de Ensino** ".
Esse questionário é voltado aos árbitros que possuem curso básico de regras em Atletismo e fizeram ou não curso específico de arbitragem em Marcha Atlética.

Caro árbitro
Este é um convite especial para você participar voluntariamente do estudo **"Ergonomia Cognitiva e Julgamento Visual de Vídeos por Árbitros de Marcha Atlética: Análise do Comportamento do Olhar e Proposta de Ensino"**, que se refere a um projeto de pesquisa que é de autoria do Prof. Me. Nilton Cesar Ferst.
Para que você possa participar é necessário seu consentimento para participar ou não do estudo. Qualquer dúvida sobre o estudo ou sobre este documento pergunte ao pesquisador. Este estudo respeita e segue a Resolução CNS 466/12 e a Resolução CNS 510/16 sobre pesquisa com seres humanos.
Este estudo possui Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa do CAAE n° 13497619.3.0000.5020 e do Comitê de Ética em Pesquisa do CAAE n° 65583722.5.0000.5663
Objetivos do Estudo
Verificar as variáveis comportamentais da atenção visual durante a ação de julgamento das regras na prova de Marcha Atlética pelos árbitros responsáveis pelo julgamento e realizar uma análise dos materiais e estrutura de ensino especifica para os árbitros de atletismo especialista em marcha atlética.
Para isso é necessário que você marque abaixo sua vontade, de participar ou de não participar da pesquisa. Caso você tenha marcado em "Não concordo em participar" lhe agradeço pela atenção e peço que siga ao final do questionário e encerre a participação. Caso tenha marcado "Concordo em participar" peço que responda as questões abaixo.
Obrigado

1. Nome completo
2. Em que ano fez o curso básico de arbitragem em atletismo?
3. Qual é o estado com o seu atual registro de árbitro na CBAt? Qual o seu Pais?
4. Qual a sua Categoria ou Nível?

   Categoria A

   Categoria B

   Categoria C

   National Athletics Referee NAR - Antigo Nível I

World Athletics Referee Bronze Level WARB - Novo nível

World Athletics Referee Silver Level WARS - Antigo Nível II

World Athletics Referee Gold Level WARG - Antigo Nível III

5. Você já fez curso básico de arbitragem em Marcha atlética?
    a. Sim
    b. Não

Se você respondeu ***SIM*** para a pergunta anterior responda agora somente as perguntas 6 até a 18.

Se você respondeu ***Não*** para a pergunta anterior responda agora somente as perguntas 19 até a 24

6. Em que ano fez curso básico de arbitragem em Marcha atlética:
7. Sobre o curso específico em Marcha Atletica, comente
    a. Quantas horas foram?
    b. Quantos dias foram?
    c. Houve atividades práticas?
    d. Houve atividades teóricas?
    e. Foi utilizado vídeos durante as aulas?
        i. Qual foi a qualidade dos vídeos utilizados?
8. O método de ensino utilizado foi ideal para o tema?
9. Sentiu falta de algum exercício específico durante o curso?
10. Qual é o nível de competição em que tem atuado? Municipal, estadual, nacional, internacional.
11. Qual a função que mais atuou nas provas de marcha? Árbitro de julgamento, árbitro chefe ou secretário?
12. Na sua opinião, qual das possíveis faltas é mais difícil de julgar? Joelho, contato, as duas são difíceis, as duas são fáceis.
13. O uso de uma apostila específica sobre o tema pode ajudar no curso? Comente.
14. Na sua opinião, como deve ser realizado o curso específico em Marcha Atletica?
15. Qual ou quais são os métodos (forma) de ensino ideais para o curso?
16. Sobre o curso específico em Marcha Atletica, comente:
    a. Qual a carga horária ideal?
    b. Em quantos dias o curso deve ser oferecido?
    c. Deve haver atividades práticas?
    d. Deve haver atividades teóricas?

    e. Deve ser utilizado vídeos durante as aulas?

17. Se julga com conhecimento suficiente para julgar provas de Marcha Atlética? Sim ou não
18. Caso queira acrescentar qualquer outro comentário sobre curso específico de arbitragem em Marcha Atlética fique a vontade para escrever abaixo.
19. Por qual razão não participou de um curso específico em Marcha Atletica?
20. Na sua opinião, como deve ser realizado o curso específico em Marcha Atletica?
21. Qual ou quais são os métodos (forma) de ensino ideais para o curso?
22. Na sua opinião o uso de uma apostila específica sobre o tema pode ajudar no curso? Comente.
23. Sobre o curso específico em Marcha Atletica, comente:
    a. Qual a carga horária ideal?
    b. Em quantos dias o curso deve ser oferecido?
    c. Deve haver atividades práticas?
    d. Deve haver atividades teóricas?
    e. Deve ser utilizado vídeos durante as aulas?
24. Caso queira acrescentar qualquer outro comentário sobre curso específico de arbitragem em Marcha Atlética fique a vontade para escrever abaixo.

8.2 Questionário para as Federações Nacionais

Questionário

Questionário destinado à pesquisa de Doutorado sobre " **Ergonomia Cognitiva e Julgamento Visual de Vídeos por Árbitros de Marcha Atlética: Análise do Comportamento do Olhar e Proposta de Ensino** ".
Esse questionário é voltado as Federações Nacionais de Atletismo que oferecem curso básico de regras em Atletismo e também curso específico de arbitragem em Marcha Atlética.

Caro Dirigente

Este é um convite especial para sua Federação Nacional participar voluntariamente do estudo **"Ergonomia Cognitiva e Julgamento Visual de Vídeos por Árbitros de Marcha Atlética: Análise do Comportamento do Olhar e Proposta de Ensino"**, que se refere a um projeto de pesquisa que é de autoria do Prof. Me. Nilton Cesar Ferst.

Para que sua Federação Nacional possa participar é necessário seu consentimento para participar ou não do estudo. Qualquer dúvida sobre o estudo ou sobre este documento pergunte ao pesquisador. Este estudo respeita e segue a Resolução CNS 466/12 e a Resolução CNS 510/16 sobre pesquisa com seres humanos.

Este estudo possui Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa do CAAE n° 13497619.3.0000.5020 e do Comitê de Ética em Pesquisa do CAAE n° 65583722.5.0000.5663.

Objetivos do Estudo
Verificar as variáveis comportamentais da atenção visual durante a ação de julgamento das regras na prova de Marcha Atlética pelos árbitros responsáveis pelo julgamento e realizar uma análise dos materiais e estrutura de ensino especifica para os árbitros de atletismo especialista em marcha atlética.

Para isso é necessário que você marque abaixo a vontade de sua Federação, de participar ou de não participar da pesquisa. Caso você tenha marcado em "Não concordo em participar" lhe agradeço pela atenção e peço que siga ao final do questionário e encerre a participação. Caso tenha marcado "Concordo em participar" peço que responda as questões abaixo.

Obrigado!

1. Nome completo de sua Federação Nacional e sigla.

2. Descreva os materiais utilizados nos cursos de formação de árbitros.

3. Quanto a estrutura educacional utilizada, descreva:

a. O ambiente educacional, citando itens como iluminação, cor, ruído, utilização do espaço, alocação de equipamentos e segurança.

b. As instalações educacionais, citando sobre mobiliário educacional, ergonomia de laboratório e biblioteca, design de sala de aula e escritório e alocação de equipamentos.

c. A aprendizagem, citando itens como habilidades educacionais de caligrafia, direção, desenho, manipulação de instrumentos, programação de aulas e programação escolar, pesquisa em exames, gerenciamento de atividades de aprendizagem e sistemas de classificação.

d. O processo instrucional, citando itens como o design de livros didáticos, dispositivos de ensino, técnicas de instrução, condutas em sala de aula, preparação de palestras e TV educacional

e. Ainda sobre a estrutura educacional utilizada, cite a quantidade de dias e horas destinadas para as aulas práticas e aulas teóricas.

8.3 Justificativas dos Árbitros

n	Justificativas
1	Técnica e velocidade juntos, tornam bem difícil a visualização da flutuação
2	Alguns atletas não possuem a extensão completa, o que atrapalha na avaliação.
3	Tenho a impressão de que quando os atletas estão rápido, sempre flutuam.
4	Quando o nível dos competidores possuem mais velocidade e técnica a troca das passadas é muito dinâmica e requer muita atenção para verificar a flutuação, para mim é difícil e ainda mais quando o grupo está em bloco.
5	Porque tem de ter um olhar bem específico e as vezes o atleta marchador ao mudar o ritmo torna mais difícil.
6	A marcha está cada vez mais veloz e a diferença entre flutuando ou não está cada vez menor.
7	A olho nu e com a dinâmica da marcha a percepção da Flexão de Joelho se torna muito difícil, uma vez que o movimento da marcha para recuperação é trazer novamente a perna de impulso a frente e devido a isso terá uma flexão do joelho. Que durante a velocidade alucinante e o número de atletas fica muito difícil de pontual está falta.
8	Pela subjetividade que a marcha apresenta na avaliação.
9	Devido à evolução da marcha Atlética, e o julgamento somente no visual, sempre tenho dúvidas com relação a flutuação, mas estou em pleno treinamento do olho para sanar, minha dúvida.
10	O nível técnico impede de ver a falta
11	Se o atleta for muito veloz fica muito difícil
12	Tem atletas com movimentos de poucas flexões
13	As vezes por fator genético a pessoa não tem hipertensão mais não quer dizer que está flexionado ou perdendo o contato com o solo.
14	A flutuação acho mais fácil de identificar, porém a flexão de joelho acho mais difícil pelos atletas que marcham rápido, e as vezes não dá para acompanhar.
15	Cada atleta tem sua técnica e forma de marchar.
16	Minhas atuações sempre foram em competições federativas e da secretaria de esporte do estado, onde os atletas têm pouco domínio técnico da prova, realmente enxergar o não bloqueio, a transferência do momento de flexão permitida da

	perna para o momento da perna estendida e, também, o registro das flutuações. Creio que ganhei maior entendimento, ao fazer muitas gravações e depois estudá-las. O uso dos vídeos nunca durante as provas, mas assistir após e treinar os olhos a perceberem a falta
17	Cada atleta possui um porte físico diferente e fisiologicamente
18	Analisar o bloqueio e se está flutuando e muito difícil, pois requer um olhar atento para que não prejudique o atleta, e cada julgado tem seu olhar na passagem do atleta por ele.
19	Para perceber as faltas devemos ter muitas mais competições de marcha para ter mais contato com a prova
20	As vezes a perda de contato é mínima e difícil de visualizar.
21	Atleta iniciar uma corrida
22	Ele comete falta chamada flutuação quando os dois pés não tocam no chão, quanto ao joelho o atleta não pode dobrar.
23	Bom, porque uma marcha bem executada às vezes podemos nos enganar se não observarmos direito
24	O movimento é muito subjetivo, para identificar uma falta de bloqueio.
25	A flutuação vista de mais perto é mais difícil de julgar devido a velocidade que os marchadores têm evoluído.
26	Devido a velocidade dos marchadores, durante a passada.
27	Deve julgar em poucos segundos
28	Pela velocidade em que o atleta realiza sua técnica
29	Devido a musculatura em particular
30	Devido a velocidade que possuem no deslocamento é mais difícil detectar as faltas
31	A flexão de joelhos é mais fácil de visualizar
32	É mais difícil de julgar a perda de conato, já que na fase de contato e transição (duplo apoio) pode ocorrer uma leve flutuação, pelo que, por julgar em momentos muito separados, a visão com conhecimento vai se perdendo, podendo falhar neste critério de observação
33	As vezes vão muito rápidos e é difícil distinguir se perdem o contato com o solo
34	Já que em ambas, com o tempo o atleta tem encontrado diferentes formas de dissimular as faltas

35	Hoje em dia os atletas aceleram muito em um momento e correm não marcham como deveriam na prova
36	Porque se julga visual por uma única vez em cada movimento.
37	Porque se vê claramente quando estão perdendo o contato ou flexionando o joelho
38	A flutuação acredito que é mais complicada julgar devido ao passo dos marchadores profissionais é tão rápido que a simples vista é difícil de detectar
39	É mais difícil ver a flutuação devido o passo ser rápido
40	A simples vista não se aprecia muito bem quando se julga. Tem que estar bem concentrado e atento a cada atleta para julgar
41	Fase de perda de contato com o solo chamada fase de voo
42	O atleta muitas vezes aproveita alguns pontos da pista
43	Se dificulta quando os atletas ultrapassam aos outros, nas curvas e nos últimos metros antes da chegada
44	Porque se aplica o conceito de flutuação e se aprecia a flexão de joelho
45	A flexão de joelho, quando o atleta no movimento de avanço da perna, o árbitro deve estar em um ângulo grande para ter uma melhor visão do movimento e assim realizar um julgamento justo
46	É muito difícil julgar, sobretudo quando há poucos árbitros nas curvas. E é justamente nas curvas onde os atletas comentem mais faltas.
47	Porque a linha entre executar bem a técnica e falhar, ou seja, manter um dos pés sempre em contacto o no, é muito fina e difícil de comprovar a simples vista.
48	A visualização é muito finita
49	Se trata de detalhar o movimento dos atletas e concentrar a atenção nos detalhes técnicos.
50	Se deve observar o deslocamento da parte inferior do atleta com cautela para conseguir verificar se perde o contato com o solo ou apresenta em cada passo uma flexão de joelho
51	Os atletas possuem estilos diferentes e seus passos algumas vezes não são uniformes e podem sugerir que são flutuantes
52	Velocidade com que se realiza, técnica do atleta
53	Perda de contato com o solo
54	Os passos são rápidos e as vezes não se nota o toque no piso

55	A objetividade
56	Velocidade, falta de competências
57	Considerações de antropometria, falta de flexibilidade
58	Se presta atenção é possível ver as infrações
59	Sempre cronometrei e contei, etc.
60	Se o atleta tem sua técnica especifica
61	Muito do que se deve julgar es subjetivo
62	Tema prático
63	Tem que estar muito seguro de que não houve contato com o solo (flutuação)
64	A suposta marcha atlética moderna que supostamente o contato não é com o calcanhar do pé
65	A flutuação é muito difícil de observar pela velocidade da marcha
66	Quanto mais rápido for o atleta, mais possibilidade tem para perder o contato
67	Creio que a dificuldade do julgamento da marcha é a velocidade dos atletas
68	Com a velocidade que vão os atletas, em ocasiões, é difícil poder definir se está perdendo o contato
69	Perda de contato, é correr, caminhar e dobrar o joelho
70	A diferente morfologia e técnica de cada atleta no caso da flexão de joelho. E na flutuação, no alto nível, a velocidade da marcha
71	É um julgamento muito subjetivo
72	Com atenção de pode julgar bem
73	A marcha é rápida e isso dificulta julgar a simples vista a perda de contato
74	Já que é mínimo o contato com o piso e não se chega a ver tão fácil a simples vista
75	Com a observação constante de vídeos e atletas em competições, permite que o julgamento da marcha seja cada vez mais fácil e reconhecer cada falta, tanto a flexão de joelho como a perda de contato se perceba com maior precisão
76	Com uma constante e forte capacitação, não fica difícil julgar o bloqueio ou a flutuação
77	Porque na atualidade a prova tem avançado muito tanto nos movimentos dos atletas para ver que flutua
78	Precisa muitas vezes acuidade visual para determinar a perda de contato
79	Na perda de contato porque é quando o marchado está rápido

80	É um pouco complexo quando perde o contato
81	A meu ver tenho visão mais rápida em detectar falta, ao passar as voltas detecto a de flexão
82	São as faltas mais comuns
83	Difícil apreciação visual
84	O movimento é rápido e muitas vezes é imperceptível
85	Com a velocidade que se deslocam os marchadores hoje tem um limite muito pequeno entre a flutuação e o correto deslocamento
86	A velocidade
87	Muitos atletas não mantem o plano vertical que é onde se verifica se o atleta está marchando bem ou mal
88	A perda de contato é um pouco mais complicada porque o movimento rápido dos pés e contato com o solo pode confundir em ocasiões e criar dúvidas neste tipo de competição de tempo prolongado
89	Para poder julgar é necessário ter conhecimento e muita prática
90	Pela velocidade é difícil captar a olho humano a perda de contato
91	É difícil observar se tem perda de contato em marchadores com velocidade
92	É difícil determinar

8.4 Respostas das Federações Nacionais

1. Argentina

A formação de juízes de marcha atlética na Argentina é realizada por meio de um modelo estruturado que segue diretrizes semelhantes ao sistema de avaliação da World Athletics. Esse modelo se baseia em uma estrutura de unidades que abrangem os fundamentos básicos da técnica, incluindo aspectos da biomecânica para a compreensão essencial do significado do movimento, embora estes não sejam passíveis de julgamento. Em seguida, realiza-se uma análise exaustiva da Regra Técnica 54 do regulamento técnico da World Athletics, que rege a marcha atlética, e desenvolve-se o conteúdo relacionado à gestão da competição.

Os materiais utilizados nas aulas teóricas são agrupados em unidades específicas, que são detalhadas por meio de apresentações em PowerPoint, fotografias e vídeos utilizados durante as reuniões síncronas. Esses cursos combinam aulas teóricas com sessões práticas que incluem simulações de pista e análise de vídeos de competições internacionais. Essas ferramentas são essenciais para garantir que os futuros juízes compreendam não apenas as regras, mas também sua aplicação prática em situações da vida real. As avaliações consistem em uma parte escrita e análise de vídeos, onde os alunos devem determinar se os exemplos apresentados atendem ou não à definição técnica da marcha atlética. Vale ressaltar que, como não há vídeos oficiais para discutir o processo de julgamento, os materiais utilizados nas apresentações em PowerPoint e nos vídeos são frequentemente compilações de arquivos históricos ou gravações antigas.

Desde a pandemia, foram implementadas três sessões de treinamento online, cada uma com duração de 16 horas, estruturadas em aulas síncronas e assíncronas. As sessões síncronas são organizadas em seis sessões de 2 horas, distribuídas ao longo de quatro semanas, enquanto as atividades assíncronas totalizaram quatro horas, com foco em exercícios práticos. É importante ressaltar que os palestrantes desses cursos são juízes internacionais que participaram dos mais importantes painéis de marcha atlética da América do Sul e Europa. No entanto, na Argentina, o número de participantes da marcha atlética é muito baixo em comparação com outros países da América do Sul, o que limita as oportunidades de prática em eventos da vida real. Nesse contexto, a análise de situações por meio de vídeo tem se mostrado uma ferramenta inestimável. Essa metodologia, aliada

à abordagem online e ao acesso a uma boa conexão de internet, superou essas limitações e otimizou o processo de treinamento.

Apesar da qualidade e adaptabilidade do modelo utilizado no país, os módulos de e-learning propostos pela World Athletics não foram implementados em cursos oficiais. No entanto, a abordagem adotada localmente demonstrou ser eficaz para as necessidades específicas da Argentina, garantindo um treinamento abrangente e de alta qualidade para futuros juízes de marcha atlética.

2. Bolívia

Como órgão dirigente do atletismo na Bolívia, a Federação Boliviana de Atletismo (FEAB) administra os cursos básicos de arbitragem por meio das diversas associações departamentais. Um cronograma anual para esses cursos presenciais foi estabelecido até janeiro de 2025, tendo sofrido modificações em relação às modalidades presencial e virtual. No final de janeiro de 2015, a FEAB anunciou a criação da Academia de Treinamento Esportivo, uma plataforma digital para oferecer diversos cursos para juízes e técnicos em todo o país. Em reuniões de coordenação, os cursos foram agendados para o mês de fevereiro.

Em relação à gestão dos cursos básicos para a formação de juízes, a carga horária era de 4 horas diárias por meio de atividades na plataforma. Um total de 4 dias de treinamento pela plataforma totalizaria 16 horas, e um dia presencial consistiria em 8 horas de treinamento totalmente prático, mais uma hora de avaliação na plataforma. Dentro do treinamento virtual e digital oferecido na Plataforma, todos os participantes encontrarão os regulamentos da World Athletics, slides para leitura e estudo, além de vídeos de situações organizacionais, bem como situações que ocorrem em competições com atletas, treinadores e o público, para fornecer maiores detalhes sobre o manuseio dos regulamentos e as funções do Juiz. A Plataforma de Treinamento de Juízes possui um fórum para compartilhamento de ideias, conhecimento e perguntas, permitindo que os participantes socializem e troquem conhecimento e ideias sobre o treinamento de juízes. Perguntas de resolução de problemas são feitas para que os participantes possam analisar diferentes situações em eventos de atletismo e campo. A participação na plataforma inclui cronogramas de ensino e gerenciamento de tempo, incluindo diferentes cronogramas para eventos de velocidade, meia distância e distância, bem como usar cronogramas para eventos de campo, incluindo saltos verticais e horizontais. Os treinos são contínuos na plataforma, com o último dia sendo uma aula presencial, onde os treinos são conduzidos

com um evento simulado em diferentes categorias. Para a parte prática do dia, é organizada uma simulação, abrangendo o uso da sala de chamada, inscrição, designação dos juízes, início do evento, monitoramento dos atletas, programação, posições, tempos e pontuações, bem como para os testes de campo, manuseio das alturas das barras para o salto em altura e com vara, manuseio da fita métrica para o salto em distância e triplo, atletas que saem de posição, infrações, tentativas inválidas, áreas de preparação para lançamentos e pesos e medidas dos diferentes dispositivos.

É realizada uma avaliação teórica e prática, juntamente com uma breve entrevista com os candidatos a juízes para aprofundar seus conhecimentos. É evidente que o curso básico é o ponto de partida para, posteriormente, aprender a utilizar a plataforma de e-learning da World Athletics e, assim, ter mais juízes em toda a Bolívia.

3. Brasil

Para os cursos básicos de arbitragem em atletismo a CBAt utiliza um modelo padrão de material didático, que são quatro (4) arquivos em PowerPoint contendo 443 slides no total. Na composição dos slides foram selecionados imagens e vídeos de situações ou informações que auxiliam na compreensão das regras. O curso básico, atualmente, é composto por 20 horas/aulas com somente aulas teóricas, não sendo trabalhado na prática as regras. Atualmente somente 50 árbitros, distribuídos por 16 estados brasileiros, são autorizados a ministrarem cursos oficiais no Brasil

Para a CBAt todo árbitro brasileiro, independente da classificação, está apto a trabalhar no julgamento das provas de Marcha Atlética nas competições oficiais, pois o tema é trabalhado nos cursos de formação básica, porém de uma forma mais rápida, pois são muitos assuntos a serem trabalhados no curso básico de arbitragem. E por entender que a prova de marcha atlética requer do árbitro um conhecimento, um aprofundamento no tema, a CBAt criou o Curso Básico de Arbitragem em Marcha Atlética.

Este curso de formação específico, que possui apenas 3 árbitros são autorizados a ministrarem esse tipo de curso no Brasil, é trabalhado em dois dias seguidos. Durante 16h/a são trabalhadas as regras da Marcha Atlética, com discussão teórica, análise e interpretação de vídeos e julgamentos práticos com atletas marchando. Normalmente o local escolhido para a realização do curso possui condições mínimas necessárias, tais como: sala de aula ou anfiteatro amplo com cadeiras e mesas de trabalho, projetor e tela de projeção, ar-condicionado, boa iluminação e sistema de som. Também próximo de

uma pista de atletismo para a realização da parte prática, que é com a participação de atletas marchando e o árbitros realizando o julgamento.

4. Chile

O curso de Oficiais Técnicos Regionais de Atletismo está estruturado em vários módulos temáticos. Os fundamentos básicos incluem uma introdução à ética e aos princípios fundamentais para oficiais técnicos de atletismo. Em relação aos deveres dos oficiais, o curso proporciona o conhecimento das responsabilidades atribuídas aos diferentes oficiais em torneios e competições regidos pela World Athletics.

Os regulamentos internacionais abrangem a interpretação e aplicação das regras, bem como a análise específica de eventos de atletismo e competições fora do estádio. As atualizações regulatórias incluem uma revisão das alterações e modificações nos regulamentos atuais, a partir do ano em curso.

A metodologia de ensino é dividida em duas modalidades principais: aulas teóricas e aulas práticas. As aulas teóricas são de natureza expositiva e promovem a interação ativa entre docentes e candidatos. Incluem também a resolução de dúvidas e a discussão de casos específicos, fomentando a aprendizagem participativa. As aulas práticas são ministradas no atletismo e são projetadas para incluir simulações de situações reais de competição. Exercícios de resumo e análise de testes também são realizados, conforme o cronograma estabelecido pelo curso.

Quanto à estrutura do curso, este é presencial, com duração de três (3) dias consecutivos, com doze (12) sessões teóricas e práticas que combinam metodologia expositiva e participativa. A avaliação exige nota mínima de 4,0 na escala de 1 a 7 ou 60% na prova escrita, além da presença de 100% nas respectivas sessões. Há também um compromisso prático, ou seja, após o curso, os participantes devem aplicar os conhecimentos adquiridos em pelo menos seis (6) eventos esportivos organizados por sua associação regional. Essa abordagem garante que os participantes adquiram habilidades teóricas e práticas abrangentes.

5. Colômbia

Atualmente, na Colômbia, os cursos são autorizados pela Federação Colombiana de Atletismo, mediante solicitação, para organização e implementação por entidades vinculadas ao atletismo. Essas entidades podem ser clubes, municípios ou outras

entidades vinculadas ao esporte. Os cursos são ministrados por árbitros indicados pelas entidades e aprovados pela federação nacional.

Cada instrutor possui seu próprio material didático e método de trabalho. A programação das aulas teóricas e práticas é de responsabilidade de cada instrutor. Os cursos geralmente duram de dois a cinco dias, com sessões teóricas e práticas.

Durante as aulas teóricas, são utilizados vídeos com exemplos de situações do atletismo, e o PowerPoint também é utilizado para projetar slides sobre o conteúdo teórico. As avaliações teóricas são normalmente realizadas com os participantes ao final dos cursos. Os cursos são realizados devido à necessidade de árbitros em uma competição na localidade ou região.

6. Ecuador

Para que haja o reconhecimento dos cursos realizados no Ecuador é necessário a autorização da Federação Ecuatoriana de Atletismo e atualmente os cursos são realizados somente nas cidades de Quito, Guayaquil e Cuenca. Da mesma forma os cursos são ministrados somente por árbitros indicados pela federação. Os cursos podem ser solicitados por qualquer entidade oficial esportiva ou não, como clubes, universidades ou prefeituras.

Todo interessado em participar de cursos oficiais precisa realizar primeiro o curso básico disponibilizado na plataforma E-Learning da World Athletic para depois participar do curso básico, atualmente de forma presencial. Atualmente os cursos podem ser ministrados em diferentes formatos, como por exemplo; uma semana inteira a noite ou três dias pela manhã e a tarde. A definição ocorre conforme o público e o local de realização do curso. E sempre após o curso, com avaliação ao final, o participante precisa participar de uma competição atuando como árbitro e essa competição é sempre organizada para ocorrer após as aulas teóricas e práticas.

Durante as aulas teóricas são utilizados vídeos com situações de pista e campo e também slides contendo as regras do atletismo. Durante as aulas práticas são utilizados exemplos de situações que acontecem em uma competição. Não é realizado curso específico para árbitros de marcha atlética.

7. Panamá

Os cursos básicos para árbitros de atletismo costumam ser realizados na Universidade de Panamá, as aulas teóricas no anfiteatro e a aulas práticas na pista de atletismo.

Os temas abordados são: Introdução e geral, oficiais, corridas, largadas, chegadas e cronometristas, corridas com barreiras, obstáculos e revezamentos, provas combinadas, marcha atlética, generalidades dos saltos horizontais, lançamentos, saltos verticais, exercícios de classificação, percursos e cross.

8. Paraguai

Não existe um sistema organizacional para o treinamento de juízes de atletismo mantido pela Federação Nacional Paraguaia. Os cursos de formação de juízes no Paraguai são realizados apenas quando há um grande evento para recrutar mais juízes. Os últimos cursos foram em 2022 e 2025.

Em 2022, foram utilizadas uma apresentação em PowerPoint e explicações sobre os pontos, além de uma tarde na pista para ver onde as diferentes corridas começam, as zonas e vários outros tópicos relacionados à corrida. Nas aulas teóricas, as regras mais importantes relevantes para cada disciplina foram lidas e explicadas, bem como a localização dos juízes, e fotos das ferramentas/implementos necessários para cada disciplina foram mostradas. Ao final do curso, foi realizada uma prova escrita, que teve quatro seções, uma prova oral e uma prova prática. Este curso ocorreu de terça a sexta-feira (manhã e tarde), com uma prova escrita e oral aos sábados pela manhã, e um torneio à tarde, que foi avaliado como uma prova prática.

Em 2025, um curso de formação foi realizado em março na cidade de Assunção. As aulas foram ministradas em quatro sábados consecutivos, também utilizando PowerPoint. Após a conclusão do curso presencial, os participantes tiveram uma semana para concluir o curso online de marcha atlética e a prova online de marcha atlética. Não houve provas presenciais ou orais.

No Paraguai, não há curso de marcha atlética; a marcha atlética é realizada apenas durante os jogos escolares. Em todos os cursos de formação de juízes, as provas que normalmente não são realizadas em competições no Paraguai são explicadas mais rapidamente do que as que são.

9. Peru

Todos os cursos realizados no Peru necessitam ser autorizados pela Federação Peruana de Atletismo e podem ser solicitados por qualquer entidade oficial esportiva, de ensino ou governamental. Atualmente são dois os ministrantes autorizados pela federação e esses ministrantes possuem o seu próprio material de ensino, que normalmente se compõem de slides e vídeos sobre os temas.

A realização dos cursos ocorre pela necessidade de alguma competição ou por algum interesse específico de alguma entidade de ensino ou governamental. No caso dos cursos realizados pela federação normalmente esses são feitos no período entre dezembro e março.

Esses cursos costumam ser oferecidos em 3 deias seguidos, onde são abordadas todas as provas do atletismo, tanto na teoria como na prática, e sempre ao final é realizada avaliação escrita. Durante esses dias também é mencionado a importância de acessar a página web da World Athletic com seus cursos de formação, os quais podem auxiliar na formação.

10. Portugal

Os cursos em Portugal são organizados conforme o nível e tema que se pretende oferecer, basicamente quanto mais alto o nível, mais complexo é o curso e sua programação.

Como por exemplo para o curso específico de marcha atlética a divisão de horas proposta é de: sessões teóricas online de 5h 15', sessões práticas de 2h 30' e exames com 2h 15' de duração, com um total de 10h., divididos em 2 dias seguidos. Na avaliação existe o exame escrito, o exame de vídeo, exame prático I e exame prático II.

O uso do PowerPoint e slides ocorre em todas as sessões teóricas independente do tema tratado e nesses materiais são colocados imagens e vídeos.

11. Suriname

Os treinamentos teóricos são realizados no ginásio de treinamento do Comitê Olímpico do Suriname e a parte prática no Estádio Andre Kamperveen, o Estádio Nacional de Futebol, também chamado de Estádio AK. O estádio possui não apenas um campo de futebol, mas também uma pista de grama de 400 m (6 raias) construída ao redor do campo. Este estádio está localizado em frente ao ginásio de treinamento do Comitê Olímpico do Suriname. Isso permite uma boa combinação de aulas teóricas e práticas.

Os alunos em treinamento geralmente são indicados pelas diversas associações membros da Federação de Atletismo do Suriname. Com base na formação acadêmica, a seleção dos candidatos para o curso é feita em consulta com o presidente do corpo de árbitros em exercício.

A duração do curso é de 12 dias, dos quais 2 dias são destinados às provas. Durante 10 dias, as aulas teóricas serão ministradas pela manhã (4 horas) e as práticas à tarde (3 horas). A prova será realizada individualmente em dois dias. A parte prática do exame utiliza atletas das diversas associações filiadas. Além disso, serão utilizados materiais da Federação de Atletismo. Antes de utilizar a pista de grama do Estádio AK, as linhas das 6 raias são aplicadas manualmente com tinta à base de água e um pincel de 5 cm. As linhas de partida e chegada, bem como diversas outras marcações, também são aplicadas à mão.

Durante o curso, os juízes aprenderão: cronometrar com cronômetros, visto que a Federação de Atletismo do Suriname não possui um sistema eletrônico de cronometragem; como e em que ordem devem ficar em pé/sentados; como usar o contador de voltas em médias e longas distâncias na pista de grama; também o uso do sino e o registro dos tempos parciais com os cronômetros; como registrar o tempo e a ordem de inscrição em corridas de rua.

A medição é feita com uma fita métrica de lâmina de aço revestida de náilon. Os alunos aprendem a identificar quando um lançamento é válido ou inválido e como usar as bandeiras vermelha e branca. Eles também aprendem a definir o setor do lançamento de dardo. Fita de barreira/fitas e pregos para telhados são usados para traçar os setores. Os pregos são necessários para manter a fita de barreira no lugar.

12. Uruguai

Atualmente se utiliza o sistema E-Learning proposto pela World Athletic para a formação inicial dos árbitros no Uruguai. De momento não há outro sistema de formação estruturado para atender a demanda.

Durante o ano de 2024 estava sendo realizado palestras formativas sobre temas específicos uma vez por mês, de forma online utilizando a plataforma zoom. Antes de 2024 havia cursos de formação, geralmente realizados em 3 dias, normalmente sexta, sábado e domingo, divididos em parte teórica e prática. Nesses cursos a teoria era apresentada utilizando o recurso PowerPoint com imagens, descrição e também vídeos. Na prática era utilizado simulações de situações que ocorrem nas provas de pista e campo.

13. Venezuela

A formação de árbitros e juízes no atletismo venezuelano é realizada pela Federação Venezuelana de Atletismo (FVA), seguindo as diretrizes conceituais e processuais da World Athletics. Cursos presenciais são realizados nos diversos estados do país, credenciando os participantes como árbitros e juízes nacionais. Esse processo promove um perfil que abrange uma série de habilidades, conhecimentos e qualidades pessoais, permitindo que desempenhem suas funções com eficácia em todas as etapas da competição. Além disso, os procedimentos são padronizados para aplicação em cada região, adaptando-os às realidades e contextos locais.

O treinamento ocorre ao longo de cinco dias, combinando teoria e prática para desenvolver o conteúdo: No primeiro dia: programa de desenvolvimento da World Athletics (teoria), filosofia da arbitragem (teoria), oficiais técnicos (teoria), regras técnicas gerais (teoria), projeto e marcação da pista (teoria), corridas (teoria) e análise de vídeo da corrida (prática). No segundo dia: cronometragem/chegada, corridas com barreiras/barreiras (teoria), corridas de revezamento (teoria), marcha atlética (teoria), corridas de maratona, cross country, corridas de montanha, corrida de trilha (teoria), protocolos de medição (teoria), largadas de corrida, formulários e cronogramas de corrida (prática), análise de vídeo de corrida, prática de julgamento de corrida, chegadas e largadas (prática). No terceiro dia: saltos (teoria), saltos verticais (teoria), saltos horizontais (teoria), cronogramas de salto (prática), situações básicas em saltos verticais e horizontais (prática). No quarto dia: arremessos (teoria), arremessos circulares (teoria), cronogramas de arremesso (prática e teoria), lançamento de dardo (teoria), eventos combinados (prática), situações avançadas de arremesso (prática). No quinto dia: exames orais e escritos. Os planos futuros da FVA e da comissão nacional incluem estratégias contínuas de treinamento digital e processos de sistematização e avaliação de eventos. O objetivo é gerar um sistema integrado que aprimore as capacidades de gestão organizacional em eventos e identifique problemas críticos. Dessa forma, todos podem se manter atualizados e preparados para enfrentar os desafios futuros.

8.5 Tabela Resolução dos 40 vídeos utilizados no experimento

Vídeo	Resolução Largura (X)	Resolução Altura (Y)
1	1920	1080
2	1920	1080
3	1920	1080
4	1920	1080
5	1920	1080
6	1920	1080
7	2240	1080
8	1920	1080
9	1920	1080
10	1920	1080
11	1920	1080
12	1920	1080
13	1920	1080
14	1920	1080
15	1920	1080
16	1920	1080
17	1920	1080
18	2240	1080
19	1920	1080
20	1920	1080
21	1920	1080
22	1920	1080
23	1920	1080
24	1920	1080
25	1920	1080
26	2240	1080
27	2240	1080
28	2240	1080
29	1920	1080
30	1920	1080
31	2240	1080
32	2240	1080
33	1920	1080
34	1920	1080
35	1920	1080
36	1920	1080
37	2240	1080
38	1920	1080
39	1920	1080
40	1920	1080

Fonte: Elaborado pelo autor

8.6 Resultados do Estudo Experimental

Número de fixações (média ± DP)				
Experiência	**Condição**	**Região**	**Média ± dp**	**n**
0	0	joelho	6.01 ± 4.09	163
0	0	quadril	6.48 ± 4.28	124
0	0	tornozelo	5.71 ± 5.20	80
0	1	joelho	7.27 ± 4.64	164
0	1	quadril	6.34 ± 4.27	99
0	1	tornozelo	5.77 ± 5.30	73
1	0	joelho	6.20 ± 4.70	156
1	0	quadril	8.21 ± 5.71	102
1	0	tornozelo	3.92 ± 3.15	72
1	1	joelho	7.52 ± 4.98	148
1	1	quadril	8.18 ± 5.30	90
1	1	tornozelo	4.29 ± 3.54	68

dur_media (média ± DP)				
Experiência	**Condição**	**Região**	**Média ± DP**	**n**
0	0	joelho	438.60 ± 264.60	163
0	0	quadril	478.88 ± 278.76	124
0	0	tornozelo	497.15 ± 407.17	80
0	1	joelho	423.42 ± 240.02	164
0	1	quadril	497.73 ± 299.25	99
0	1	tornozelo	419.61 ± 314.89	73
1	0	joelho	427.01 ± 236.24	156
1	0	quadril	468.37 ± 238.53	102
1	0	tornozelo	387.73 ± 239.93	72
1	1	joelho	416.91 ± 197.94	148
1	1	quadril	466.46 ± 217.50	90
1	1	tornozelo	428.17 ± 335.45	68

dur_total_ms (média ± DP)				
Experiência	**Condição**	**Região**	**Média ± dp**	**n**
0	0	joelho	2477.41 ± 1845.73	163
0	0	quadril	3031.56 ± 2150.83	124
0	0	tornozelo	2196.76 ± 1539.98	80
0	1	joelho	2826.73 ± 1881.86	164
0	1	quadril	3113.94 ± 2198.19	99
0	1	tornozelo	2075.88 ± 1633.95	73
1	0	joelho	2445.44 ± 1902.44	156
1	0	quadril	3469.61 ± 2134.81	102
1	0	tornozelo	1506.00 ± 1401.08	72
1	1	joelho	2845.07 ± 1809.84	148
1	1	quadril	3590.09 ± 2209.40	90
1	1	tornozelo	1593.01 ± 1355.24	68

Fonte: O autor.

pct_tempo_região de interesse (média ± DP)				
Experiência	**Condição**	**Região**	**Média ± dp**	**n**
0	0	joelho	0.46 ± 0.28	163
0	0	quadril	0.55 ± 0.32	124
0	0	tornozelo	0.40 ± 0.26	80
0	1	joelho	0.53 ± 0.27	164
0	1	quadril	0.58 ± 0.33	99
0	1	tornozelo	0.41 ± 0.29	73
1	0	joelho	0.48 ± 0.30	156
1	0	quadril	0.61 ± 0.31	102
1	0	tornozelo	0.35 ± 0.27	72
1	1	joelho	0.56 ± 0.27	148
1	1	quadril	0.62 ± 0.31	90
1	1	tornozelo	0.40 ± 0.28	68

n_fix (média ± DP)			
Acerto	**Região**	**Média ± dp**	**n**
0	joelho	6.85 ± 4.64	350
0	quadril	7.18 ± 5.09	212
0	tornozelo	5.09 ± 4.54	168
1	joelho	6.61 ± 4.64	281
1	quadril	7.30 ± 4.82	203
1	tornozelo	4.78 ± 4.45	125

rt_ms (média ± DP)				
Experiência	**Condição**	**Região**	**Média ± dp**	**n**
0	0	joelho	5649.93 ± 2300.15	163
0	0	quadril	5772.45 ± 2392.48	124
0	0	tornozelo	5763.14 ± 2178.29	80
0	1	joelho	5570.10 ± 2064.26	164
0	1	quadril	5698.34 ± 2190.56	99
0	1	tornozelo	5434.38 ± 2035.39	73
1	0	joelho	5192.18 ± 2160.95	156
1	0	quadril	5620.99 ± 1981.71	102
1	0	tornozelo	4753.48 ± 1970.87	72
1	1	joelho	5150.74 ± 1748.11	148
1	1	quadril	5440.26 ± 1917.26	90
1	1	tornozelo	4526.84 ± 1562.70	68

dur_media_ms (média ± DP)			
Acerto	**Região**	**Média ± dp**	**n**
0	joelho	415.66 ± 216.62	350
0	quadril	498.19 ± 286.67	212
0	tornozelo	456.75 ± 388.86	168
1	joelho	440.46 ± 258.48	281
1	quadril	457.12 ± 231.61	203
1	tornozelo	405.61 ± 236.13	125

8.7 Desenho do Método do Estudo Experimental

1. Desenho do estudo e variáveis

O processamento computacional foi estruturado para viabilizar a análise de um experimento de julgamento visual de marcha atlética a partir de vídeos, integrando dados de eye-tracking (fixações) com a posição temporalmente sincronizada de articulações (tornozelo, joelho e quadril) rastreadas no Kinovea. O pipeline organiza as variáveis de forma a sustentar os objetivos e hipóteses do estudo (OE1–OE4; H1–H4) por meio de uma tabela final em formato "tidy" (observações por sujeito × vídeo × região) e relatórios de controle de qualidade.

Fator entre sujeitos (between-subjects):

- Experiência (experientes vs. novatos). A variável é anexada por meio de uma tabela externa opcional (--experiencia) que mapeia sujeito_id → experiencia. No código, a coluna é carregada e mesclada por sujeito_id (função enrich_metadata). Quando inexistente ou incompleta, o script preserva experiencia como ausente (NaN), sem imputação.

Fatores intra sujeitos (within-subjects):

- Condição do vídeo (com falta vs. sem falta), obtida de metadados ao nível do vídeo (--metadata, aba "Vídeos").
- Eegião (AOI operacionalizada como tornozelo, joelho, quadril), definida a partir da associação entre a posição da fixação (x,y normalizados) e a posição da articulação correspondente (x,y normalizados) no tempo mais próximo.

Variáveis dependentes (DVs) e unidades:

- n_fix: número de fixações mapeadas para cada região (contagem).
- dur_total_ms: duração total das fixações mapeadas na região, em milissegundos (ms).
- dur_media_ms: duração média das fixações mapeadas na região, em ms.
- pct_tempo_roi: proporção do tempo total de fixação "útil" dentro das três regiões de interesse ocupada por uma região (0–1), calculada a partir de dur_total_ms por vídeo.
- rt_ms: tempo de resposta em ms, proveniente de metadados trial-level (--metadata) e arquivo de janela temporal (--janela).
- acerto: julgamento correto/incorreto (codificado como 1/0 quando disponível no metadado; o script não força recodificação).

Conexão DVs ↔ hipóteses:

- H1 (fixações vs acerto): usa n_fix e dur_media_ms estratificados por acerto (e também por condição quando aplicável).
- H2 (AOIs): usa pct_tempo_roi (e dur_total_ms) comparando região (3 níveis) e experiencia.
- H3 (tempo de resposta): usa rt_ms comparando experiencia e condição.
- H4 (tempo total nas articulações): usa pct_tempo_roi agregado (ou soma dur_total_ms nas três regiões de interesse) comparando experiencia.

Observação: procedimentos experimentais não implementados no script (ex.: calibração do eye-tracker, critérios de exclusão de participantes, instruções aos árbitros) devem ser descritos em outra parte do manuscrito e não são inferidos aqui [NÃO DESCRITO NO CÓDIGO].

---

2. Fontes de dados e formatos

2.1. Eye-tracking: fixações (entrada --zip)

Os dados de eye-tracking são fornecidos como um arquivo ZIP (--zip) contendo planilhas (CSV/XLSX/TXT/TSV) potencialmente heterogêneas. O script:

1. extrai o ZIP (extract_zip),
2. busca arquivos tabulares (find_eye_files) priorizando nomes com “fix”,
3. tenta interpretar cada arquivo como uma tabela de fixações (load_fixations_from_file), ignorando silenciosamente arquivos que não atendam aos requisitos mínimos (ex.: não têm colunas de tempo ou X/Y).

Colunas mínimas exigidas para fixações:

- Coordenadas do olhar em X e Y (várias possibilidades): X, Y, FixationX, FixationY, PointOfRegardX/Y, Visual Intake Position X/Y [px], etc.
- Tempo de início e fim (ou início e duração), em unidades numéricas ou texto parseável, conforme regras abaixo.

2.2. Kinovea (entrada --kinovea)

O arquivo do Kinovea (--kinovea, CSV/XLSX) contém a posição das articulações ao longo do tempo ou por frame. O script aceita dois formatos:

1. Formato longo (uma linha por articulação/joint): exige uma coluna identificando a articulação (ex.: joint, articulação, Name) e colunas de coordenadas X/Y (normalizadas ou em pixels) e, idealmente, t_ms ou frame.

2. Formato largo (colunas separadas por articulação): o script procura pares de colunas X/Y por prefixos equivalentes a tornozelo/joelho/quadril (ex.: tornozelo_x/tornozelo_y, ankle_x/ankle_y, etc.).

Em ambos os casos, as articulações são padronizadas como região ∈ {tornozelo, joelho, quadril} por mapeamento explícito no código.

2.3. Metadados (entrada opcional --metadata)

A entrada --metadata pode ser uma planilha com abas esperadas:

- "Tentativas (trial-level)": contém, por sujeito × tentativa/vídeo, informações como resposta, acerto e rt_ms.
- "Vídeos": contém condição por video_id.

Quando presentes, tais variáveis são mescladas aos dados em etapas específicas (seção 7).

2.4. Janela temporal e RT (entrada opcional --janela)

O arquivo --janela (CSV/XLSX) permite restringir a análise a uma janela válida do vídeo (p.ex., até a resposta), trazendo colunas como t0_ms (início), t_fim_ms (fim) e rt_ms. Esse arquivo é usado para filtrar fixações antes da agregação (seção 6).

2.5. Experiência (entrada opcional --experiencia)

Tabela simples mapeando sujeito_id para experiencia. O script tenta identificar colunas prováveis (ex.: sujeito_id/id e experiencia/grupo/nivel) e então mescla por sujeito_id.

---

3. Pré-processamento do eye-tracking (fixações)

3.1. Leitura e identificação de colunas

Cada arquivo candidato dentro do ZIP é carregado por load_any_table (suporta XLSX/XLS e texto com separadores). Em seguida, load_fixations_from_file identifica dinamicamente:

(a) Tempo de fixação (em ms)

O script contempla dois cenários:

1. Export com campos "Trial Time" e offset: se existirem

Event Start Trial Time [ms], Event End Trial Time [ms] e Export Start Trial Time [ms], o tempo é "recentralizado" subtraindo o offset Export Start Trial Time [ms], produzindo:

- t_start_ms = Event Start Trial Time [ms] - Export Start Trial Time [ms]
- t_end_ms = Event End Trial Time [ms] - Export Start Trial Time [ms]
- dur_ms = max(0, t_end_ms - t_start_ms)

2. Export genérico (Start/End/Duration): o script procura colunas equivalentes (ex.: Start, End, Duration, Event Duration [ms], etc.) e aplica:

- t_start_ms = to_ms(Start)
- t_end_ms = to_ms(End) (ou t_start_ms + dur_ms se só houver duração)
- dur_ms = max(0, t_end_ms - t_start_ms)

A função to_ms aplica duas estratégias:

- Se houver ":" no texto, tenta parsear HH:MM:SS:MS ou MM:SS:MS (parse_time_to_ms).
- Caso contrário, trata como número e usa as_ms, que aplica heurística: se o percentil 95 for < 5000, interpreta como segundos e multiplica por 1000; caso contrário, assume ms.

(b) Coordenadas X/Y do olhar

O script procura colunas equivalentes a X e Y (ex.: X, Y, FixationX, FixationY, etc.). Sem X/Y, o arquivo é rejeitado (erro interno capturado e o arquivo é ignorado).

3.2. Identificação de sujeito e vídeo

O script tenta obter sujeito_id e video_id a partir de colunas explícitas (ex.: participant, Subject, Trial, etc.). Quando ausentes, aplica heurísticas baseadas em regex no caminho/nome do arquivo (parse_subject_video_from_path), buscando padrões como "sujeito12", "subject12", "video3", "trial3". Se necessário, usa números no nome do arquivo como fallback.

Para padronizar video_id, normalize_video_id extrai o último número presente em strings do tipo "Trial001", "V12", etc., retornando uma versão normalizada como string numérica (ex.: "1", "12").

Há ainda um mecanismo de mapeamento de tentativa → vídeo (quando o arquivo traz "trial order" ou id constante): se um trial_video_map for derivado da planilha de metadados (build_trial_video_map), o script tenta substituir o video_idpelo vídeo real com base em (sujeito_id, ordem).

3.3. Normalização espacial (x_norm/y_norm em 0–1)

O script produz x_norm e y_norm com origem topo-esquerda e valores em [0,1] (normalize_xy), com duas possibilidades:

1. Se X/Y já estiverem em escala 0–1: detectado quando min ≥ 0 e max ≤ 1.2; o script mantém e apenas "clippa" em [0,1].
2. Se X/Y estiverem em pixels: o script requer largura/altura (W/H) do vídeo. Essas dimensões podem ser recuperadas de video_dims_map, que pode ser extraído do Kinovea

(build_video_dims_map_from_kinovea) quando o arquivo Kinovea inclui colunas de width/height. Com W e H, aplica:

- x_norm = X / W
- y_norm = Y / H

Inversão do eixo Y (opcional): se o parâmetro --invert_y_eye estiver ativo, o script transforma y_norm = 1 - y_normpara acomodar exports em que Y cresce “para cima”. O próprio pipeline gera um diagnóstico comparando as medianas de distância com Y normal e Y invertido (seção 9), auxiliando a decisão.

3.4. Tempo representativo (t_mid_ms)

Para sincronizar com o Kinovea, cada fixação recebe o tempo do ponto médio:

- t_mid_ms = (t_start_ms + t_end_ms) / 2. Esse valor é usado na associação temporal “nearest” com as articulações.

Ao final do pré-processamento, cada fixação é representada pelas colunas:
[sujeito_id, video_id, t_start_ms, t_end_ms, t_mid_ms, dur_ms, x_norm, y_norm].

---

4. Pré-processamento do Kinovea

4.1. Leitura, identificação de tempo e frame

A função load_kinovea carrega o arquivo e procura:

- frame (ex.: frame, FrameIndex) e
- t_ms/tempo (ex.: time_ms, Time (s), etc.).

Se não existir coluna de tempo, mas existir frame, o tempo pode ser reconstruído posteriormente (seção 4.2).

4.2. Construção de tempo em ms via FPS (quando necessário)

Se t_ms estiver inteiramente ausente no Kinovea, o script cria:

- t_ms = frame * (1000 / fps_default) onde fps_default é parametrizável (--fps, default 30.0) via build_kin_time_if_missing. Isso garante que cada linha do Kinovea tenha um carimbo temporal comparável aos tempos do eye-tracker.

4.3. Normalização espacial (kx/ky em 0–1) e padronização de articulações

O script produz kx e ky para cada articulação. Se as coordenadas já estiverem em 0–1, ele mantém; caso contrário, exige colunas de largura e altura (W/H) para normalizar.

A articulação/joint é mapeada para a variável categórica região usando um dicionário fixo:

- tornozelo (ankle), joelho (knee), quadril (hip). Linhas que não correspondem a essas três regiões são descartadas.

Ao final, o Kinovea fica no formato longo com: [sujeito_id (quando disponível), video_id, frame, t_ms, região, kx, ky].

---

5. Alinhamento temporal e associação fixação → Região de interesse (passo central)

Esta etapa operacionaliza o "local de fixação" (AOI) para H2 e H4, determinando para qual articulação cada fixação é atribuída.

5.1. Estratégia de processamento por sujeito × vídeo

Para evitar combinações excessivas (cartesianas), a função assign_fixations_full processa dados em blocos definidos por sujeito_id e video_id:

- Para cada par (sujeito, vídeo) nas fixações, seleciona as linhas correspondentes no Kinovea.
- Caso o Kinovea não possua sujeito_id (i.e., esteja vazio/NaN), o script faz o pareamento apenas por video_id.

Se não houver Kinovea correspondente para aquele bloco, o script mantém as fixações com região=None e marca que não houve associação (usado em diagnósticos posteriores).

5.2. Sincronização por tempo: merge_asof "nearest"

Para cada região, o script realiza um merge_asof entre:

- fixações ordenadas por t_mid_ms
- Kinovea ordenado por t_ms

Configurações usadas:

- direction="nearest": seleciona o ponto de articulação temporalmente mais próximo.
- tolerance=1000.0 ms: se a distância temporal exceder 1000 ms, a associação temporal é perdida (resultando em t_ms ausente para aquele pareamento).

Assim, cada fixação recebe, para cada região, a posição articular mais próxima no tempo (kx, ky) quando possível.

5.3. Distância espacial e critério de Região de Interesse

Para cada fixação pareada no tempo, calcula-se a distância euclidiana normalizada:

- dist_norm = sqrt((x_norm - kx)^2 + (y_norm - ky)^2)

A fixação é considerada dentro da região de interesse da articulação se:

- inside_roi = (dist_norm <= roi_radius_norm) onde roi_radius_norm é definido por --roi (default 0.06 em coordenadas normalizadas 0–1).

5.4. Resolução final (região "vencedora")

Como uma fixação pode ter distâncias válidas para múltiplas regiões, o script produz duas decisões:

1. Região mais próxima (região_nearest): Entre as três candidatas, seleciona aquela com menor dist_norm (por fixação), gerando:

• região_nearest, dist_norm_nearest, t_ms_nearest, kx_nearest, ky_nearest.

2. Aplicação de teto de plausibilidade (nearest_max): Para reduzir atribuições muito distantes, aplica um limite fixo:

• se dist_norm_nearest > 0.35, então região_nearest é invalidada (definida como ausente).

3. Decisão final "dentro da região de interesse":

• inside_final = (dist_norm_nearest <= roi_radius_norm)

• região_final = região_nearest apenas quando inside_final=True; caso contrário, região_final fica ausente.

Essa lógica produz a variável região como AOI operacionalizada: a fixação só é atribuída como "na articulação" se estiver dentro de um raio normalizado definido.

---

6. Aplicação de janela temporal (quando disponível)

Quando um arquivo --janela é fornecido, o script aplica uma restrição temporal antes da agregação (apply_time_window), com o objetivo de manter apenas fixações dentro de um intervalo válido do vídeo por sujeito × vídeo.

6.1. Construção de limites temporais

O script busca colunas equivalentes a:

• t0_ms (início; se ausente, assume 0 ms),

• t_fim_ms (fim), e

• rt_ms (tempo de resposta).

Em seguida define:

• t_end_valid = t_fim_ms quando presente;

• caso contrário, t_end_valid = rt_ms quando presente;

• se ambos existirem, t_end_valid = min(t_fim_ms, rt_ms).

Todos os tempos são convertidos para ms (as_ms).

6.2. Regra de filtragem

A fixação é mantida (keep=True) se estiver inteiramente contida na janela:

• t_start_ms >= t0_ms e t_end_ms <= t_end_valid (quando t_end_valid existe).

Se não houver t_end_valid para aquele sujeito×vídeo, nenhuma filtragem é aplicada (todas as fixações são mantidas).

Implicação direta: esta etapa afeta n_fix, dur_total_ms e dur_media_ms (e, por consequência, pct_tempo_roi) usados em H1, H2 e H4, garantindo que as métricas reflitam apenas o período considerado válido para julgamento.

---

7. Integração de metadados comportamentais e fatores experimentais

A integração é feita principalmente pela função enrich_metadata, aplicada após a agregação por região de interesse.

7.1. Experiência (between-subjects)

Se --experiencia estiver disponível, o script:

- identifica sujeito_id e a coluna de grupo/experiência,
- renomeia para experiencia,
- converte sujeito_id para string e mescla (merge) por sujeito_id.

Se o arquivo não existir ou não contiver colunas reconhecíveis, experiencia permanece ausente.

7.2. Metadados trial-level: resposta, acerto e RT

Se --metadata existir e contiver a aba “Tentativas (trial-level)”, o script procura colunas equivalentes a:

- resposta (texto/botão),
- acerto (correto/incorreto),
- rt_ms (tempo de reação).

Após padronização de video_id e sujeito_id, a mesclagem ocorre por:

- sujeito_id × video_id.

7.3. Metadados video-level: condição do vídeo

Se --metadata contiver a aba “Vídeos”, o script extrai condição e mescla por:

- video_id.

Em caso de duplicidade (condição_x/condição_y etc.), o script faz combine_first para manter o valor mais informativo.

7.4. Tratamento de dados ausentes

O pipeline não imputa valores. Se condição, acerto, rt_ms ou experiencia não forem encontrados, permanecem como ausentes (NaN). Isso é explicitamente contabilizado no relatório resumo (seção 10 e arquivo relatorio_resumo.md).

---

8. Agregação e construção da tabela final para análise

A função aggregate_long produz a tabela final por sujeito × vídeo × região a partir das fixações associadas às regiões de interesse.

8.1. Regra de inclusão das fixações na análise por região de interesse

Após aplicar (opcionalmente) a janela temporal, o script mantém apenas fixações com região definida. A região usada segue:

- preferencialmente região_final (dentro da região de interesse),
- com fallback para região_nearest quando região_final estiver ausente (quando presente no dataframe).

Em seguida, descarta fixações cuja região permaneça ausente.

8.2. Agregação por sujeito × vídeo × região

A agregação é feita com groupby(["sujeito_id","video_id","região"]), gerando:

- n_fix: número de fixações (size)
- dur_total_ms: soma de dur_ms
- dur_media_ms: média de dur_ms

O rt_ms é então anexado por sujeito×vídeo quando disponível a partir do arquivo --janela (ou, alternativamente, via --metadata quando presente em trial-level).

8.3. Formação do dataset final

O dataset final é salvo como:

- fixacoes_long.csv (e opcionalmente fixacoes_long.xlsx)

Estrutura típica de colunas:

[sujeito_id, experiencia, video_id, condição, resposta, acerto, rt_ms, região, n_fix, dur_total_ms, dur_media_ms]

8.4. Construção de percentuais por região de interesse (pct_tempo_roi)

Para análises de distribuição do olhar entre articulações (H2 e H4), o script deriva métricas adicionais na função build_metrics_table:

1. calcula dur_total_video = soma(dur_total_ms) nas três regiões de interesse por sujeito_id × video_id;
2. calcula pct_tempo_roi = dur_total_ms / dur_total_video (proporção 0–1).

Como isso suporta H1–H4 e OE1–OE4:

- OE1/H3 (tempo de resposta): rt_ms por sujeito×vídeo, comparável por condição e experiencia.
- OE2/H1 (fixações e acerto): n_fix e dur_media_ms estratificados por acerto e experiencia (e por condição, se desejado).

- OE3/H2 (percentual por articulação): pct_tempo_roi (ou dur_total_ms) por região comparando padrões entre grupos.
- OE4/H4 (tempo total nas articulações): soma ou perfil de pct_tempo_roi nas três regiões de interesse comparando experiencia.

---

9. Controle de qualidade e validações automáticas

O pipeline gera arquivos e gráficos de verificação, permitindo rastrear problemas de escala, normalização, sincronização temporal e cobertura de regiões de interesse.

9.1. Normalização espacial

- validacao_normalizacao.txt: reporta proporção de pontos Kinovea e Eye fora de [0,1] e taxa de NaN.
- validacao_kinovea_fora_01.csv e validacao_eye_fora_01.csv: listam linhas fora do intervalo.

9.2. Alinhamento temporal e regiões de interesse

- validacao_alinhamento_delta_ms.csv: estima, por sujeito×vídeo, a distribuição do delta t_mid_ms - t_ms no pareamento “nearest”, reportando mediana/média/desvio-padrão e contagem.
- validacao_overlap_rois.csv: estima sobreposição potencial entre articulações (quando distância entre duas articulações < 2 × roi_radius_norm).
- validacao_relatorio.txt: inclui resumo global e comparação heurística de distância quando Y é invertido vs não invertido (diagnóstico para decidir --invert_y_eye).

9.3. Janela temporal

- validacao_janela_temporal.csv: compara o intervalo de tempos observado nas fixações versus limites de janela (t0/t_fim) e sinaliza possíveis desalinhamentos (“janela_fora”).

9.4. Escala de tempo

- validacao_escala_tempo.csv e validacao_escala_tempo.txt: comparam a faixa temporal de Eye vs Kinovea (range em ms) por sujeito×vídeo e sinalizam suspeitas quando a razão for extrema (ex.: >10× ou <0.1×), além de casos sem tempo.

9.5. Diagnóstico de zero fixações mapeadas

- diagnostico_zero_fixacoes.csv: identifica sujeito×vídeo com n_fix_mapeadas=0 e sugere causas prováveis (ex.: sem dados eye, sem Kinovea correspondente, merge temporal falhou, região de interesse pequena, discrepância de escala temporal).