



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

TÚLIO BERNARDO MACEDO ALFANO MOURA

**DESEMPENHO DO SPRINT EM VELOCISTAS
BRASILEIROS DE ALTO RENDIMENTO:
VARIABILIDADE DE MOVIMENTO, COORDENAÇÃO E
EFEITO DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE
AQUECIMENTO NO DESEMPENHO**

Londrina
2022

TÚLIO BERNARDO MACEDO ALFANO MOURA

**DESEMPENHO DO SPRINT EM VELOCISTAS
BRASILEIROS DE ALTO RENDIMENTO:
VARIABILIDADE DE MOVIMENTO, COORDENAÇÃO E
EFEITO DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE
AQUECIMENTO NO DESEMPENHO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Educação Física associado UEL/UEM, da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Educação Física.

Orientador: Prof. Felipe Arruda Moura

Londrina
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Moura, Túlio Bernardo Macedo Alfano.

Desempenho do sprint em velocistas brasileiros de alto rendimento: variabilidade de movimento, coordenação e efeito de diferentes protocolos de aquecimento no desempenho / Túlio Bernardo Macedo Alfano Moura. - Londrina, 2022.
141 f.

Orientador: Felipe Arruda Moura.

Tese (Doutorado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Educação Física e Esportes, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2022.

Inclui bibliografia.

1. Sprint - Tese. 2. Desempenho - Tese. 3. Biomecânica - Tese. 4. Aquecimento em atletas - Tese. I. Moura, Felipe Arruda. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Educação Física e Esportes. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Título.

CDU 796

TÚLIO BERNARDO MACEDO ALFANO MOURA

**DESEMPENHO DO SPRINT EM VELOCISTAS
BRASILEIROS DE ALTO RENDIMENTO:
VARIABILIDADE DE MOVIMENTO, COORDENAÇÃO E
EFEITO DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE
AQUECIMENTO NO DESEMPENHO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Educação Física associado UEL/UEM, da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Educação Física.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Felipe Arruda Moura
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Victor Hugo Alves Okazaki
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Claudio Alexandre Gobatto
Universidade Estadual de Campinas - UniCamp

Prof. Dr. Alessandro Moura Zagatto
Universidade Estadual Paulista - UNESP

Prof. Dr. Paulo Roberto Pereira Santiago
Universidade de São Paulo - USP

Londrina, 12 de maio de 2022.

DEDICATÓRIA

À minha família, a qual me ensinou a desejar, trabalhar e realizar.

AGRADECIMENTOS

Este é um trabalho feito por várias mãos e quatro patas.

Agradeço:

Aos pais, Neilton Moura e Liége Macedo por todo o incentivo, confiança, cuidado e educação que sempre me deram. Obrigado por me ensinar a autoconfiança e superar adversidades de peito aberto. Problemas existem e nós somos as escolhas que fazemos. Se eu cheguei até aqui, é porque vocês construíram bases fortes.

Aos avós, que me ensinaram desde cedo sobre a importância dos estudos e que o melhor para se estar é com sua família. Isso aqui é para vocês.

Aos irmãos, Thiago, Matheus e Renato, por serem meus espelhos.

À Joelma (Jô), que sempre cuidou de mim e auxiliou em minha criação. Obrigado por toda preocupação, toda conversa e todo carinho.

A Deus, por sempre estar comigo e me conduzir até aqui. Dei trabalho, mas aqui estamos.

Aos docentes que contribuíram para toda a minha formação, desde a graduação até agora.

Aos amigos, pelos incentivos, conversas, broncas e “ombros” emprestados. Como diz Emicida, “quem tem um amigo tem tudo”.

Ao meu orientador Felipe Arruda Moura. Obrigado por não desistir de mim quando eu mesmo pensei em desistir. Você é gigante Felipe e foi uma honra aprender e trabalhar com você.

Ao Núcleo de Alto Rendimento Esportivo (NAR-SP), que me deu mais do que um local de trabalho, mas uma casa. Obrigado Irineu, Dafani, Lucas e Valter.

À Jaqueline, que me auxiliou no amadurecimento e foco.

À Nala, a beagle que é a dona da casa e do sofá. Todo momento com a Nala é bom.

A todos que participaram da coleta, muito obrigado pela participação e ajuda.

Ao Fernando de Oliveira. Que você esteja vendo daí de cima...muito obrigado.

A todos que me ensinaram que nós somos o que queremos ser.

“Todo aperto sempre será pouco.”

Fernando de Oliveira

MOURA, Túlio Bernardo Macedo Alfano. **Desempenho do sprint em velocistas brasileiros de alto rendimento**: variabilidade de movimento, coordenação e efeito de diferentes protocolos de aquecimento no desempenho. 2022. 140 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

RESUMO

O *sprint* é uma atividade extensivamente pesquisada na literatura. No entanto, a diversidade de métodos, amostras e intervenções utilizadas dificulta a aplicação de práticas especificamente voltadas à atletas velocistas de alto rendimento no atletismo. Portanto, compreender como variáveis biomecânicas e fatores intervenientes atrelados ao desempenho, como o aquecimento, influenciam a corrida de atletas de alto rendimento pode auxiliar na adoção de práticas que visem melhores desempenhos. Assim, o objetivo desta tese foi caracterizar o *sprint* de atletas brasileiros velocistas de alto rendimento, com relação às diferentes fases da corrida de velocidade, variabilidade de movimento por método de análise não-linear e coordenação, além de verificar o efeito de diferentes protocolos de atividade condicionante sobre o *sprint* de velocistas brasileiros de elite. Para isto, foram realizadas 4 etapas, a saber: 1- Realização de uma Revisão Sistemática sobre os fatores intervenientes no *sprint*, de acordo com a fase de corrida; 2- Caracterização da variabilidade de movimento e coordenação no *sprint* em atletas de diferentes níveis no *sprint*; 3- Identificação dos métodos de aquecimento adotados por treinadores brasileiros de elite na prova dos 100 metros rasos; 4- Análise do efeito de diferentes atividades condicionantes no *sprint* de velocistas na modalidade de atletismo. A Revisão Sistemática foi realizada de acordo com os protocolos do PRISMA e caracterizou variáveis cinemáticas e dinâmicas em cada fase do *sprint*. Na etapa 02, 14 atletas homens (20.86 ± 4.01 anos, 1.75 ± 0.07 m, 68.64 ± 7.21 Kg, tempo nos 100 metros = $10.69 \sim 11.70$ s) realizaram três *sprints* de 50 metros. Os indivíduos foram divididos em dois grupos, de acordo com o melhor tempo alcançado. A variabilidade de movimento das articulações do quadril, joelho e tornozelo foram mensuradas por meio da entropia, enquanto o padrão de coordenação foi verificado por meio da técnica de Vector Coding. Foi verificado que atletas mais lentos apresentaram maior variabilidade de movimento para a articulação do joelho, quando comparados aos seus pares mais rápidos. No entanto, não foram identificadas diferenças coordenativas entre os grupos. Na etapa 03 foi identificado os protocolos de aquecimento adotados por treinadores brasileiros de elite na prova dos 100 metros rasos por meio de um questionário. Os treinadores reportaram utilizar corrida de intensidade leve, alongamento dinâmico, exercícios coordenativos e *sprints* no aquecimento, sendo semelhante em competições-alvo e não-alvo. Além disto, os profissionais entrevistados não utilizam exercícios com pesos durante a rotina de aquecimento. Por conseguinte, na etapa 4, participaram 13 atletas homens (25.07 ± 4.90 anos; 73.69 ± 9.26 kg; 1.78 ± 0.06 m; tempo nos 100 m: $10.57 \sim 11.70$) em período competitivo. Foi avaliado o efeito de duas atividades condicionantes (*Jump Squat* com *Optimum Power Load* e *Jump Squat* com 80%RM) sobre o salto vertical, *sprint* de 50 metros e propriedades contráteis dos músculos Reto Femoral e Bíceps Femoral. As atividades condicionantes não melhoraram o desempenho subsequente nas variáveis analisadas. No entanto, foram verificadas mudanças individuais nas variáveis CMJ e *sprint*, sem distinção de

exercício de aquecimento e intervalo entre atividade condicionante e tarefa subsequente. Portanto, nesta tese, foi encontrado que as variáveis biomecânicas apresentam diferentes influências de acordo com a fase do *sprint* analisada. Além disto, a coordenação de membros inferiores foi similar mesmo em *sprinters* de diferentes níveis de desempenho, enquanto a variabilidade de movimento foi maior para articulação do joelho em *sprinters* mais lentos, sendo justificada pela tentativa do sistema motor em se adaptar às magnitudes das forças externas durante a progressão de passos na corrida. Por conseguinte, a adoção de atividades condicionantes que potencializem o desempenho subsequente no *sprint* deve ser utilizada considerando possíveis mudanças individuais.

Palavras-chave: sprint; atletismo; variabilidade; entropia; potencialização.

MOURA, Túlio Bernardo Macedo Alfano. **Sprint performance in Brazilian elite sprinters: movement variability, coordination and the effect of different conditioning activities protocols on performance.** 2022. 140 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

ABSTRACT

The sprint is extensively searched in literature. However, several methods, samples and interventions utilized hamper the application of specific practices related to sprinters in Track and Field. Thus, to understand as biomechanical variables and intervenient factors associated to performance, as the warm-up, influence the sprint of elite athletes may help in the use of practices that aim better performances. Therefore, the objective of this thesis was to characterize the sprint of Brazilian athletes, related to the different sprint phases, movement variability by nonlinear methods and coordination, in addition to verify the effect of different conditioning activities on sprint performance. Were performed 4 studies: 1- A Systematic Review about the intervenient factors of sprint, according to sprint phase; 2- Characterization of movement variability and coordination in the sprint of athletes with different performance levels; 3- Identification of warm-up methods adopted by Brazilian sprint coaches; 4- Analysis of the conditioning activities effects on sprint. The Systematic Review was performed according to PRISMA guidelines and characterized the dynamic and kinematic variables in each sprint phase. In the study 2, 14 men athletes (20.86 ± 4.01 years, 1.75 ± 0.07 m, 68.64 ± 7.21 Kg, 100 m mark = $10.69 \sim 11.70$ s) performed three 50-m sprints. The subjects were divided in two groups, according to the best mark in the task. The movement variability in the hip, knee and ankle joints were measured by Sample Entropy, whilst the coordination pattern was verified by Vector Coding technique. Was verified that slower athletes presented great movement variability in the knee joint, compared to faster athletes. However, were not identified differences in coordination between groups. In the study 3, the warm-up protocols adopted by sprinters coaches were identified. The coaches reported utilize jogging, dynamic stretching, coordinative running exercises and sprints during the warm-up, being similar in events with different levels. In addition, the coaches do not use free-weight exercises during the warm-up routine. Consequently, in the study 4, 13 men athletes (25.07 ± 4.90 years; 73.69 ± 9.26 kg; 1.78 ± 0.06 m; 100 m mark: $10.57 \sim 11.70$) in competitive period, participated. Was verified the effect of 2 conditioning activities (Jump Squat with Optimum Power Load and Jump Squat with 80%RM) on vertical jump, 50-m sprint and contractile properties of Rectus Femoris and Biceps Femoris muscles. The conditioning activities does not improve the subsequent performance in the variables analyzed. Nevertheless, were verified individual changes in the CMJ and sprint, without conditioning activity and interval distinction. Therefore, in this thesis, was found that biomechanical variables presented different influences according to the sprint phase. Further, the lower limbs coordination was similar between sprinters with different performance levels, whilst the movement variability was greater to knee joint in slower sprinters, justified by the attempt of motor system to adjust the external forces magnitudes during the running progression. Consequently, the adoption of conditioning activities that potentiate the subsequent sprint performance it must be utilized considering possible individual changes.

Key-words: sprint; track and field; variability; entropy; postactivation performance enhancement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Fluxograma do processo de seleção de artigos (PRISMA).....	28
Figura 2	– Representação (em %) da avaliação de Risco de Viés dos estudos analisados (n = 103)	29
Figura 3	– Risco de viés para cada questão apresentada na avaliação de risco de viés para os estudos analisados (n = 103)	29
Figura 4	– Posicionamento dos sensores inerciais para análise cinemática...	72
Figura 5	– Ângulo-ângulo (quadril Joelho) para o atleta A e atleta B nos diferentes trechos do sprint	77
Figura 6	– Porcentagem de participação de cada tipo de movimento dos sprinters (n = 14) para os diferentes trechos do sprint para o acoplamento quadril-joelho	78
Figura 7	– Porcentagem de participação de cada tipo de movimento dos <i>sprinters</i> dos diferentes grupos (<i>Top 7</i> e <i>Last 7</i>) para os diferentes trechos do sprint para o acoplamento quadril-joelho	78
Figura 8	– Ângulo-ângulo (joelho tornozelo) para o atleta A e atleta B nos diferentes trechos do sprint	80
Figura 9	– Porcentagem de participação de cada tipo de movimento dos <i>sprinters</i> (n = 14) para os diferentes trechos do sprint para o acoplamento joelho-tornozelo	81
Figura 10	– Porcentagem de participação de cada tipo de movimento dos <i>sprinters</i> dos diferentes grupos (<i>Top 7</i> e <i>Last 7</i>) para os diferentes trechos do sprint para o acoplamento joelho-tornozelo	82
Figura 11	– Aquecimento para velocistas brasileiros de elite da prova de 100 metros rasos realizado antes de sessões de treinamento de velocidade de acordo com os técnicos entrevistados	94
Figura 12	– Design do estudo	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Avaliação do Risco de viés	26
Tabela 2	– Síntese dos artigos da fase <i>Sprint Start</i> (n = 27).....	31
Tabela 3	– Síntese dos artigos da <i>Acceleration phase</i> (n = 28).....	37
Tabela 4	– Síntese dos artigos da Constant Speed Phase (n = 10)	44
Tabela 5	– Síntese dos artigos da <i>Deceleration phase</i> (n = 4)	46
Tabela 6	– Síntese dos artigos – <i>Not Specified</i> (n = 38).....	47
Tabela 7	– Categorização dos padrões de coordenação.....	74
Tabela 8	– Desempenho dos <i>sprinters</i> , tempo em segundos (média ± desvio-padrão) dos diferentes grupos nos diferentes trechos do sprint	76
Tabela 9	– Entropia dos <i>sprinters</i> (média ± desvio-padrão) dos diferentes grupos nos diferentes trechos do sprint	76
Tabela 10	– Caracterização da amostra	90
Tabela 11	– Práticas de aquecimento adotadas por treinadores de velocistas de elite.....	91
Tabela 12	– Valores de CMJ (média, desvio-padrão e porcentagem de diferença do coeficiente de variação) dos <i>sprinters</i> para as diferentes atividades condicionantes e momentos apresentados	108
Tabela 13	– Valores do <i>sprint</i> (parcial de 10 m) (média, desvio-padrão e porcentagem de diferença do coeficiente de variação) dos <i>sprinters</i> para as diferentes atividades condicionantes e momentos apresentados.....	109
Tabela 14	– Valores do <i>sprint</i> (parcial de 30 m) (média, desvio-padrão e porcentagem de diferença do coeficiente de variação) dos <i>sprinters</i> para as diferentes atividades condicionantes e momentos apresentado.....	110
Tabela 15	– Valores do <i>sprint</i> (parcial de 50 m) (média, desvio-padrão e porcentagem de diferença do coeficiente de variação) dos <i>sprinters</i> para as diferentes atividades condicionantes e momentos apresentado.....	111
Tabela 16	– Valores dos parâmetros neuromusculares do Bíceps Femoral mensurados pela TMG, em média (desvio-padrão) dos	

sprinters para as diferentes atividades condicionantes e momentos apresentados.....112

Tabela 17 – Valores dos parâmetros neuromusculares do Reto Femoral mensurados pela TMG, em média (desvio-padrão) dos *sprinters* para as diferentes atividades condicionantes e momentos apresentados.....112

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PAPE	Potencialização do Desempenho Pós-Ativação
AC	Atividade condicionante
P	Presente
A	Ausente
DL	Descrição Limitada
CoM	Centro de Massa
FP	Frequência de passo
CP	Comprimento do passo
SampEn	Sample Entropy
VC	Vector Coding
OPL	Optimum Power Load
JS	Jump Squat
TMG	Tensiomiografia
CMJ	Salto vertical com contra-movimento
HS	Half-Squat

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	17
2	OBJETIVOS	21
2.1	GERAL	21
2.2	ESPECÍFICOS	21
3	ESTUDO 01: VARIÁVEIS BIOMECÂNICAS DETERMINANTES PARA O DESEMPENHO EM CADA FASE DO SPRINT NO ATLETISMO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	22
3.1	INTRODUÇÃO	23
3.2	MÉTODO	24
3.2.1	Bases de Dados e Estratégia de Busca	24
3.2.2	Seleção de Estudos.....	24
3.2.3	Extração dos Dados	25
3.2.4	Avaliação do Risco de Viés	25
3.3	RESULTADOS.....	27
3.3.1	Análise de Viés.....	29
3.3.2	Características dos Estudos	30
3.4	DISCUSSÃO	54
3.4.1	<i>Sprint Start</i>	54
3.4.2	<i>Acceleration Phase</i>	57
3.4.3	<i>Constant Speed Phase</i>	61
3.4.4	<i>Deceleration Phase</i>	64
3.5	CONCLUSÃO	65
4	ESTUDO 02: ANÁLISE DA ENTROPIA E COORDENAÇÃO DE MEMBROS INFERIORES EM ATLETAS DE DIFERENTES NÍVEIS NO SPRINT	67
4.2	MÉTODOS.....	70
4.2.1	Participantes.....	70
4.2.2	Local de Realização do Estudo	70
4.2.3	Instrumentos.....	70

4.2.4	Procedimentos Experimentais	71
4.2.5	Processamento de Dados	72
4.2.6	Entropia	73
4.2.7	Vector Coding (VC).....	74
4.2.8	Análise Estatística	75
4.3	RESULTADOS.....	75
4.5	CONCLUSÃO	86
5	ESTUDO 03: CARACTERIZAÇÃO DO AQUECIMENTO DE VELOCISTAS BRASILEIROS DE ELITE PARA SESSÕES DE TREINAMENTO E COMPETIÇÕES DE VELOCIDADE: UM QUESTIONÁRIO COM TÉCNICOS	87
5.1	INTRODUÇÃO	88
5.2	MÉTODOS.....	89
5.2.1	Participantes.....	89
5.2.2	Procedimentos Experimentais	90
5.2.3	Análise de Dados.....	91
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	92
5.4	CONCLUSÃO	98
6	ESTUDO 04: EFEITO PÓS-ATIVIDADES CONDICIONANTES NA POTENCIALIZAÇÃO DO DESEMPENHO NO SPRINT EM VELOCISTAS NO ATLETISMO.....	99
6.1	INTRODUÇÃO	100
6.2	MÉTODOS.....	101
6.2.1	Participantes.....	101
6.2.2	Local de Realização do Estudo	102
6.2.3	Instrumentos.....	102
6.2.4	Desenho do Estudo	102
6.2.5	Procedimentos Experimentais	103
6.2.6	Análise Estatística	106
6.3	RESULTADOS.....	107
6.4	DISCUSSÃO	113
6.5	CONCLUSÃO	115

7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	116
	REFERÊNCIAS.....	118
	APÊNDICES.....	135
	APÊNDICE 1 – Cálculo dos ângulos anatômicos de acordo com MyoMotion Software.....	135
	APÊNDICE 2 – TCLE 1 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	137
	APÊNDICE 3 – TCLE 3 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	139

1 INTRODUÇÃO GERAL

O *sprint* é uma atividade extensivamente pesquisada na literatura nos mais variados contextos (ČOH, 2019; JUDSON et al., 2019; MERO et al., 1992). Estudos apresentam dados referentes aos efeitos de determinadas intervenções no *sprint* (KARTAGES et al., 2019; PIPER et al., 2020) e relação de variáveis cinemáticas e dinâmicas para o desempenho da amostra escolhida (HAUGEN et al., 2018a; MORIN et al., 2011; YU et al., 2016). No atletismo, o *sprint* na prova dos 100 metros rasos pode ser dividido em quatro fases, a saber: Fase de Saída de Bloco, Fase de Aceleração, Fase de Velocidade Constante e Fase de Desaceleração (MERO et al., 1992). O tempo que o atleta desempenha na atividade é influenciado pelas ações realizadas em cada uma destas fases (BISSAS et al., 2017). Assim, estudos procuram descrever a ação de atletas no *sprint* com o objetivo de explicitar fatores que podem influenciar no desempenho. Em contrapartida, a grande variedade de métodos e amostras pode confundir praticantes e profissionais da área sobre quais variáveis podem ser consideradas determinantes em cada uma das fases do *sprint*.

Sobre as variáveis utilizadas, até aqui pouco se sabe sobre a variabilidade de movimento por meio de análises não-lineares e a coordenação em *sprinters*. A variabilidade de movimento está associada às mudanças funcionais decorrentes de propriedades do sistema neuro-motor e pode ser mensurada por métodos lineares e não-lineares (HARBOURNE & STERGIOU, 2009; PREATONI et al., 2010), enquanto a coordenação está relacionada ao controle dos graus de liberdade envolvidos em um movimento específico para ação como uma unidade (articulações, segmentos, músculos, unidades motoras), sob a perspectiva dos Sistemas Dinâmicos (BERNSTEIN, 1967). Os aspectos cinemáticos e dinâmicos, apesar de importantes, podem não representar todo o padrão de movimento realizado na tarefa (STERGIOU & DECKER, 2011). Estudos verificaram que a variabilidade de movimento e a análise da coordenação em atividades do atletismo podem auxiliar na compreensão de diferenças entre atletas de diferentes níveis de desempenho (PREATONI et al., 2010; WILSON et al., 2008). Desta forma, considerando que estas variáveis apresentam informações sobre a organização do sistema motor em uma tarefa (PREATONI et al., 2010; VAN EMMERIK et al., 2016),

conhecer estes aspectos em velocistas pode induzir à mínima mudança de resultado necessária que pode levar o atleta a melhores desempenhos em competições.

O desempenho de atletas no *sprint* também pode ser influenciado por atividades realizadas antes da tarefa, como o aquecimento. De forma geral, o aquecimento é amplamente recomendado por aumentar a temperatura muscular e preparar músculos e articulações para a atividade subsequente (MCGOWAN et al., 2015). Para melhorar o desempenho, podem ser utilizadas atividades condicionantes específicas de acordo com a natureza da tarefa a ser realizada (PRIESKE et al., 2020), como a utilização de exercícios com pesos com carga máxima ou submáxima e atividades pliométricas (SEITZ & HAFF, 2016). A melhora de desempenho ocasionada por estes métodos é conhecida como Potencialização Pós-ativação.

A potencialização é explicada por mecanismos fisiológicos como a fosforilação da miosina regulatória de cadeia leve, a qual influencia a formação de pontes cruzadas no processo de contração muscular, e o aumento de temperatura muscular (BATISTA et al., 2010; BLAZEVOICH & BABAUULT, 2019). Entretanto, estudos recentes recomendam a adoção de uma nova terminologia, denominada Potencialização do Desempenho Pós-Ativação (PAPE), para este método, uma vez que grande parte dos estudos avaliam o desempenho na tarefa subsequente por meio de variáveis específicas (BOULLOSA et al., 2020; PRIESKE et al., 2020), como o tempo em *sprint*, a distância em saltos horizontais e a altura em saltos verticais (SEITZ & HAFF, 2016) ao invés da mensuração direta da capacidade contrátil do músculo (PRIESKE et al., 2020). É conhecido na literatura que a manifestação da PAPE depende do método de aquecimento utilizado.

Foi verificado que o tempo no *sprint* de 20 m foi reduzido após aquecimento com saltos pliométricos em atletas (SHARMA et al., 2018). O desempenho também foi melhorado após a utilização de *sprints* resistidos como AC (SMITH et al., 2014a). O desempenho no *sprint* foi melhor após a realização do exercício *hip-thrust* com cargas ótimas para maximização da potência (DELLO IACONO & SEITZ, 2018). Em contrapartida, não foi verificado aumento no desempenho em *sprints* curtos após aquecimento com meio-agachamento (*Half Squat*) (BEATO et al., 2019). O *sprint* de 20 metros também não foi mais rápido após AC com *Kettlebell* (KARTAGES et al., 2019). Além dos diferentes métodos adotados, é importante salientar que a principal medida utilizada para avaliação no

desempenho foi o tempo do *sprint* com análises em grupo, sem considerar mudanças reais individuais. Uma vez que *sprinters* de alto rendimento no atletismo apresentam pouca variação (em %) de suas marcas em temporada e que pequenas mudanças podem alterar o resultado competitivo (HOPKINS, 2004; MIYAMOTO & YANAGIYA, 2016), caracterizar as variáveis que determinam cada fase no *sprint*, verificar possíveis diferenças na variabilidade de movimento e coordenação entre atletas de diferentes níveis de desempenho, além de compreender os efeitos de diferentes tipos de aquecimento sob a perspectiva de análises individuais, pode auxiliar no detalhamento de fatores intervenientes biomecânicos para esta atividade em atletas velocistas de alto rendimento.

Portanto, o objetivo desta tese foi caracterizar o *sprint* de atletas brasileiros velocistas de alto rendimento, com relação às diferentes fases da corrida de velocidade, variabilidade de movimento por método de análise não-linear e coordenação, além de verificar o efeito de diferentes protocolos de atividade condicionante sobre o *sprint* de velocistas brasileiros de elite. Foram levantadas duas hipóteses, a saber: 1- atletas de melhor nível de desempenho apresentarão maior variabilidade de movimento e diferentes estratégias coordenativas em relação aos atletas com pior nível de desempenho; 2- haverá melhora de desempenho no *sprint* após realização de atividades condicionantes, verificadas por meio de análises individuais. Esta tese tem potencial para apresentar aos profissionais e pesquisadores da área uma caracterização dos aspectos intervenientes em biomecânica que podem auxiliar no desenvolvimento de práticas para a melhora do desempenho no *sprint*. Para isto, este trabalho será dividido em quatro etapas, compostos por quatro estudos.

No primeiro estudo foi realizada uma Revisão Sistemática para descrever e analisar as variáveis biomecânicas consideradas determinantes em cada fase do *sprint* (Fase de Saída de Bloco, Fase de Aceleração, Fase de Velocidade Constante e Fase de Desaceleração). O segundo estudo caracterizou a variabilidade de movimento e padrão de coordenação no *sprint* de velocista de diferentes níveis de desempenho no atletismo. O terceiro estudo consistiu na identificação dos protocolos de aquecimento adotados por treinadores brasileiros de elite na prova dos 100 metros rasos. O quarto estudo verificou o efeito de diferentes protocolos de aquecimento no desempenho de *sprinters*. Compreendendo a importância destes estudos, determinados aspectos relacionados ao desempenho

no *sprint* ainda não parecem claros na literatura, como a caracterização das variáveis em cada fase do *sprint*, a relação entre variabilidade de movimento e desempenho na corrida e quais métodos de aquecimento podem auxiliar na potencialização desta atividade em atletas velocistas de alto rendimento.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

- Caracterizar o *sprint* de atletas brasileiros velocistas de alto rendimento, com relação às diferentes fases da corrida de velocidade, variabilidade de movimento, coordenação e verificar o efeito de diferentes protocolos de atividade condicionante sobre o *sprint*.

2.2 ESPECÍFICOS

- Descrever as variáveis biomecânicas consideradas determinantes em cada fase do *sprint*.
- Caracterizar a variabilidade de movimento e padrão de coordenação no *sprint* de velocistas de diferentes níveis no atletismo.
- Identificar os protocolos de aquecimento adotados por treinadores brasileiros de elite na prova dos 100 metros rasos.
- Verificar o efeito de diferentes atividades condicionantes no *sprint* de atletas velocistas no atletismo.

3 ESTUDO 01: VARIÁVEIS BIOMECÂNICAS DETERMINANTES PARA O DESEMPENHO EM CADA FASE DO SPRINT NO ATLETISMO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

RESUMO

Estudos sobre *sprint* apresentam diversas variáveis e metodologias para análise biomecânicas em diferentes fases da corrida. A variabilidade na amostra e distâncias analisadas podem impedir que os resultados dos estudos sejam aplicados em atletas de atletismo. Portanto, o objetivo desta revisão sistemática foi caracterizar as variáveis biomecânicas determinantes para cada fase do *sprint*. Quatro bases eletrônicas foram utilizadas (MEDLINE, Web of Science, SportDiscus e Scopus). Apenas estudos relacionados à biomecânica do *sprint* em atletas velocistas de atletismo foram selecionados. Após identificação, seleção e processo de elegibilidade dos artigos, 103 estudos foram incluídos para síntese qualitativa e avaliação do risco de viés. Os estudos foram classificados em diferentes fases do *sprint*, de acordo com a descrição da tarefa pelos autores de cada estudo analisado (*sprint start* = 27; *acceleration phase* = 28; *constant speed phase* = 10; *deceleration phase* = 4; *not specified* = 38). Fatores como posição do centro de massa, tempo de contato, força aplicada no bloco traseiro e a capacidade do atleta em gerar grandes quantidades de força no menor tempo possível, influenciam o desempenho na fase de saída de bloco (*Sprint Start*). A fase de aceleração (*Acceleration*) é caracterizada pela transição entre frequência do passo e comprimento do passo, força propulsiva e minimização da força de frenagem. Conseqüentemente, direcionar a força resultante o mais verticalmente possível na fase de frenagem e horizontalmente na fase propulsiva pode influenciar a fase de velocidade constante na corrida. A diminuição da frequência do passo e aumento do tempo de contato influencia a fase de desaceleração.

Palavras-chave: Sprint. Aceleração. Velocidade. Atletismo

3.1 INTRODUÇÃO

O *sprint* é uma das habilidades do Atletismo no esporte olímpico. (THING & SCHEER, 2020). O objetivo desta atividade é percorrer distâncias curtas o mais rápido possível. Na literatura, o *sprint* é composto por diferentes fases, as quais possuem características específicas. (MERO et al., 1992; YU et al., 2016). Tem sido sugerido que o desempenho de um atleta em cada fase influencia o resultado de uma prova. Assim, estudos têm verificado as diferentes demandas de cada fase com o intuito de melhorar o treinamento e, conseqüentemente, o desempenho (BISSAS et al., 2017).

São conhecidas quatro fases no *sprint*: Fase de Saída de Bloco; Fase de Aceleração; Fase de Velocidade Constante; e Fase de Desaceleração (MERO et al., 1992). Variáveis dinâmicas como a aplicação de força de reação do solo, torque e momentos articulares são analisadas em variadas distâncias de *sprint* em diferentes fases (MORIN et al., 2012; YU et al., 2016). Variáveis cinemáticas, como o comprimento de passo e frequência de passo são considerados descritores da velocidade máxima atingida pelo atleta durante a corrida (SALO et al., 2011). Além disto, tempos parciais durante a prova dos 100 metros são registrados para comparar desempenhos entre atletas em competições importantes (FERRO et al., 2001; GRAUBNER & NIXDORF, 2009; MISJUK & VIRU, 2011). Por conseguinte, são utilizadas velocidades angulares para análise da posição no bloco de partida e desenvolvimento de velocidade máxima (HAUGEN et al., 2018a; MILANESE et al., 2014; SLAWINSKI et al., 2010).

A diversidade de variáveis e metodologias utilizadas para análise biomecânica do *sprint* em suas diferentes fases dificulta a compreensão dos fatores intervenientes em cada fase da corrida. Além disto, a variabilidade no tipo de amostra (diversas modalidades e esportes) impede que os resultados de vários estudos sejam aplicáveis para *sprinters*, os quais são considerados mais proficientes nesta tarefa (KUNZ & KAUFMANN, 1981). No entanto, o número significativo de estudos permite a realização de uma revisão sistemática para caracterizar as variáveis biomecânicas determinantes analisadas em cada fase do *sprint*.

Até onde sabemos, esta é a primeira revisão sistemática que separa a análise do *sprint* em fases determinadas da corrida em *sprinters* no atletismo. Este estudo fornecerá base científica para futuras investigações que objetivam melhorar o

desempenho atlético no *sprint*, modificando uma ou mais variáveis e adotando métodos de treinamento e outras formas específicas de intervenção de acordo com as características de cada atleta.

Considerando o desempenho no *sprint* como um resultado das interações entre as diferentes fases, em que um erro mínimo em um trecho específico pode determinar a posição dos atletas em um evento competitivo, esta revisão sistemática objetivou descrever e analisar as variáveis biomecânicas consideradas determinantes em cada fase do *sprint*, de acordo com Mero et al. (1992).

3.2 MÉTODO

3.2.1 Bases de Dados e Estratégia de Busca

Esta revisão foi realizada de acordo com o *checklist* PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses*) (PAGE et al., 2021). O protocolo desta revisão sistemática foi pré-registrado no Open Science Framework (osf.io/gjc2e). Uma pesquisa sistemática em quatro bases eletrônicas foi realizada: MEDLINE, Web of Science, SportDiscus e Scopus, desde o primeiro ano de registro das bases até Março de 2021. As palavras-chave e uma estratégia de busca geral é apresentada a seguir: ("track & field" OR athletics) AND (sprinter OR sprinting) AND (motor ability testing OR performance OR biomechanics OR kinematic OR kinetic OR training OR muscle OR neuromuscular OR muscle activation OR power OR warm-up OR sprint).

3.2.2 Seleção de Estudos

Primeiramente, referências duplicadas foram removidas. Dois avaliadores (TBMAM e JCL) independentes excluíram títulos com base nos seguintes critérios: 1- Estudos que envolviam reabilitação; 2- estudos que não abordaram aspectos biomecânicos do *sprint*; 3- estudos que não utilizaram atletas velocistas no atletismo; 4- estudos com animais; 5- resumos ou trabalhos publicados em anais de eventos. As discordâncias entre os dois avaliadores foram analisadas por um terceiro avaliador independente (FAM).

Na segunda fase, análise de resumos, os seguintes critérios foram adotados: 1- falta de relevância para o tema e 2- estudos sem *sprinters* do atletismo. Os estudos foram classificados de acordo com as fases da corrida descritas em cada pesquisa nas seções de Métodos, Resultados e Discussão – “*sprint start*”, “*acceleration phase*”, “*constant speed phase*” e “*deceleration phase*” (MERO et al., 1992). Estudos sem distinção de fases foram classificados como “*Not Specified*”. Artigos completos foram avaliados para elegibilidade. Estudos sem coleta de dados em *sprint*, revisões, *sprints* realizados em esteiras, amostras com atletas masters, e estudos que objetivaram validação instrumental biomecânica foram excluídos.

3.2.3 Extração dos Dados

Os dados extraídos de cada artigo incluíram: autoria, ano de publicação e variáveis analisadas relacionadas ao *sprint*. De acordo com a descrição das distâncias percorridas no *sprint*, os estudos eram alocados em diferentes classificações, a saber: *Sprint Start*, *Acceleration Phase*, *Constant Speed Phase* e *Deceleration phase*. Apenas as variáveis mensuradas diretamente da corrida foram extraídas.

3.2.4 Avaliação do Risco de Viés

Uma ferramenta de avaliação de risco de viés foi desenvolvida baseada nas recomendações do STROBE (Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology) e em uma revisão sistemática em Biomecânica (PETERS et al., 2010). A ferramenta utilizada para analisar os estudos é apresentada na Tabela 1. No total, 13 questões foram organizadas com três opções de resposta: P = Presente, A = Ausente, DL = Descrição Limitada. A análise incluiu informações apresentadas na Introdução, Métodos, Resultados, Discussão e Conclusão dos artigos selecionados. A avaliação auxiliou em compreender os potenciais e limitações dos estudos analisados nesta revisão sistemática.

Tabela 1. Avaliação do Risco de viés

Risk of bias analysis in systematic review

Q1	Is there in the abstract an explanation of what has been done and found?
Q2	Are the objectives clearly stated?
Q3	Were participant characteristics adequately described?
Q4	Was the Biomechanics Analysis equipment clearly described?
Q5	Were the biomechanics equipments set ups and data collection procedures clearly described?
	Kinematics: Marker locations, spatial model and sample frequency. Electromyography: sensor locations recommendations and sample frequency.
	Kinetics: Sample frequency
Q6	Were movement tasks clearly defined?
Q7	Were the all variables clearly described?
Q8	Were the measures control described (reproducibility, accuracy...)?
Q9	Were the data processing methods used clearly described?
Q10	Were the statistical tools used clearly described?
Q11	Were the main outcomes of the study clearly stated and related to the study's objective?
Q12	Were limitations of the study clearly described?
Q13	Were conclusions drawn from the study clearly stated?

P (Presente); A (Ausente); DL (Descrição Limitada)

Fonte: o próprio autor.

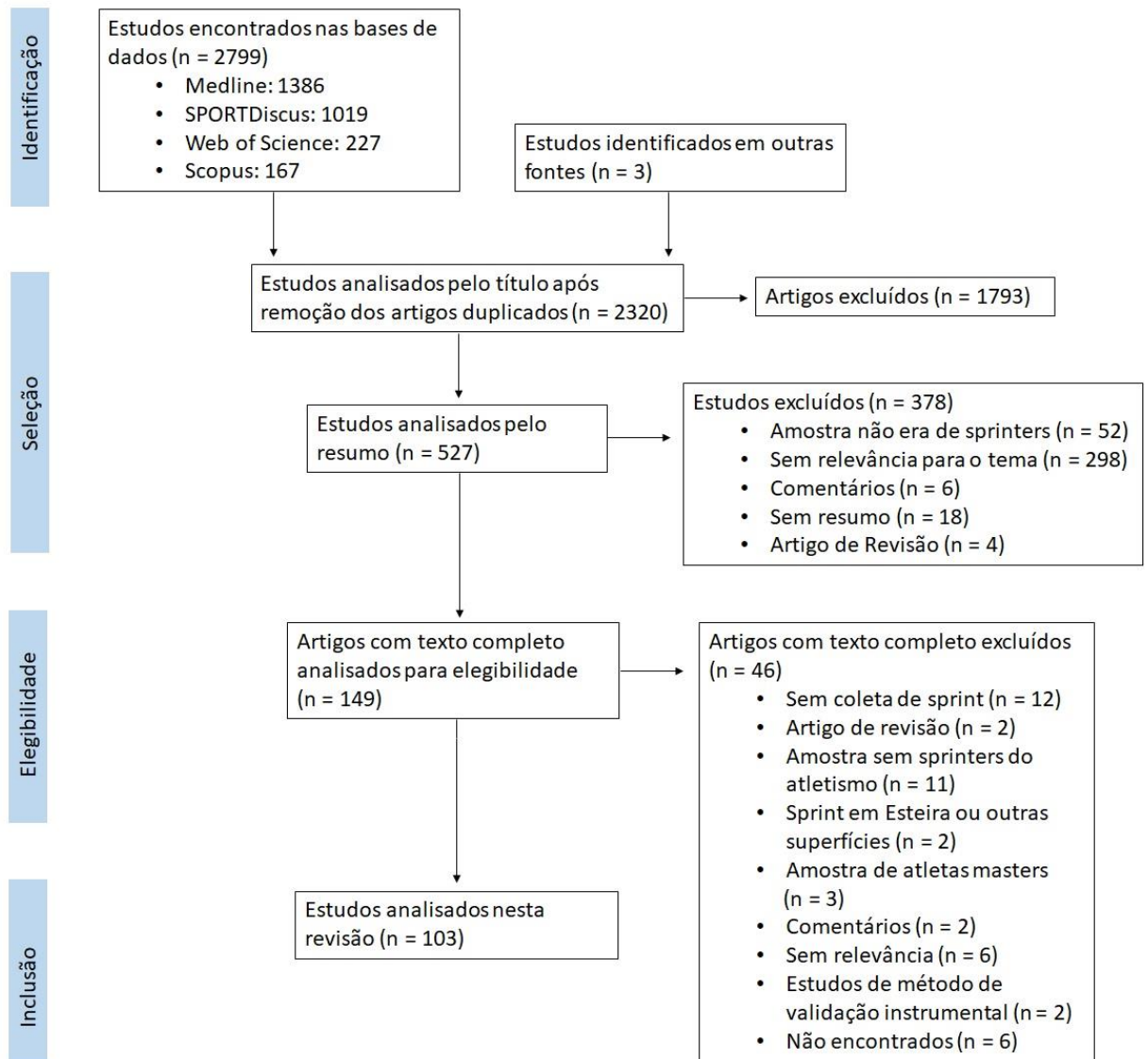
3.3 RESULTADOS

A pesquisa identificou 2799 artigos. Foram acrescentados 3 artigos por meio de pesquisas manuais e alertas gerados pelas bases de dados após o período de buscas. Foram retirados 482 estudos duplicados. Após análise de títulos, foram analisados 527 resumos, restando 149 estudos para leitura na íntegra. No total, 103 artigos foram utilizados para análise nesta revisão sistemática. A Figura 1 apresenta o fluxograma do PRISMA e o processo de seleção de artigos.

Na fase *Sprint Start*, variáveis espaço-temporais, como tempo de reação, o tempo de contato nos passos subsequentes na saída do bloco de partida, a força de reação do solo, variáveis angulares (ângulos, momentos e velocidades), e variáveis relacionadas ao centro de massa (posição de partida, velocidade horizontal e vertical) são as mais descritas nos estudos analisados.

A fase de aceleração apresenta variáveis diferentes associadas ao desempenho quando comparada à primeira fase da corrida. A frequência do passo, comprimento do passo, velocidade do *sprint* e variáveis relacionadas ao impulso, como impulso na fase de frenagem e fase de propulsiva, são as variáveis mais estudadas. Na fase de velocidade constante, as variáveis espaço-temporais biomecânicas são destacadas (velocidade do *sprint*, frequência do passo, comprimento do passo e tempo do *sprint*). Nesta revisão, poucos estudos exploraram a fase de desaceleração ($n = 4$). Apesar da variedade de variáveis biomecânicas, medidas como a velocidade do *sprint*, tempo de contato, tempo de voo e velocidade horizontal do centro de massa (CoM) são as mais utilizadas para descrever esta fase.

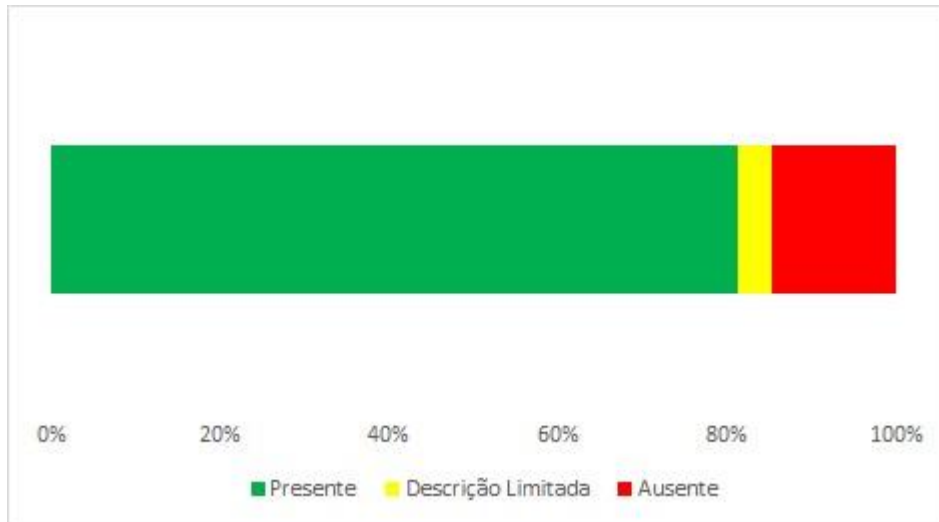
Figura 1. Fluxograma do processo de seleção de artigos (PRISMA).



3.3.1 Análise de Viés

A análise de risco de viés é apresentada a seguir:

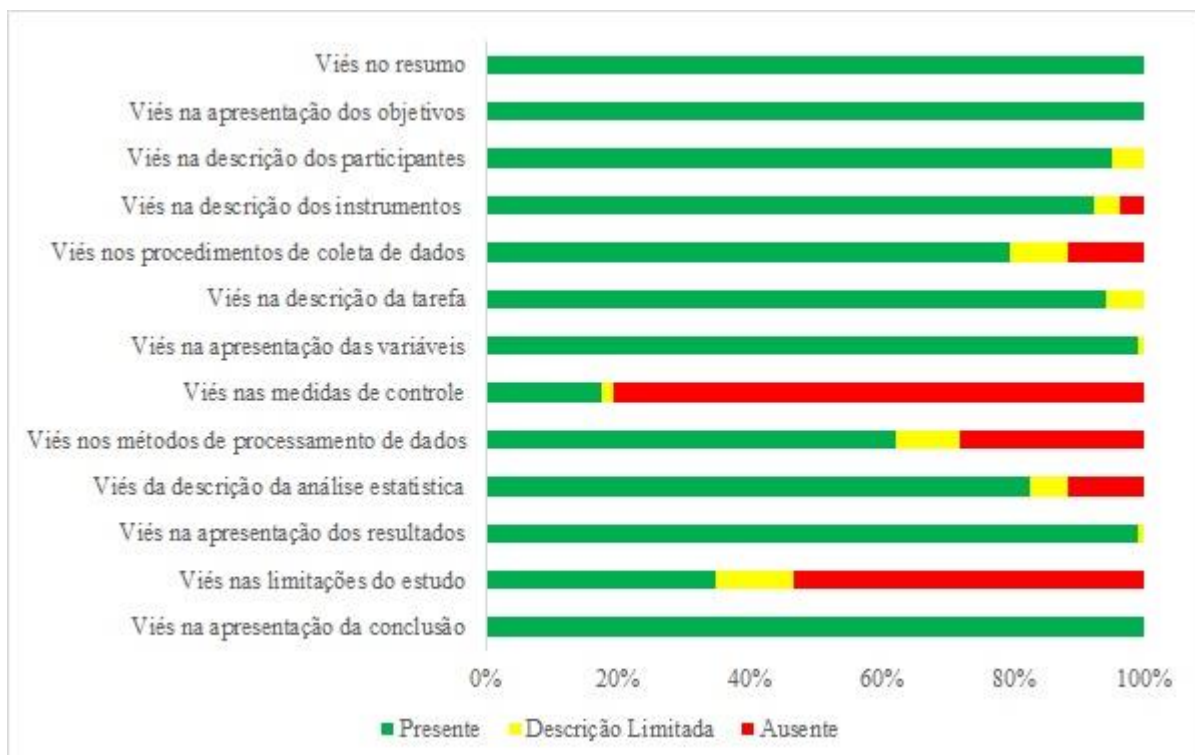
Figura 2 – Representação (em %) da avaliação de Risco de Viés dos estudos analisados (n = 103).



Legenda: verde – presença de informação; amarelo – descrição limitada; vermelho – ausência de informação.

Fonte: o próprio autor.

Figura 3 – Risco de viés para cada questão apresentada na avaliação de risco de viés para os estudos analisados (n = 103).



Legenda: verde – presença de informação; amarelo – descrição limitada; vermelho – ausência de informação.

Fonte: o próprio autor.

Na Figura 3, características de viés em medidas de controle (ex.: reprodutibilidade, acurácia) e a ausência de informação sobre as limitações dos estudos foram os vieses mais verificados. Informações básicas como objetivos, descrição dos participantes, procedimentos de coleta de dados, ferramentas estatísticas, resultados e conclusão foram apresentadas na maioria dos estudos selecionados.

3.3.2 Características dos Estudos

Os dados extraídos e a avaliação de risco de viés dos 103 estudos analisados são apresentados nas tabelas: 2 (*Sprint Start*), 3 (*Acceleration phase*), 4 (*Constant Speed*), 5 (*Deceleration*) e 6 (*Not Specified*).

Tabela 2. Síntese dos artigos da fase *Sprint Start* (n = 27)

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Aeles et al. (2018)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Velocidade horizontal do CoM, Tempo de Contato, Força de Reação do Solo, Stiffness, Ângulos articulares, Momentos articulares, Comprimento da unidade musculotendínea	10 m
Bezodis et al. (2015)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	DL	P	Velocidade angular articular, Ângulo na posição inicial do Bloco, Amplitude de movimento na saída do bloco, Tempo de voo na saída de bloco, Comprimento do passo, Distância no touchdown, Ângulo articular no touchdown	30 m
Bezodis et al. (2014)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Ângulos articulares, Velocidade angular articular, Momento articular, Potência articular, Potência horizontal externa, Força de frenagem, Força propulsiva, Trabalho articular, Distância no touchdown, Velocidade no touchdown	30 m
Bezodis et al. (2019b)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Potência horizontal externa, Força resultante no bloco traseiro, Força resultante no bloco dianteiro, Força de Reação do Solo	0 a 60 m
Borysiuk et al. (2018)	P	P	P	P	P	P	P	A	DL	P	P	A	P	Tempo de reação, Tempo no sprint, Tempo de contato, Ativação muscular de membros inferiores	30 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 2. Síntese dos artigos da fase *Sprint Start* (n = 27) – continuação

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Bradshaw et al. (2007)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	Tempo no sprint, Ângulo articular, Ângulo no Push-off, Tempo no bloco de partida, Velocidade angular, Comprimento de passada, Frequência de passada, Velocidade de passada	10 m
Brazil et al. (2017)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	Ângulo articular, Velocidade angular, Momento articular, Potência articular, Trabalho articular	10 m
Brazil et al. (2018)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Força horizontal, Momento articular, Potência articular	10 m
Charalambous et al. (2012)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Ângulo articular, Velocidade articular, Força de reação do solo, Momento articular, Potência articular, Tempo de contato, Velocidade vertical do CoM, Velocidade horizontal do CoM, Tempo no sprint, Velocidade no sprint, Stiffness	Aproximadamente 10 m
Chen et al. (2016)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	Altura do CoM, Velocidade vertical do CoM, Velocidade resultante do CoM, Comprimento do passo, Velocidade linear do pé, Ângulo articular, Ângulo de saída do bloco	60 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 2. Síntese dos artigos da fase *Sprint Start* (n = 27) – continuação

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Ciacci et al. (2010)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	A	P	Ângulo articular, Distância entre o CoM e a linha de partida, Altura do CoM na posição inicial, Duração da fase propulsiva, Velocidade horizontal do CoM, Velocidade vertical do CoM, Tempo de voo na saída de bloco, Tempo de contato, Comprimento de passada	15 m
Čoh et al. (2009)	P	P	P	P	DL	DL	P	A	DL	DL	P	DL	P	Velocidade de saída do bloco, Velocidade de corrida, Força aplicada no bloco traseiro, Força aplicada no bloco dianteiro, Impulso no bloco traseiro, Impulso no bloco dianteiro	Apenas saída do bloco
Collet (1999)	P	P	DL	A	A	P	P	A	A	DL	P	A	P	Tempo de reação	100 m
Debaere et al. (2013a)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Ângulo articular, Velocidade angular, Velocidade do CoM, Momento articular, Potência articular, Velocidade vertical	10 m
Haugen et al. (2013)	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	P	A	P	Tempo de reação	100 m
Haugen et al. (2012)	P	P	P	P	DL	P	P	P	A	P	P	A	P	Velocidade do sprint, Tempo de Reação	40 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 2. Síntese dos artigos da fase *Sprint Start* (n = 27) – continuação

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Macadam et al. (2019)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Tempo no sprint, Comprimento do passo, Largura do passo, Frequência do passo, Tempo de voo, Tempo de contato, Impulso na fase propulsiva, Impulso na fase de frenagem, Impulso anteroposterior, Impulso médio-lateral, Impulso vertical	30 m
Milanese et al. (2014)	P	P	P	P	P	P	P	A	LD	P	P	A	P	Impulso, Velocidade do CoM, Ângulo no push-off, Velocidade horizontal nos 2 primeiros passos, Distância entre a saída do bloco e o primeiro passo, Tempo de impulso no bloco traseiro.	Apenas saída de bloco
Otsuka et al. (2014)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	Força de reação do solo, Impulso, Tempo de voo, Tempo de balanço, Comprimento do passo, Largura do passo, Tempo de apoio	10 m
Otsuka et al. (2015)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	Tempo no sprint, Tempo de reação, Aceleração, Impulso, Potência, Ângulo Articular, Momento articular, Velocidade angular	10 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 2. Síntese dos artigos da fase *Sprint Start* (n = 27) – continuação

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Piechota et al. (2017)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Ativação muscular de membros superiores e inferiores	30 m
Sandamas et al. (2019)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	Largura do passo, Comprimento do passo, Tempo no bloco de partida, Tempo de contato, Velocidade do CoM, Força de reação do solo, Impulso anteroposterior, Impulso na fase de frenagem, Impulso na fase propulsiva, Impulso vertical, Impulso médio-lateral	15 m
Schot and Knutzen (1992)	P	P	P	P	LD	P	P	A	P	P	P	A	P	Força de reação do solo, Impulso, Tempo de apoio, Posição inicial do CoM, Posição do CoM na saída do bloco, Velocidade na saída do bloco, Velocidade no 1º passo, Comprimento do passo, Distância do touchdown	Saída de bloco
Slawinski et al. (2010)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Velocidade angular articular, Energia Cinética	10 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 2. Síntese dos artigos da fase *Sprint Start* (n = 27) – continuação

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Slawinski et al. (2012)	P	P	P	P	P	P	P	A	DL	P	P	P	P	Tempo de reação, Tempo de saída de bloco, Tempo no 1° passo, Tempo no sprint, Posição do CoM, Velocidade do CoM	10 m
Slawinski et al. (2013)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Tempo de saída do bloco; Tempo no 1° passo, Velocidade angular	10 m
Čoh et al. (2017)	P	P	P	P	P	P	P	A	DL	P	P	P	P	Força aplicada no bloco dianteiro, Força aplicada no bloco traseiro, Impulso total, Impulso horizontal, Impulso vertical, Impulso no bloco dianteiro, Impulso no bloco traseiro, Tempo de reação, Tempo no bloco de partida, Tempo de reação no bloco dianteiro, Tempo de reação no bloco traseiro, Velocidade de saída do bloco, Aceleração no bloco, Comprimento do passo, Tempo de contato	4 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 3. Síntese dos artigos da *Acceleration phase* (n = 28).

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Bezodis et al. (2012)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Momento articular, Potência articular, Trabalho articular, Ângulo articular	30 m
Chatzilazaridis et al. (2012)	P	P	P	P	DL	P	P	A	A	P	P	A	P	Tempo no sprint, Velocidade de corrida, Frequência do passo, Frequência de passada	40 m
Ciacci et al. (2010)	P	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	Tempo de contato, Posição horizontal do CoM, Posição vertical do CoM, Velocidade vertical do CoM, Ângulo articular, Aceleração horizontal do CoM	25 m
Colyer et al. (2018)	P	P	P	P	P	P	P	DL	P	P	P	A	P	Força de reação do solo, Velocidade do passo, Velocidade Horizontal, Tempo de contato, Frequência do passo	60 m
Corbí-Santamaría (2018)	P	P	P	P	DL	P	P	P	A	P	P	P	P	Tempo no sprint, Frequência do passo, Comprimento do passo, Tempo de contato	40 m
Ema et al. (2018)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	Força de reação do solo, Momento articular, Velocidade do CoM, Ângulo articular	50 m
Ettema et al. (2016)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Comprimento do passo, Tempo de voo, Tempo de contato, Velocidade horizontal, Ângulo de aceleração, Posição vertical do CoM	25 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 3. Síntese dos artigos da *Acceleration phase* (n = 28) – continuação.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Haugen et al. (2018a)	P	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	Velocidade do passo, Comprimento do passo, Frequência do passo, Tempo de contato, Tempo de voo, Ângulo articular, Ângulo do touchdown, Velocidade angular, Velocidade de corrida	20 m e 20 m com saída lançada
Haugen et al. (2018b)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Comprimento do passo, Frequência do passo, Tempo de contato, Tempo de voo, Ângulo no touchdown, Ângulos articulares, Amplitude de movimento da coxa, Velocidade angular horizontal	20 m saída lançada
Higashihara et al. (2015a)	P	P	DL	P	P	DL	P	A	DL	P	P	P	P	Velocidade da corrida, Ângulo articular, Ativação muscular de membros inferiores	100 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 3. Síntese dos artigos da *Acceleration phase* (n = 28) – continuação.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Jacobs and van Ingen Schenau (1992)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	A	P	A	P	Ângulo articular, Momento articular, Ativação muscular de membros inferiores, Posição do CoM, Força de reação do solo	40 m
Johnson e Buckley (2001)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	DL	P	DL	P	Ângulo articular, Momento articular, Potência muscular	35 m
Jonhagen et al (1996)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	A	P	A	P	Ativação muscular de membros inferiores, Tempo no sprint	30 m saída lançada
Loturco et al. (2015a)	P	P	P	P	A	P	P	A	A	P	P	A	P	Velocidade da corrida	50 m
Mackala et al. (2015)	P	P	P	P	DL	DL	P	A	A	P	P	P	P	Comprimento de passo, Frequência do passo, Velocidade de corrida	10 m, 30 m e 100 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 3. Síntese dos artigos da *Acceleration phase* (n = 28) – continuação.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Nagahara et al. (2014a)	P	P	P	P	P	P	P	DL	P	P	P	P	P	Tempo no sprint, Velocidade de corrida, Comprimento do passo, Frequência de passo, Tempo do passo, Tempo de apoio, Ângulo articular, Altura do CoM	60 m
Nagahara et al. (2014b)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Tempo de sprint, Velocidade de corrida, Comprimento do passo, Frequência do passo, Tempo de Apoio, Tempo de voo	60 m
Nagahara et al. (2018c)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	DL	P	Velocidade da corrida, Comprimento do passo, Frequência do passo, Tempo de apoio, Tempo de Voo, Distância para a linha de partida, Impulso na fase propulsiva, Impulso na fase de frenagem, Impulso anteroposterior, Impulso vertical, Força propulsiva, Força na fase de frenagem, Força anteroposterior, Força vertical	60 m
Nagahara et al. (2017b)	P	P	DL	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	Posição do CoM, Largura do passo, Velocidade da corrida, Comprimento do passo, Frequência do passo, Tempo de apoio, Fase de voo, Impulso, Impulso na fase de frenagem, Impulso propulsivo	60 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 3. Síntese dos artigos da *Acceleration phase* (n = 28) – continuação.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Nagahara et al. (2018a)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	Velocidade da corrida, Ângulo articular, Ângulos absolutos	60 m
Nagahara et al. (2017a)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	Potência articular, Trabalho articular, Velocidade da corrida, Velocidade angular articular, Momento articular	60 m
Nagahara e Zushi (2017)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Velocidade da corrida, Comprimento do passo, Frequência do passo, Tempo de apoio, Tempo de voo, Força de reação do solo, Ângulo articular, Momento articular, Stiffness	60 m
Nagahara et al. (2021)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	Força de reação do solo, Velocidade da corrida, Aceleração, Força anteroposterior, Força vertical, Força na fase de frenagem, Força propulsiva	60 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 3. Síntese dos artigos da *Acceleration phase* (n = 28) – continuação.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Sado et al. (2017)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Ângulo articulação, Força, Potência articular, Velocidade angular articular, Velocidade de corrida, Torque articular, Impulso, Trabalho	50 m
Smith et al. (2012)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Velocidade de corrida, Potência articular, Momento Articular, Energia da articulação, Amplitude de movimento articular	55 m
Smith et al. (2014b)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	Velocidade da corrida, Ângulo articular, Momento articular, Potência, Velocidade angular articular, Amplitude de movimento articular	55 m
Wild et al. (2018)	P	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	A	P	Tempo de contato, Fase de voo, Comprimento do Passo, Frequência do passo, Velocidade do passo, Potência horizontal externa, Distância no touchdown	30 m a 60 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 3. Síntese dos artigos da *Acceleration phase* (n = 28) – continuação.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Nagahara et al. (2020)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Velocidade da corrida, Comprimento do passo, Frequência do passo, Aceleração, Tempo de apoio, Tempo de voo, Duração da fase de frenagem, Duração da fase propulsiva, Força anteroposterior, Força na fase de frenagem, Força propulsiva, Impulso vertical, Impulso na fase de frenagem, Impulso na fase propulsiva, Potência horizontal externa	60 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 4. Síntese dos artigos da *Constant Speed Phase* (n = 10).

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Bushnell and Hunter (2007)	P	P	P	P	P	P	P	A	A	P	P	A	P	Velocidade horizontal, Ângulo articular, Tempo de contato, Comprimento de passada, Posição do CoM no touchdown	60 m
Exell et al. (2017)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	Velocidade, Ângulo articular, Comprimento do passo, Velocidade do passo, Frequência do passo, Mínima altura do quadril, Distância no touchdown, Impulso Horizontal, Impulso vertical, Força de reação do solo, Trabalho articular, Momento articular	60 m
Kunz and Kaufmann (1981)	P	P	P	P	P	P	P	A	A	A	P	DL	P	Comprimento do passo, Tempo de contato, Ângulo do touchdown, Ângulo da coxa, Aceleração angular, Tempo no sprint	100 m
Lai et al. (2016)	P	P	DL	P	P	P	P	A	P	P	P	DL	P	Ativação muscular, Trabalho, Velocidade de contração, Potência, Comprimento muscular, Energia Elástica	40 m
Mann and Sprague (1980)	P	P	P	P	P	P	P	A	DL	A	P	A	P	Velocidade, Tempo de contato, Momento articular	100 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 4. Síntese dos artigos da *Constant Speed Phase* (n = 10).

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Otsuka et al. (2016)	P	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	Frequência do passo, Tempo de apoio, Tempo de voo, Tempo no sprint, Velocidade de corrida	100 m
Paradisis et al. (2019)	P	P	P	P	P	P	P	A	A	P	P	P	P	Tempo do passo, Tempo de contato, Duração da fase de frenagem, Duração da fase propulsiva, Tempo de Voo, Tempo da passada, Tempo de balanço, Comprimento do passo, Comprimento do contato, Frequência do passo, Velocidade de corrida, Ângulo articular, Stiffness	35 m
Sado et al. (2019)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	Comprimento do passo, Frequência do passo, Torque lombossacral, Potência lombossacral	Aproximadamente 40 m
Ward-Smith (2001)	P	P	P	A	A	P	P	A	P	A	P	A	P	Tempo no sprint, Velocidade da corrida, Recuperação da Energia Cinética, Tempo para atingir a velocidade constante	100 m
Douglas et al. (2020)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	Tempo de contato, Tempo de voo, Frequência do passo, Comprimento do passo, Stiffness	50 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 5. Síntese dos artigos da *Deceleration phase* (n = 4).

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Čoh (2019)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	A	P	DL	P	Comprimento do passo, Duração da fase de contato, Duração da fase de voo, Frequência do passo, Duração da fase de frenagem, Duração da fase propulsiva, Altura do CoM, Velocidade horizontal do CoM, Velocidade vertical do CoM, Ângulo no toe-off, Ângulo articular, Velocidade horizontal do pé, Deslocamento horizontal do CoM	100m
Čoh (2018)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	A	P	A	P	Tempo no sprint, Tempo de reação, Velocidade, Número de passos, Frequência do passo, Comprimento do Passo, Tempo de voo, Tempo de contato, Fase de frenagem, Fase propulsiva, Deslocamento vertical do CoM, Força máxima, Velocidade horizontal, Velocidade cumulativa, Ângulo articular	100m
Misjuk e Viru (2011)	P	P	P	DL	A	P	P	A	A	DL	P	A	P	Velocidade de corrida	100m
Slawinski et al. (2017)	P	P	P	P	A	P	P	A	A	P	P	A	P	Velocidade de corrida, Aceleração, Desaceleração, Força horizontal, Potência	100m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 6. Síntese dos artigos – *Not Specified* (n = 38).

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Alt et al. (2015)	P	P	P	P	P	P	P	A	A	P	P	A	P	Velocidade de corrida, Comprimento do passo, Tempo de apoio, Tempo de voo, Frequência do passo, Ângulo articular	Aproximadamente 40 m
Blikslager and de Poel (2017)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Fase relativa, Fase relativa contínua, Ângulo articular, Frequência do passo	100 m
Čoh (2019)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	A	P	DL	P	Comprimento do passo, Duração da fase de contato, Duração da fase de voo, Frequência do passo, Duração da fase de frenagem, Duração da fase propulsiva, Altura do CoM, Velocidade horizontal do CoM, Velocidade vertical do CoM, Ângulo no toe-off, Ângulo articular, Velocidade horizontal do pé, Deslocamento horizontal do CoM	100 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 6. Síntese dos artigos – *Not Specified* (n = 38) – continuação.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Čoh (2018)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	A	P	A	P	Tempo no sprint, Tempo de reação, Velocidade, Número de passos, Frequência do passo, Comprimento do Passo, Tempo de voo, Tempo de contato, Fase de frenagem, Fase propulsiva, Deslocamento vertical do CoM, Força máxima, Velocidade horizontal, Velocidade cumulativa, Ângulo articular	100 m
Debaere et al. (2013b)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	A	P	Tempo de reação, Velocidade na saída de bloco, Aceleração na saída do bloco, Aceleração, Velocidade de corrida, Tempo no sprint, Frequência do passo, Comprimento do passo, Tempo de contato, Fase de voo	60 m
Dorn et al. (2012)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	Velocidade da corrida, Comprimento do passo, Frequência do passo, Tempo de contato, Força muscular, Trabalho	Aproximadamente 110 m
Frishberg (1983)	P	P	P	P	P	P	P	A	A	DL	P	A	P	Velocidade da corrida, Comprimento do passo, Frequência do passo	100 jardas

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 6. Síntese dos artigos – *Not Specified* (n = 38) – continuação.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Gittoes and Wilson (2010)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Ângulo articular, Tempo do passo, Velocidade angular, Fase relativa contínua	Aproximadamente 70 m
Higashihara et al. (2015b)	P	P	P	P	P	P	P	A	A	P	P	P	P	Velocidade da corrida, Ângulo do Tronco, Ângulo do Tilt Pélvico, Ângulo articular, Comprimento musculotendíneo	15 m a 60 m – saída lançada
Higashihara et al. (2018)	P	P	P	P	P	DL	P	A	P	P	P	A	P	Ativação muscular, Ângulo articular, Torque articular, Velocidade da corrida	15 m a 40 m – saída lançada
Huang et al. (2013)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	DL	P	Torque articular, Força de Reação do Solo, Torque muscular	40 m – saída lançada
Hutem et al. (2017)	P	P	P	A	A	P	P	A	DL	P	P	A	P	Tempo no sprint, Velocidade da corrida	100 m
Janowski et al. (2017)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	A	P	P	P	Ângulo articular, Tempo no bloco de partida, Tempo no sprint, Aceleração	20 m
Krell and Stefanyshyn (2006)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	Movimento da articulação metatarsofalângica, Velocidade de extensão da articulação metatarsofalângica, Ângulo do touchdown	100 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 6. Síntese dos artigos – *Not Specified* (n = 38) – continuação.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Macadam et al. (2020)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	A	P	Tempo no sprint, Velocidade do passo, Comprimento do Passo, Largura do passo, Frequência do passo, Tempo de voo, Tempo de contato, Impulso na fase propulsiva, Impulso na fase de frenagem, Impulso total, Stiffness vertical	50 m
Maćkała and Mero (2013)	P	P	P	P	A	P	P	A	A	P	P	A	P	Tempo no sprint, Velocidade da corrida, Frequência do passo, Número de passos, Comprimento do passo	100 m
Mann and Hagy (1980)	P	P	DL	DL	A	DL	P	A	A	A	P	A	P	Comprimento do passo, Cadência, Velocidade da corrida, Amplitude de movimento articular, Ativação muscular	Aproximadamente 45 m
Mattes et al. (2014)	P	P	P	P	P	P	P	A	DL	P	P	A	P	Velocidade do passo, Comprimento do passo, Frequência do passo, Fase de voo	30 m saída lançada
Misjuk and Viru (2011)	P	P	P	DL	A	P	P	A	A	DL	P	A	P	Velocidade da corrida	100 m
Morin et al. (2012)	P	P	P	P	P	P	P	A	A	P	P	P	P	Velocidade da corrida	100 m
Morin et al. (2011)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	Força de reação do solo, Potência, Tempo de Contato, Fase de Voo, Frequência do passo, Potência Horizontal, Velocidade da corrida	100 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 6. Síntese dos artigos – *Not Specified* (n = 38) – continuação.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
Nagahara et al. (2018b)	P	P	P	P	P	P	P	A	DL	P	P	P	P	Velocidade da corrida, Aceleração, Impulso, Força de reação do solo, Frequência do passo, Comprimento do passo, Força propulsiva, Força na fase de frenagem	60 m
Nummela et al. (1994)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	DL	P	Velocidade da corrida, Comprimento do passo, Frequência do passo, Tempo de contato, Fase de frenagem, Fase propulsiva, Força resultante, Ativação muscular de membros inferiores	20 m saída lançada
Pilianidis et al. (2012)	P	P	P	DL	A	P	P	A	A	P	P	A	P	Tempo de reação, Tempo no sprint	100 m; 200 m
Salo et al. (2011)	P	P	P	P	DL	P	P	A	A	P	P	A	P	Comprimento do passo, Frequência do passo, Tempo do sprint	100 m
Santiesteban et al. (2018)	P	P	P	P	DL	DL	DL	A	A	DL	P	A	P	Tempo no sprint, Ângulo do touchdown, Altura do CoM, Ângulo dos braços	100 m
Schache et al. (2011)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	Torque articular, Trabalho articular, Potência articular	Aproximadamente 80 m
Schache et al. (2012)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	Velocidade da corrida, Comprimento musculotendíneo, Potência muscular, Trabalho	Aproximadamente 80 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 6. Síntese dos artigos – *Not Specified* (n = 38) – continuação.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
--	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----------	-----------

Simonsen et al. (1985)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	A	DL	A	P	Comprimento muscular, Ângulo articular, Velocidade angular, Aceleração angular, Momento, Força de reação do solo, Velocidade da corrida, Aceleração, Ativação muscular	100 m
Slawinski et al. (2017)	P	P	P	P	A	P	P	A	A	P	P	A	P	Velocidade de corrida, Aceleração, Desaceleração, Força horizontal, Potência	100 m
Smirniotou et al. (2008)	P	P	P	DL	A	P	P	P	A	P	P	P	P	Tempo de Reação, Tempo no sprint	100 m
Stefanyshyn and Nigg (1997)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	A	P	DL	P	Momento da articulação metatarsofalângica, Energia articular, Potência	Não determinada
Taylor and Beneke (2012)	P	P	P	A	A	P	P	A	A	P	P	DL	P	Tempo do passo, Frequência do passo, Stiffness, Deslocamento do CM	100 m
Treize et al. (2011)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	A	P	Tempo no sprint, Fase continua relativa, Velocidade angular articular	80 m
Varlet and Richardson (2015)	P	P	P	P	DL	P	P	A	A	A	P	A	P	Fase relativa	100 m

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

Tabela 6. Síntese dos artigos – *Not Specified* (n = 38) – continuação.

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Variáveis	Distância
--	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----------	-----------

von Lieres Und Wilkau et al. (2020)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	DL	P	Tempo no sprint, Tempo de reação, Velocidade do passo, Comprimento do passo, Frequência do passo, Tempo de contato, Tempo do voo, Distância no touchdown, Distância percorrida na fase de voo, Ângulos absolutos	50 m
Young et al. (1995)	P	P	P	P	P	P	P	A	A	P	P	A	P	Tempo no sprint, Tempo no bloco de partida, Velocidade de saída do bloco, Aceleração no bloco de partida, Força máxima aplicada no bloco	50 m	
Yu et al. (2016)	P	P	P	P	P	P	P	A	P	P	P	P	P	Torque articular, Força na fase de frenagem, Força na fase propulsiva, Velocidade da corrida, Duração no passada, Frequência do passada, Tempo do apoio, Tempo do balanço, Comprimento do passada	Aproximadamente 60 m	

Legenda: CoM: Centro de Massa; P = Presente; DL = Descrição Limitada; A = Ausente; Q1-Q13: Questões 1-13.

3.4 DISCUSSÃO

O presente estudo analisou as variáveis biomecânicas mais estudadas durante a fase de saída (*Sprint Start*), aceleração (*Acceleration phase*), velocidade constante (*Constant Speed phase*) e desaceleração (*Deceleration phase*) no *sprint*. Nesta revisão foram identificadas as variáveis consideradas determinantes em cada fase da corrida. Na *Sprint Start*, variáveis biomecânicas associadas à posição do CoM, a força de reação do solo, tempo de contato, e variáveis angulares foram as mais descritas. O comprimento do passo, frequência do passo e variáveis relacionadas ao impulso são determinantes na fase de aceleração. Para a velocidade constante e desaceleração, as variáveis espaço-temporais são mais estudadas, apesar do pequeno número de estudos na última fase do *sprint* (*Deceleration*). Além disto, há uma considerável diversidade de métodos escolhidos entre os estudos em cada fase. Até onde sabemos, esta é a primeira revisão sistemática que dividiu o *sprint* em fases específicas.

Nesta revisão, foi utilizada uma análise de risco de viés para verificar a presença de informações biomecânicas para compreender as potencialidades ou limitações dos estudos selecionados. Esta ferramenta foi importante para identificar a ausência ou presença de informações em fases específicas do *sprint*. Nesta avaliação, foi verificado que estudos que analisaram a velocidade constante e/ou desaceleração apresentaram maiores porcentagens de ausência de informações quando comparados às demais fases do *sprint*.

3.4.1 *Sprint Start*

A primeira fase do *sprint* é caracterizada pela posição inicial, seguida do instante de saída do bloco de partida e primeiros passos de corrida (CHEN et al., 2016; CIACCI et al., 2017; MILANESE et al., 2014). Uma variável que influencia os elementos desta fase é a posição do CoM. Esta variável está relacionada à posição dos blocos em relação à linha de partida e a distância entre os pés no bloco (SCHOT & KNUTZEN, 1992; SLAWINSKI et al., 2012). A posição do CoM de forma mais próxima à linha de partida (horizontal) apresenta vantagens como a menor distância em que o corpo precisa ser movimentado para sair do bloco de partida e uma rápida iniciação do movimento após o tiro de partida. No entanto, a saída com o

CoM mais afastado da linha (± 35 cm) permite a geração de maiores velocidades horizontais em ações posteriores (SCHOT & KNUTZEN, 1992), o que é benéfico para sprints de maiores distâncias, como os 100 metros. É importante salientar que no estudo de Schot e Knutzen (1992) os participantes eram *sprinters* de nível universitário. No Campeonato Mundial de Atletismo Indoor em 2018, os 16 finalistas (8 homens e 8 mulheres) da prova de 60 metros rasos apresentaram menor distância do CoM à linha de partida (Homens = 0.25 ± 0.04 m; Mulheres = 0.17 ± 0.06 m) (WALKER et al., 2019), demonstrando que o nível dos atletas pode influenciar esta variável.

O deslocamento do CoM pode representar o ganho de velocidade nos metros subsequentes à linha de partida (CIACCI et al., 2017; MILANESE et al., 2014). Este deslocamento pode ser controlado de acordo com a distância entre os pés no bloco. A saída curta é caracterizada por distâncias até 30 cm, enquanto que a saída média apresenta 30-50 cm e a saída alongada possui uma distância maior que 50 cm entre os pés (CHEN et al., 2016). De acordo com os autores, a saída em posição média é importante para garantir uma melhor posição de corrida entre o instante de saída do bloco e os primeiros passos, assim como um ângulo ótimo de flexão do tronco (-14° a -20°), altura do CoM e maior velocidade linear do pé. De fato, saídas curtas apresentam menor velocidade horizontal do CoM em relação às saídas alongadas, devido ao menor tempo que o atleta tem para “empurrar” o bloco. Apesar disto, a saída alongada (com maior distância entre o bloco dianteiro e traseiro) não é recomendada para sprints de distâncias curtas (5 a 10 m) (SLAWINSKI et al., 2012). Por conseguinte, a antropometria do atleta deve ser levada em consideração no momento de decidir a posição do bloco de partida, uma vez que a posição vertical do CoM e a geração de velocidade depende do tamanho dos membros inferiores e as características individuais de força de cada *sprinter* (CHEN et al., 2016; CIACCI et al., 2017).

No atletismo, após o tiro de partida, os competidores tentam perder o contato com o bloco de partida na maior velocidade possível. No entanto, para uma corrida eficiente, é necessária a aplicação de força contra os blocos no início da ação motora até a perda de contato dos pés com o objeto (ČOH et al., 2017). Assim, a velocidade do bloco é conhecida como a velocidade resultante no momento em que o pé posicionado no bloco da frente perde contato com o objeto (HARLAND & STEELE, 1997). Coh et al. (2017) encontraram maior velocidade no instante de

saída do bloco em *sprinters* mais rápidos (100 m = 10.66 ± 0.18 s; 60m = 6.87 ± 0.13 s) em comparação à *sprinters* mais lentos (100 m = 11.00 ± 0.06 s; 60m = 6.98 ± 0.05 s), o que foi relacionada à quantidade de força aplicada na perna de trás no bloco e taxa de desenvolvimento de força dos atletas mais rápidos. Em outro estudo, a maior velocidade do bloco encontrada após comparação entre condições distintas de angulação do joelho na perna de trás do bloco foi explicada pelo aumento da produção de força no sentido horizontal e não pelo aumento da duração do contato dos pés com o bloco (MILANESE et al., 2014).

Em contrapartida, a quantidade de força gerada pode não ser garantia de que o atleta conseguirá uma maior velocidade no bloco, uma vez que, para gerar grandes quantidades de força, maior tempo de contato com o bloco pode ser necessário (OTSUKA et al., 2014). Assim, ressalta-se a importância de o atleta gerar elevadas forças no menor tempo possível. De fato, valores de impulso anteroposterior similares foram encontrados entre *sprinters* mais rápidos (100 m = 10.87 ± 0.41 s) e mais lentos (100 m = 11.31 ± 0.42 s). No entanto, os atletas mais rápidos apresentaram menor tempo de contato com o bloco (OTSUKA et al., 2014). Além disto, apesar de estudos apontarem pouca relevância entre a velocidade do bloco e o resultado no sprint (ČOH et al., 2017; MENDOZA & SCHÖLLHORN, 1993), resultados em competições recentes chamam a atenção. No Campeonato Mundial de Atletismo Indoor em 2018, os primeiros lugares da prova dos 60 metros rasos (masculino e feminino) apresentaram menor tempo de contato com o bloco de partida e menor tempo total no bloco em comparação aos demais competidores (WALKER et al., 2019). Assim, sugere-se a realização de novos estudos que elucidem a relação desta variável com o desempenho de *sprinters*.

Para que o sprinter realize o deslocamento do bloco de partida na maior velocidade possível, compreender os aspectos dinâmicos relacionados à atividade é essencial para profissionais e praticantes. Atletas mais rápidos aplicam maior força no bloco em comparação com seus pares mais lentos (HARLAND & STEELE, 1997). A capacidade de gerar força no bloco traseiro é conhecida como forte preditora no desempenho do sprint (BEZODIS et al., 2019b). De fato, velocistas mais rápidos apresentaram maior força aplicada no bloco de trás e maior impulso total comparado aos velocistas mais lentos (ČOH et al., 2017). A força aplicada no bloco de trás pode ser acompanhada de uma “pré-tensão”, durante o comando de “prontos” para potencializar a saída (BEZODIS et al., 2019b). Isto pode ser gerado a

partir do pré-estiramento dos músculos da panturrilha devido ao posicionamento dos músculos ténares na pista (MERO et al., 1992). Além disto, maximizar o impulso no bloco traseiro sem alongar o tempo de contato total com o bloco é considerado uma estratégia interessante para o aumento do desempenho (BEZODIS et al., 2019c).

Além das magnitudes de força e pré-tensão, a direção da força aplicada tem sido utilizada para explicar o desempenho nesta fase do *sprint* (BRAZIL et al., 2018; OTSUKA et al., 2014). O desempenho na saída de bloco foi explicado em até 86% pela força horizontal total gerada nos blocos de partida (BRAZIL et al., 2018). De acordo com os autores, maximizar a força horizontal total é essencial na saída de bloco. *Sprinters* mais rápidos apresentaram maior força de reação do solo no plano sagital em comparação aos *sprinters* mais lentos (OTSUKA et al., 2014), o que foi explicado pela direção da força aplicada e não a força resultante gerada contra o objeto. Assim, é possível compreender que não há uma relação simples entre aplicação de força e desempenho na saída de bloco, uma vez que há grande diversidade de desenhos experimentais e tipos de análises. As variáveis tempo de reação, tempo de contato, força de reação do solo, ângulos de segmentos e articulações, posição e velocidade de deslocamento do CoM foram as variáveis mais analisadas.

3.4.2 Acceleration Phase

Após a saída do bloco de partida o atleta inicia a fase de aceleração, a qual consiste no aumento da velocidade até chegar em seu valor máximo. Esta fase ocorre entre 30 e 50 m (MERO et al., 1992), no entanto, é conhecido que atletas de alto nível podem alongá-la por mais de 60 metros, como Usain Bolt (ČOH, 2019). Um aspecto interessante dos primeiros passos da fase de aceleração diz respeito à posição do CoM. Nos dois primeiros passos de corrida o CoM está localizado à frente do ponto de contato entre o pé e o chão. Nos passos posteriores, o CoM se move até ficar atrás do ponto de contato (MERO et al., 1992). Esta posição inicial do CoM está relacionada à posição de saída de bloco, momento em que o atleta está com o tronco inclinado. A inclinação do tronco nos passos iniciais permite a geração de maior impulso anteroposterior e conseqüentemente um rápido aumento da velocidade (VON LIERES UND WILKAU et al., 2020).

O aumento da velocidade no início da aceleração é explicado pelo aumento na frequência de passo e diminuição do tempo de contato do pé com o solo (NAGAHARA et al., 2014b). De fato, é conhecido que aumentar rapidamente a frequência do passo no início da corrida pode ser determinante para um melhor desempenho (NAGAHARA et al., 2018c). Ao elevar o tronco, o CoM é influenciado pela fase de contato do pé com o chão. Quando o pé toca o solo (*touchdown*), a posição mais próxima do segmento em relação à projeção vertical do CoM está relacionada à menor perda de velocidade horizontal do CoM. Ao minimizar esta perda, o atleta ainda pode potencializar a capacidade propulsiva enquanto toca o chão, como Usain Bolt (ČOH, 2019). Além da menor distância entre pé e CoM no *touchdown*, é conhecido que *sprinters* apresentam maior afastamento do pé em relação ao CoM quando o segmento deixa o solo (*Toe-off*) (WILD et al., 2018). Esta característica foi determinante no melhor desempenho de *sprinters* em comparação à atletas de outras modalidades em *sprints* curtos, o que foi explicado pela maior capacidade propulsiva no momento de contato com o solo, ou seja, os atletas “empurravam” mais o solo para se mover para frente (WILD et al., 2018).

O apoio do pé no solo e a força aplicada no segmento para se deslocar mais rapidamente pode ser dividido em duas fases: frenagem e propulsão (MERO et al., 1992). Estas fases podem ser calculadas a partir de integrações temporais da força de reação do solo (FRS) anteroposteriores positivas e negativas (NAGAHARA et al., 2018b) ou por meio da posição horizontal do CoM em relação ao tornozelo (Frenagem: CoM à frente do tornozelo; Propulsão: CoM atrás do tornozelo) (ČOH et al., 2018).

É conhecido que a taxa de duração entre fase de frenagem e fase propulsiva influencia o desempenho. Usain Bolt passava 37.3% do tempo de contato na fase de frenagem e 62.7% na fase propulsiva, caracterizando uma técnica eficiente e econômica para alcançar a máxima velocidade no sprint (ČOH, 2019). Diversos estudos apresentaram a importância da fase propulsiva na aceleração. O melhor desempenho no *sprint* de 60 metros foi atribuído à maior força propulsiva nos 4 passos iniciais da corrida, enquanto a duração da fase de frenagem foi menor em atletas mais rápidos (NAGAHARA et al., 2018c). Em outro estudo, foi verificado que maiores médias de força propulsiva no início da fase de aceleração e menores médias de força de frenagem próximo à velocidade de máxima são essenciais para atingir o melhor desempenho na fase de aceleração, mesmo em *sprinters* sub-elite

(100 m: 11.28 ± 0.22 s) (NAGAHARA et al., 2021). Desta forma, produzir grande força propulsiva durante toda a aceleração e suprimir a força de frenagem ao se aproximar da velocidade máxima pode ser uma boa estratégia para realizar uma aceleração eficiente (NAGAHARA et al., 2018b). Considerando que o acréscimo de velocidade também é acompanhado por menor tempo de contato (MERO et al., 1992), potencializar a fase propulsiva significa permitir que o atleta “empurre” mais o solo durante o breve contato e, assim, consiga maior deslocamento.

Além das fases de contato apresentadas, a direção da aplicação da força também é importante para o melhor desempenho na fase de aceleração. A capacidade de gerar força anteroposterior e orientar o vetor desta força horizontalmente (para a frente) está associado positivamente ao melhor desempenho na aceleração (COLYER et al., 2018). Além disto, os autores sugerem que nas fases finais de aceleração os *sprinters* devem tolerar rapidamente a força excêntrica para atenuação dos impulsos gerados na fase de frenagem. Corroborando, a produção de grandes quantidades de força horizontal foi associada fortemente com a maior velocidade no *sprint*, o que foi explicado pela possível capacidade do sistema neuromuscular em continuar gerando altos valores de força horizontal em elevadas velocidades durante a corrida (MORIN et al., 2012).

Em contrapartida, no vetor vertical, a associação com a fase de aceleração é diferente. O pico de força vertical foi associado negativamente com o desempenho no *sprint*, ou seja, menores valores desta variável são importantes para a aceleração (NAGAHARA et al., 2021). Além disto, é conhecido que apenas produzir grande força vertical não é o suficiente para produzir aceleração nos passos iniciais da corrida (NAGAHARA et al., 2018b). Por conseguinte, mesmo não sendo benéfica para a fase de aceleração no *sprint*, maiores quantidades de força vertical podem ser necessárias para manter velocidades mais altas, como na fase de máxima velocidade (NAGAHARA et al., 2021; NAGAHARA et al., 2018b).

A velocidade de corrida é considerada como o produto entre frequência de passo (FP) e comprimento de passo (CP) (ČOH, 2019). Estas variáveis são extensivamente pesquisadas no *sprint* (HAUGEN et al., 2018a; MAĆKAŁA et al., 2015; MERO et al., 1992; NAGAHARA et al., 2017b; NAGAHARA et al., 2014b; VON LIERES UND WILKAU et al., 2020). Na fase de aceleração, nos passos iniciais, há grande influência da FP. Aplicar maiores forças propulsivas no início da corrida permite o alcance de maiores velocidades, as quais resultam em

menores tempos de contato e maior frequência de passo (VON LIERES UND WILKAU et al., 2020). De fato, mesmo avaliando uma curta distância no *sprint* (25 m), a FP influenciou positivamente o alcance de maiores velocidades em *sprinters* (100 m = 10.86 ± 0.22 s). Em outro estudo, a maior FP em *sprinters* em relação a indivíduos treinados foi justificada pela capacidade destes atletas atingirem altas velocidades ao aplicar grandes forças no solo e breves tempos de contato (MAĆKAŁA et al., 2015). Assim, conclui-se que apesar de sua importância, apenas gerar grandes frequências de passo não é o suficiente para alcançar uma grande velocidade e que isto depende também das forças propulsivas aplicadas (NAGAHARA et al., 2018c).

Com o decorrer dos passos na corrida, o comprimento de passo aumenta e influencia o desempenho. Esta variável foi associada positivamente com a velocidade máxima atingida no *sprint* de 40 metros em atletas adultos (40m = 4.86 ± 0.15 s) (CHATZILAZARIDIS et al., 2012). O aumento do CP, ao invés da FP, explicou o aumento de velocidade no *sprint* de 60 metros em atletas sub-elite (100m = 11.22 ± 0.26 s) (NAGAHARA & ZUSHI, 2017). Ao analisar os 60 metros passo-a-passo, Nagahara et al. (2014b) verificaram que a corrida pode ser compreendida em 3 partes e que o melhor desempenho é explicado aumentando a FP até o 3° passo de corrida, o CP do 5° ao 15° passos e gerando acréscimo de CP ou FP do 16° passo até o fim da fase de aceleração, quando o atleta chega em sua velocidade máxima. No entanto, vale ressaltar que a amostra deste estudo não foi composta por *sprinters* de elite (100 m = 11.19 ± 0.32 s). Em contrapartida, após analisar os 60 metros em atletas homens (60 m = 6.82 – 7.19 s) e mulheres (60m = 7.48 – 7.94 s) foi verificado que o sucesso do *sprint* não depende exclusivamente da produção de altos CP ou FP (DEBAERE et al., 2013b). Sugerimos que a associação entre estas variáveis e o desempenho na fase de aceleração seja abordada de forma individual nos atletas, uma vez que estes possuem diferentes características físicas e morfológicas, e assim seja gerada uma combinação ótima entre CP e FP para maximizar a velocidade da corrida. No presente estudo, as variáveis frequência do passo, comprimento do passo, velocidade do *sprint* e impulso na fase de frenagem e fase propulsiva foram as medidas mais analisadas durante esta fase da corrida.

3.4.3 Constant Speed Phase

Esta fase ocorre quando o atleta atinge sua velocidade máxima, a qual pode ser considerada como resultado de uma combinação ótima entre frequência do passo e comprimento do passo (ČOH, 2019). Como nas demais fases, a posição do CoM também influencia o desempenho do sprinter. É conhecido que a maior altura do CoM pode fornecer melhores condições para o desenvolvimento da velocidade e favorecer um maior alcance do comprimento do passo e deslocamento horizontal durante o contato (ČOH, 2019; TAYLOR & BENEKE, 2012). Um atleta com membros inferiores mais longos e menor circunferência em alguns segmentos (ex.: perna) poderá apresentar maior altura do CoM em relação aos seus adversários, no entanto, vale ressaltar que também poderá gerar maior tempo de contato (TAYLOR & BENEKE, 2012).

O tempo de contato de *sprinters* é de aproximadamente 0.075 a 0.095 segundos (ČOH, 2019). Ao atingir a velocidade máxima, estes atletas apresentam menores tempos de contato em comparação à atletas que percorrem maiores distâncias (meio-fundo e fundo) (BUSHNELL & HUNTER, 2007) e decatletas (KUNZ & KAUFMANN, 1981). O menor tempo de contato pode ser explicado pela distância do pé no touchdown em relação à projeção vertical do CoM. *Sprinters* costumam apresentar menores distâncias nesta variável, favorecendo a ocorrência de menores tempos de contato (KUNZ & KAUFMANN, 1981) e uma corrida mais eficiente e econômica (ČOH, 2019). Em atletas de alto rendimento, esta variável determina o resultado de uma competição. No mundial de atletismo de 2017, o maior tempo de contato de Usain Bolt foi apontado como determinante para a perda da medalha de ouro (BISSAS et al., 2017).

Esta fase do *sprint* apresenta diferentes parâmetros de aplicação de força no solo em relação à fase de aceleração. Enquanto na fase anterior a força propulsiva apresentava grandes valores em relação à força de frenagem, quando o atleta atinge a velocidade máxima a diferença entre estas forças é reduzida drasticamente (YU et al., 2016). Segundo os autores, a força de frenagem cresce de acordo com o aumento da velocidade e atinge um platô quando a máxima velocidade é atingida. Assim, é recomendado que a fase de frenagem e sua força característica sejam minimizadas, para evitar a perda de velocidade durante o contato, por meio do direcionamento da força resultante o mais verticalmente

possível nesta fase e o mais horizontalmente possível durante a fase propulsiva (MERO et al., 1992).

A força vertical está associada positivamente com a máxima velocidade desenvolvida no *sprint* (ČOH et al., 2018; MORIN et al., 2011; NAGAHARA et al., 2018b; YU et al., 2016). Como o tempo de contato em altas velocidades é curto, os atletas devem produzir uma quantidade necessária de impulso vertical para não alterar a corrida neste tempo limitado (NAGAHARA et al., 2018b). Em outro estudo, foi verificado que a velocidade máxima está relacionada à capacidade do atleta aplicar grandes forças verticais enquanto apoia o pé no solo durante a corrida (MORIN et al., 2011). Por conseguinte, em um estudo analisou o desempenho de Usain Bolt nos 100 metros, verificou-se que o atleta gerou maiores forças de reação do solo no vetor vertical e menores forças de frenagem no período de manutenção da velocidade máxima em comparação aos seus adversários (ČOH et al., 2018). Desta forma, o presente estudo concorda com Mero et al. (1992) sobre o direcionamento vertical da força durante a fase de frenagem e horizontal durante a fase propulsiva neste trecho dos 100 metros rasos.

A contribuição do comprimento do passo e da frequência do passo na fase de velocidade constante é amplamente discutida na literatura (DOUGLAS et al., 2020; MAĆKAŁA & MERO, 2013; SALO et al., 2011; VON LIERES UND WILKAU et al., 2020). Existem divergências sobre qual das variáveis apresenta maior influência no desempenho de *sprints* curtos (ex.: 50-60 metros) e prova de 100 metros rasos. Velocistas apresentaram maior CP em comparação à atletas de esportes coletivos na corrida de 50 metros, no entanto, não foi verificada diferença na FP entre os grupos (DOUGLAS et al., 2020). Em outro estudo verificou-se que o CP continuava a aumentar após o alcance da velocidade máxima devido à posição ereta do tronco e maior elevação do joelho (sentido anterior) durante a fase de voo (VON LIERES UND WILKAU et al., 2020). Além disto, Maćkała e Mero (2013) afirmaram que a manutenção da velocidade máxima depende de adaptações no CP, uma vez que mesmo com diminuições na FP, alguns atletas de elite conseguem realizar a manutenção da velocidade máxima por mais tempo por meio do aumento do CP.

A frequência do passo também apresenta influência na corrida. Mero et al. (1992) afirmaram que em altas velocidades, *sprinters* podem alcançar maior êxito na corrida por meio do aumento da FP, ao invés do CP. De fato, a menor FP

apresentada por Usain Bolt no Campeonato Mundial de Atletismo em 2017 foi apontada como fator determinante para sua derrota, mesmo apresentando um CP superior (BISSAS et al., 2017). Apesar disto, é importante salientar que estas variáveis variam consideravelmente entre atletas de alto nível (SALO et al., 2011). Para que o atleta consiga um melhor desempenho, deve ser encontrada uma relação ótima entre as duas variáveis para que o sprinter mantenha sua velocidade máxima por mais tempo (MAĆKAŁA & MERO, 2013).

Reproduzir em uma corrida os valores relacionados à determinada média de um grupo não garante ao atleta o melhor desempenho ou vitória na prova, principalmente quando a diferença entre competidores é pequena, como em finais de Jogos Olímpicos e Campeonatos Mundiais. Portanto, análises individuais são necessárias. Considerando que o CP está relacionado ao aumento da produção de força e a FP associada à produção rápida de força durante o contato, além dos movimentos rápidos de membros inferiores dependentes de adaptações neurais (SALO et al., 2011), são necessários estudos que avaliem os mesmos atletas em diferentes épocas de uma mesma temporada. Com isto, haverá maior entendimento sobre qual fator é preponderante para o desempenho final do atleta.

Um componente associado à interação entre CP e FP é a velocidade máxima atingida pelo atleta no *sprint*. No caso dos 100 metros rasos, esta velocidade é atingida ao fim da fase de aceleração, entre 50 a 60 metros (WARD-SMITH, 2001). É conhecido que a máxima velocidade atingida está fortemente associada com o desempenho nos 100 metros rasos (SLAWINSKI et al., 2017), no entanto, é necessário que além de atingir grandes valores em velocidade, o atleta mantenha essa velocidade nos metros seguintes. Usain Bolt, por exemplo, apresentava grande CP e possuía a capacidade de manter altas velocidades por mais tempo e desacelerava menos em comparação aos seus adversários (MAĆKAŁA & MERO, 2013). Assim, mesmo que a quantidade de velocidade máxima gerada seja importante, esta variável não garante de forma exclusiva a vitória em uma corrida. No Campeonato Mundial de Atletismo em 2017, Justin Gatlin venceu a prova dos 100 metros rasos sem apresentar o maior valor de velocidade máxima, mas uma melhor distribuição da corrida, influenciada pelas fases anteriores (BISSAS et al., 2017). Desta forma, sugerimos que técnicos e profissionais da área deem ênfase durante o treinamento em exercícios que desenvolvam não apenas a

velocidade máxima, mas a manutenção desta por mais tempo para que não ocorra uma grande perda de velocidade na fase seguinte, de desaceleração.

3.4.4 *Deceleration Phase*

A fase de desaceleração é caracterizada por apresentar a perda de velocidade do atleta no *sprint* (MERO et al., 1992). Esta perda é atribuída ao decréscimo da frequência do passo, aumento do tempo de contato e fase de voo durante os metros finais (MERO et al., 1992). Diferentemente da FP, estudos verificaram que durante a desaceleração, o comprimento do passo até pode aumentar (MACKALA, 2007; MERO et al., 1992). Além disto, as mulheres são mais suscetíveis a maiores perdas de velocidades em comparação aos atletas homens, ou seja, a fase de desaceleração pode durar mais para as corredoras (SLAWINSKI et al., 2017). Por conseguinte, o nível dos atletas também influenciar. Velocistas de nível nacional (100m = 10.97 ± 0.22 s) foram comparados com os finalistas dos 100 metros rasos do Campeonato Mundial de Atletismo de 2009 (100m = 9.91 ± 0.22 s) (MISJUK & VIRU, 2011). Os autores verificaram que os finalistas apresentaram menor perda de velocidade na fase de desaceleração em comparação aos *sprinters* de nível nacional, o que pode ser explicado pela grande diferença entre o nível da amostra (aproximadamente 1 segundo).

Esta fase do *sprint* ainda é pouco abordada na literatura. Levando em consideração os 100 metros rasos, a desaceleração ocorre ao fim da corrida, após a marca dos 70 metros (BISSAS et al., 2017), o que pode limitar análises cinemáticas e dinâmicas com maior precisão. Apesar disto, considerando que mínimos ajustes biomecânicos nas fases do *sprint* podem alterar o desempenho final dos atletas, sugere-se que novos estudos deem ênfase na fase da desaceleração para maior compreensão dos fatores que levam a perda de velocidade de atletas de diferentes níveis.

Esta revisão sistemática apresenta limitações. Os estudos incluídos tinham velocistas de diferentes níveis de desempenho (internacional, nacional e regional), acarretando grande heterogeneidade da amostra. Além disto, a variedade de métodos usados para calcular variáveis biomecânicas e a ausência de controle no tamanho da amostra impediu a realização de uma metanálise. Na presente

revisão, as variáveis velocidade do *sprint*, tempo de contato, tempo de voo e velocidade horizontal do CoM foram as mais analisadas.

3.5 CONCLUSÃO

Este é o primeiro estudo de revisão sistemática que dividiu o *sprint* em fases determinadas (Sprint Start, Acceleration phase, Constant Speed Phase e Deceleration phase). Foram analisados 103 estudos, os quais foram extraídos dados de autoria, data e variáveis relacionadas ao *sprint* analisado. Todos os estudos passaram pela análise de viés.

No *Sprint Start* foi verificado que a posição inicial é influenciada pela antropometria do atleta e as características individuais de força. Os atletas devem maximizar o impulso no bloco traseiro sem alongar o tempo total de saída. Além disto, apenas gerar grandes quantidades de força não é o suficiente, uma vez que esta força deve ser gerada no menor tempo possível e com o menor tempo de contato com o bloco. As variáveis tempo de reação, tempo de contato, força de reação do solo, ângulos de segmentos e articulações, posição e velocidade do CoM foram as medidas mais utilizadas para compreender aspectos biomecânicos desta fase da corrida.

Sugere-se que aumentar a frequência nos primeiros passos da fase de aceleração é essencial para a continuidade da corrida. Ademais, a maior capacidade propulsiva, favorecida pela menor distância entre o touchdown e a projeção vertical do CoM, e a maior força horizontal aplicada permitem ao atleta um melhor desempenho nesta fase. Com o decorrer da corrida, o CP aumenta e ocasiona no alcance de maiores velocidades. Na presente revisão, as variáveis frequência do passo, comprimento do passo, velocidade do *sprint* e impulso na fase de frenagem e fase propulsiva foram as mais analisadas.

Quando a velocidade máxima é atingida, a força de frenagem deve ser minimizada para evitar a perda de velocidade. Uma alternativa para isto é direcionar a força durante o contato, sendo vertical durante a fase de frenagem e horizontal na fase propulsiva. Por conseguinte, além de atingir a velocidade máxima, o atleta deve procurar mantê-la o maior tempo possível, sendo influenciada pela combinação entre FP e CP. De fato, além destas variáveis, a velocidade do *sprint* e tempo do *sprint* foram as medidas mais realizadas para descrição desta fase.

Poucos estudos avaliaram a fase de desaceleração no *sprint*. De modo geral, é conhecido que ocorre diminuição da FP e aumento do tempo de contato nos metros finais. Portanto, ainda são necessários novos estudos que avaliem esta fase de forma específica, considerando aspectos cinemáticos e dinâmicos que expliquem as mudanças ocorridas neste trecho. Nos estudos analisados para esta fase, foi identificado o predomínio de análise das variáveis velocidade do *sprint*, tempo de contato, tempo de voo e velocidade horizontal do CoM.

Do ponto de vista da cinemática angular, ainda são necessários novos estudos que analisem a influência de variáveis específicas como as de variabilidade de coordenação, uma vez que somente 2 estudos conduziram análises deste tipo com uma amostra total de 2 atletas. Além disto, não foram encontrados estudos que avaliaram a variabilidade de movimento por meio de sistemas não-lineares. Por conseguinte, sugerimos que novos estudos analisem estas variáveis para a compreensão da influência do padrão de movimento e organização do sistema neuro-motor para o *sprint* em velocistas.

4 ESTUDO 02: ANÁLISE DA ENTROPIA E COORDENAÇÃO DE MEMBROS INFERIORES EM ATLETAS DE DIFERENTES NÍVEIS NO SPRINT

RESUMO

O objetivo do estudo foi caracterizar a variabilidade de movimento e padrão de coordenação no *sprint* de velocistas de diferentes níveis no atletismo. Participaram do estudo, 14 atletas, homens (20.86 ± 4.01 anos, 1.75 ± 0.07 m, 68.64 ± 7.21 kg, tempo nos 100 metros = $10.69 \sim 11.70$ s). Foram realizados três *sprints* de 50 metros, com intervalo autosselecionado. A partir do melhor tempo obtido entre as tentativas (utilizado para análise), os indivíduos foram divididos em 2 grupos, a saber: *Top 7* ($n = 7$) e *Last 7* ($n = 7$). Para análise cinemática, foram mensurados os ângulos do quadril, joelho e tornozelo por meio do sistema inercial *Myomotion*, frequência de aquisição de 200 Hz e quatro pares de fotocélulas nos trechos de 0, 10, 30 e 50m. A entropia foi calculada por meio do método *Sample Entropy* (SampEn). A técnica *Vector Coding* foi utilizada para mensurar o padrão de coordenação entre as articulações durante a tarefa por meio de frequências relativas de participação de cada acoplamento analisado (quadril-joelho e joelho-tornozelo). No teste *t* de *Student* para amostras independentes, foi verificada diferença entre os grupos para a variável tempo em todos os trechos da corrida ($p < 0.013$). Não foi encontrada diferença na entropia entre grupos e fases para as articulações do quadril e tornozelo. A entropia do joelho foi maior na fase 10 a 30 metros no grupo *Last 7* quando comparado ao grupo *Top 7* ($p = 0.001$). Não foi verificada diferença entre os grupos no padrão de coordenação nos acoplamentos quadril-joelho e joelho-tornozelo. Durante os trechos de corrida, o acoplamento quadril-joelho teve o padrão de movimento em fase como dominante. Para o acoplamento joelho-tornozelo, a rotação predominante do joelho foi dominante entre os trechos, exceto para 30 a 50m. O joelho parece apresentar papel fundamental na produção e transferência de potência durante a fase de aceleração da corrida. Para aumentar a velocidade, o sistema motor pode realizar ajustes para melhor adaptação às forças externas atuantes no *sprint*, aumentando a entropia na articulação em atletas mais lentos, como uma tentativa de evitar perdas de velocidade. Por conseguinte, uma vez que não foi encontrada diferença no padrão de coordenação entre os grupos, sugerimos a realização de novos estudos que relacionem análises lineares e não-lineares para as diferentes fases do *sprint*.

Palavras-chave: Sprint. Entropia. Coordenação. Atletismo.

4.1 INTRODUÇÃO

A variabilidade de movimento pode ser considerada como a combinação de flutuações randômicas e mudanças funcionais associadas às propriedades do sistema neuro-motor (2010). Esta variabilidade é inerente aos sistemas biológicos, ou seja, ocorre inter e intra indivíduos (STERGIOU & DECKER, 2011). Na biomecânica, a variabilidade de movimento tem recebido atenção de diferentes áreas, como o esporte e a reabilitação, envolvendo a análise de movimentos como arremessos, saltos, caminhada e corrida (BARTLETT et al., 2007; PREATONI et al., 2010; WILSON et al., 2008).

A análise da corrida na biomecânica pode ser realizada considerando grandes ou curtas distâncias a serem percorridas, como no *sprint*. Presente em diversas modalidades esportivas, o *sprint* é a habilidade base que compõe os 100 metros rasos no atletismo. Além disto, diversos estudos têm realizado análises desta atividade com o intuito de prever quais variáveis explicam o desempenho (SALO et al., 2011; TAYLOR & BENEKE, 2012). Apesar da utilização de variáveis cinemáticas e dinâmicas para explicar o desempenho no *sprint*, a variabilidade de movimento nesta tarefa ainda não está clara.

Poucos estudos têm dado atenção à variabilidade de movimento. Variáveis cinemáticas lineares e angulares têm sido utilizadas com o intuito de quantificar a variabilidade de movimento em *sprinters* (BRADSHAW et al., 2007). No entanto, estas variáveis podem não representar todo o padrão de movimento realizado em uma tarefa, uma vez que, neste contexto, a variabilidade de movimento é tratada como aleatória e independente (STERGIOU & DECKER, 2011). Em contrapartida, pesquisadores têm adotado por meio de técnicas de sistemas não-lineares, como a entropia (MORAS et al., 2018; VAN EMMERIK et al., 2016).

A entropia mensura a complexidade de um sistema em relação a uma série temporal, verificando o quão previsível é este sistema (STERGIOU, 2016), por exemplo, como o ciclo de um determinado movimento influencia os demais ciclos. Também conhecida como a quantidade de informação necessária para descrever um sistema, a entropia apresenta relação com a variabilidade do movimento (VAN EMMERIK et al., 2016). Quanto maior a entropia, maior a imprevisibilidade de uma tarefa, ou seja, maior a variabilidade encontrada

(STERGIOU, 2016). Além disto, a maior variabilidade de movimento têm sido associada a maior capacidade de controlar os graus de liberdade, podendo acarretar em uma melhora do desempenho técnico e prevenção de lesões em estudos que analisaram a variabilidade de movimento em tarefas relacionadas ao atletismo (BARTLETT, 2008; DAVIDS et al., 2003).

Outro importante componente para análise de desempenho em Biomecânica é a coordenação. Alguns estudos têm dado atenção às mudanças em coordenação do movimento e desempenho. É conhecido que a fadiga pode alterar a variabilidade de coordenação em velocistas durante a fase de apoio do passo na parte final de *sprints* de 80 metros (TREZISE et al., 2011). Variáveis coordenativas também têm sido usadas para analisar possíveis sincronizações de movimento entre corredores durante uma prova de atletismo (BLIKSLAGER & DE POEL, 2017; VARLET & RICHARDSON, 2015). Por conseguinte, a variabilidade de coordenação caracterizou as diferenças em desempenho entre atletas de salto triplo de diferentes níveis, apresentando maior variabilidade em atletas experientes (WILSON et al., 2008). Portanto, verificar se a coordenação é alterada conforme diferentes níveis de desempenho no *sprint* pode contribuir com a análise de movimento desta tarefa, tanto em características biomecânicas (ex.: frequência e comprimento de passo), quanto na variabilidade de movimento e de coordenação. Compreender a variabilidade de movimento e a coordenação no *sprint* em atletas de elite pode servir como parâmetro de referência a ser atingido no planejamento de preparação de atletas, para assim, organizar treinos e melhorar o desempenho.

Portanto, o objetivo do estudo foi caracterizar a variabilidade de movimento e padrão de coordenação no *sprint* de velocistas de diferentes níveis no atletismo. Foram levantadas três hipóteses: 1- atletas mais rápidos apresentarão maiores valores de entropia devido ao melhor controle sobre os graus de liberdade (PREATONI et al., 2010); 2- diferentes trechos de um mesmo *sprint* apresentarão diferentes valores de entropia; 3- serão encontrados diferentes valores de coordenação entre os grupos de diferentes níveis.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Participantes

Participaram do estudo 14 atletas, homens ($20,86 \pm 4,01$ anos, $1,75 \pm 0,07$ m, $68,64 \pm 7,21$ kg, tempo nos 100 metros = $10,69 \sim 11,70$ s), *sprinters* (100 metros, 200, 400 metros, 110 metros com barreiras e 400 metros com barreiras) no atletismo, em período competitivo, de nível estadual e nacional, selecionados por conveniência. Para participar do estudo, os atletas deveriam apresentar frequência semanal de cinco sessões de treinamento por semana. Além disso, os atletas não poderiam apresentar patologias neuromusculares verbalmente relatadas nos três meses anteriores ao início da coleta. Todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina (CEP-UEL), sob nº 5.253.014.

4.2.2 Local de Realização do Estudo

As coletas foram realizadas nas dependências do Núcleo de Alto Rendimento Esportivo de São Paulo em ambiente indoor (raia com piso oficial da modalidade).

4.2.3 Instrumentos

Para análise cinemática da corrida, será utilizado o sistema inercial MyoMotion com sensores a serem colocados segmentos corporais (200 Hz) de acordo com modelo de corpo rígido, representado na Figura 01. Quatro pares de fotocélulas (*Smart Speed, Fusion Equipment, Austrália*) foram posicionadas nas distâncias 0, 10, 30 e 50 metros.

4.2.4 Procedimentos Experimentais

Participaram do estudo os atletas que atenderem aos critérios de inclusão. A participação foi voluntária. Após a coleta dos dados antropométricos (massa e estatura), os atletas foram instruídos a realizar um aquecimento de acordo com sua respectiva rotina de treinamento. Posteriormente, os sensores foram posicionados nos seguintes segmentos: região torácica inferior, pelve, coxas, pernas e pés, de acordo com as instruções do produto (Figura 4). Os atletas utilizaram seus respectivos calçados adequados para a prática. Foram realizados 3 *sprints* de 50 metros. Foi recomendado que todos os participantes continuassem o sprint após a linha de chegada por 5 metros, com o intuito de evitar desaceleração ou movimentos do tronco indesejados para a tarefa (PARADISIS et al., 2019) e que a atividade fosse realizada com o máximo esforço. O intervalo entre as tentativas foi autosselecionado pelos atletas, de acordo com o tempo normalmente atribuído durante sua rotina de treinamento. Os atletas relataram estarem prontos para um novo *sprint* entre 5 e 8 minutos de intervalo. Todos os atletas receberam instruções padronizadas 24 horas antes da realização da sessão, como ter um mínimo de 8 horas de sono, não realizar atividade de intensidade alta no dia anterior ao teste, ter alimentação balanceada e evitar a ingestão de bebidas alcoólicas ou cafeinadas 24 horas antes do teste.

Figura 4. Posicionamento dos sensores inerciais para análise cinemática.



Legenda: A – Vista anterior. B – Vista posterior.

Fonte: o próprio autor.

Com base no melhor tempo alcançado durante os *sprints* de 50 metros, foi realizado um ranqueamento dos atletas para divisão em dois grupos (*Top 7* = 7 melhores tempos; *Last 7* = 7 piores tempos).

4.2.5 Processamento de Dados

Foram calculados os ângulos do quadril, joelho e tornozelo, além das orientações segmentares da pelve, coxa, perna e pé em relação ao sistema de coordenadas global. Em posição ortostática, todas as articulações têm valor de 0° . Foi adotada a sequência de rotação de Cardan XYZ, de acordo com as recomendações da Sociedade Internacional de Biomecânica – ISB (WU et al., 2002). Os cálculos foram realizados a partir do *software* myoResearch 3.10 (Ver Apêndice A).

Os sinais provenientes da análise cinemática foram filtrados com filtro recursivo passa-baixa de 4ª ordem do tipo *Butterworth*. A frequência de corte do filtro foi de 8 Hz, determinada por meio de análise residual (WINTER, 2009) e confirmadas após análise espectral. Os cálculos das variáveis e o processamento de sinais foram realizados no *software MATLAB*.

No *sprint*, o passo foi definido a partir do momento em que um pé toca o solo (*touchdown*) até o momento de contato subsequente do membro contralateral, definido de acordo com Glassbrook et al. (2020). Para análise da entropia e da coordenação interssegmentar foram utilizados o ângulo do quadril ($\theta_{Quadril}$) – plano sagital (flexão e extensão); joelho (θ_{Joelho}) - plano sagital (flexão e extensão); tornozelo ($\theta_{Tornozelo}$) – plano sagital (dorsiflexão e flexão plantar) do membro inferior posicionado a frente no momento da saída.

4.2.6 Entropia

A Entropia foi calculada por meio da *Sample Entropy* (SampEn) (RICHMAN & MOORMAN, 2000). De acordo com os autores, a SampEn é considerada como o logaritmo natural negativo da probabilidade condicional de que duas sequências semelhantes para m pontos (vetores) permaneçam semelhantes no próximo ponto. Ou seja, dentro de uma série temporal, esta variável realiza a comparação entre vetores, permitindo um raio de tolerância para verificar a similaridade. A SampEn será calculada de acordo com o estudo de Preatoni et al. (2010) por meio de rotinas realizadas no *software MATLAB* (*Mathworks*, R2016a).

$$SE(m, r, n) = -\ln\left(\frac{A}{B}\right)$$

Sendo, SE a SampEn, m o vetor, n o tamanho da série temporal e r o valor de tolerância. Para isto, devem ser conhecidos A e B , por meio de cálculo a seguir:

$$A = \left\{ \frac{[(n-m-1)(n-m)]}{2} \right\} A^m(r), \quad B = \left\{ \frac{[(n-m-1)(n-m)]}{2} \right\} B^m(r)$$

Sendo $A^m(r)$ a probabilidade de duas sequências serem semelhantes para $m + 1$, e $B^m(r)$ a probabilidade de duas sequências serem semelhantes para m . Para o cálculo, foi adotado um valor de $m = 2$ e $r = 0.2$ (DELGADO-BONAL &

MARSHAK, 2019). A SampEn quantifica um valor entre 0 a 2, sendo os valores próximos a 0 interpretados como alta regularidade e baixa complexidade, enquanto valores próximos a 2 indicam baixa regularidade e alta complexidade do sistema.

4.2.7 Vector Coding (VC)

Esta variável foi utilizada para mensurar o padrão de coordenação entre articulações durante a tarefa (WHEAT, 2006). A VC indica a relação de fase entre duas articulações ou segmentos que oscilam durante o movimento por meio de suas séries temporais (ROBERTSON et al., 2013). Neste estudo, foi mensurado o VC dos seguintes acoplamentos: Quadril-Joelho e Joelho-Tornozelo. Foram utilizados os ângulos no plano sagital, a saber: Quadril – flexão e extensão; Joelho – flexão e extensão; Tornozelo – dorsiflexão e flexão plantar (GITTOES & WILSON, 2010; TREZISE et al., 2011). O VC foi calculado da seguinte forma:

$$\theta_{VC}(i) = \tan^{-1} \left[\frac{\theta_2(i+1) - \theta_2(i)}{\theta_1(i+1) - \theta_1(i)} \right]$$

Sendo, (ϕ) o ângulo de acoplamento, o qual estará entre 0° e 360°. Os ângulos 0°, 90°, 180° e 270° indicam o movimento de uma articulação. Uma vez que os ângulos de acoplamento podem resultar em valores diferentes dos indicados (verticais ou horizontais), foram criadas faixas de cada padrão de coordenação conforme Chang et al. (2008). A classificação é apresentada na Tabela 7. Para análise da coordenação, será considerada a porcentagem de participação de cada acoplamento (frequência relativa em cada padrão de coordenação) nos seguintes trechos do sprint: 0 a 10 m, 10 a 30 m e 30 a 50 m.

Tabela 7. Categorização dos padrões de coordenação.

Padrão de Coordenação	Ângulo de Acoplamento
Antifase	$112.5^\circ \leq \phi < 157.5^\circ, 292.5^\circ \leq \phi < 337.5^\circ$
Em-fase	$22.5^\circ \leq \phi < 67.5^\circ, 202.5^\circ \leq \phi < 247.5^\circ$
Articulação proximal	$0^\circ \leq \phi < 22.5, 157.5^\circ \leq \phi < 202.5^\circ, 337.5^\circ \leq \phi \leq 360^\circ$
Articulação distal	$67.5^\circ \leq \phi < 112.5^\circ, 247.5^\circ \leq \phi < 292.5^\circ$

Fonte: CHANG et al. (2008)

4.2.8 Análise Estatística

Neste estudo, a melhor tentativa foi utilizada para análise. A estatística descritiva foi apresentada em média (M), desvio-padrão (DP) e mediana (1º e 3º quartil). Para a análise inferencial, a normalidade foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk ($p > 0.11$). Foi aplicado o teste *t de Student* para amostras independentes para verificar diferenças entre os grupos (*Top 7*; *Last 7*) na variável tempo. Foi adotado o método de Equações de Estimações Generalizadas (GEE) para análise da Entropia nas diferentes fases do sprint (0 a 10 m; 10 a 30 m; 30 a 50 m), entre os diferentes grupos (*Top 7* e *Last 7*). O estimador robusto foi usado na matriz de covariâncias com matriz de correlação de trabalho não estruturada. O tipo de modelo foi linear com função de ligação identidade. As comparações posteriores foram realizadas por meio do *post hoc* de *Bonferroni*. Para comparações das diferentes fases entre os diferentes grupos nas frequências relativas em cada padrão de coordenação, mensuradas pela técnica Vector Coding, o GEE foi utilizado com os seguintes parâmetros: estimador robusto, matriz de correlação não estruturada, distribuição *gamma* com função de ligação log e comparações posteriores com o teste de *Bonferroni*. A significância adotada foi de 5%.

4.3 RESULTADOS

Na Tabela 8, é apresentado o desempenho dos *sprinters* dos grupos em diferentes trechos do *sprint*. O grupo *Top 7* foi mais rápido em todos os trechos (0 a 10 m, 10 a 30 m, 30 a 50m e 0 a 50 m) quando comparado ao grupo *Last 7* ($p < 0.013$). A entropia da articulação do quadril não foi diferente entre grupos (Wald = 1.538, $p = 0.21$), fases (Wald = 3.554, $p = 0.059$) e interação GRUPO - FASE (Wald = 0.668, $p = 0.41$). A entropia da articulação do joelho foi maior na fase 10 a 30 metros no grupo *Last 7* quando comparado ao grupo de *sprinters* mais rápidos ($p = 0.001$) ao analisarmos a interação GRUPO - FASE (Wald: 9.720, $p = 0.008$). Em ambos os grupos a fase de 0 a 10 metros apresentou maior entropia no joelho quando comparada às demais fases ($p < 0.01$). Na articulação do tornozelo não foi encontrada diferença entre os grupos (Wald = 0.086, $p = 0.76$), fases (Wald = 5.350, $p = 0.06$) e interação GRUPO - FASE (Wald = 2.254, $p = 0.13$) (Tabela 9).

Tabela 8. Desempenho dos *sprinters*, tempo em segundos (média \pm desvio-padrão) dos diferentes grupos nos diferentes trechos do sprint.

	0 a 10m	10 a 30m	30 a 50m	0 a 50m
Top 7 (n = 7)	1,72 \pm 0,04	2,22 \pm 0,02	2,04 \pm 0,04	5,99 \pm 0,06
Last 7 (n = 7)	1,79 \pm 0,04*	2,33 \pm 0,07*	2,17 \pm 0,10*	6,31 \pm 0,12*

*Diferença em relação ao grupo Top 7 ($p < 0.05$).

Fonte: O próprio autor.

Tabela 9. Entropia dos *sprinters* (média \pm desvio-padrão) dos diferentes grupos nos diferentes trechos do sprint.

		Fases		
		0 a 10m	10 a 30m	30 a 50m
Top 7	Quadril (Flex./Ext.)	0,252 \pm 0,013	0,243 \pm 0,022	0,247 \pm 0,033
	Joelho (Flex./Ext.)	0,257 \pm 0,027	0,171 \pm 0,024 ^{a,1}	0,159 \pm 0,039 ¹
	Tornozelo (Dorsiflexão/Flex. Plantar)	0,240 \pm 0,036	0,210 \pm 0,048	0,253 \pm 0,043
Last 7	Quadril (Flex./Ext.)	0,240 \pm 0,022	0,238 \pm 0,026	0,226 \pm 0,021
	Joelho (Flex./Ext.)	0,268 \pm 0,039	0,218 \pm 0,024 ¹	0,181 \pm 0,058 ¹
	Tornozelo (Dorsiflexão/Flex. Plantar)	0,211 \pm 0,038	0,241 \pm 0,067	0,270 \pm 0,057

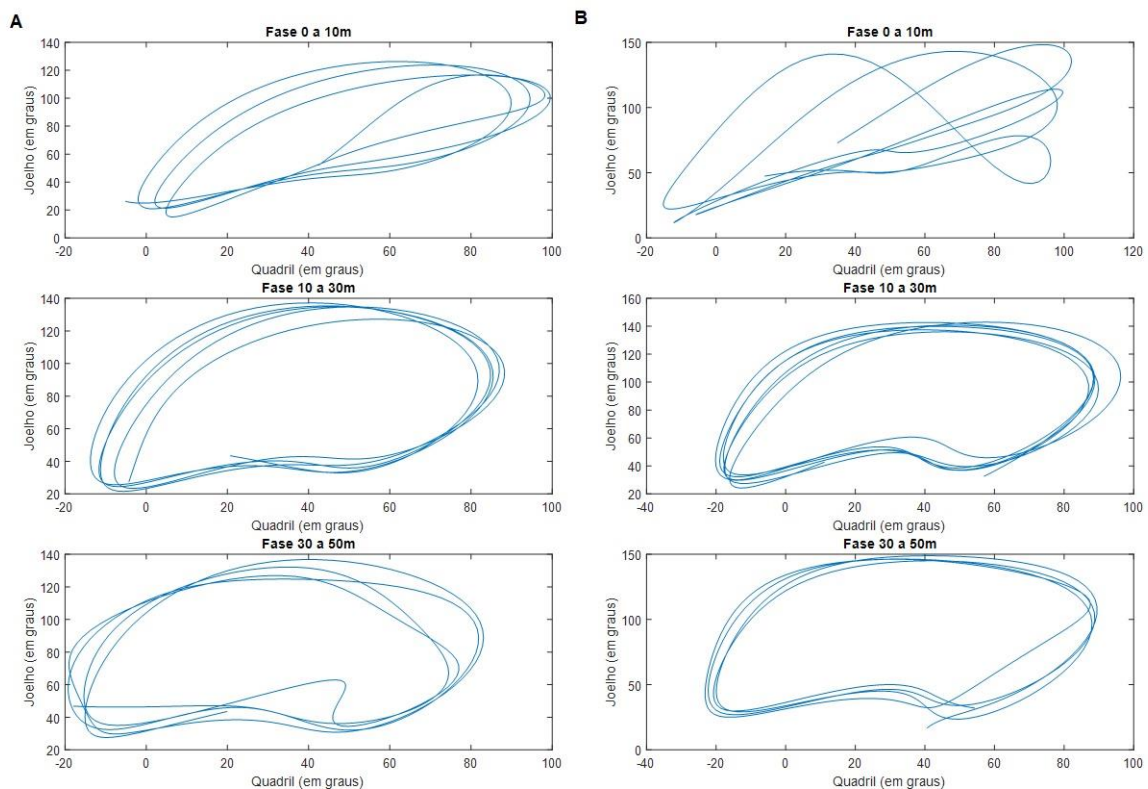
Diferença ($p < 0.05$) em relação ao grupo: ^a Last 7. Diferença ($p < 0.05$) em relação às fases: ¹ 0 a 10 m e ² 10 a 30 m.

Fonte: o próprio autor.

Para a variável VC, foi analisada a porcentagem de participação das diferentes possibilidades de coordenação (anti-fase, em-fase, rotação predominante da articulação proximal e rotação predominante da articulação distal) para os acoplamentos quadril Joelho e Joelho-tornozelo. No acoplamento quadril-Joelho, foi

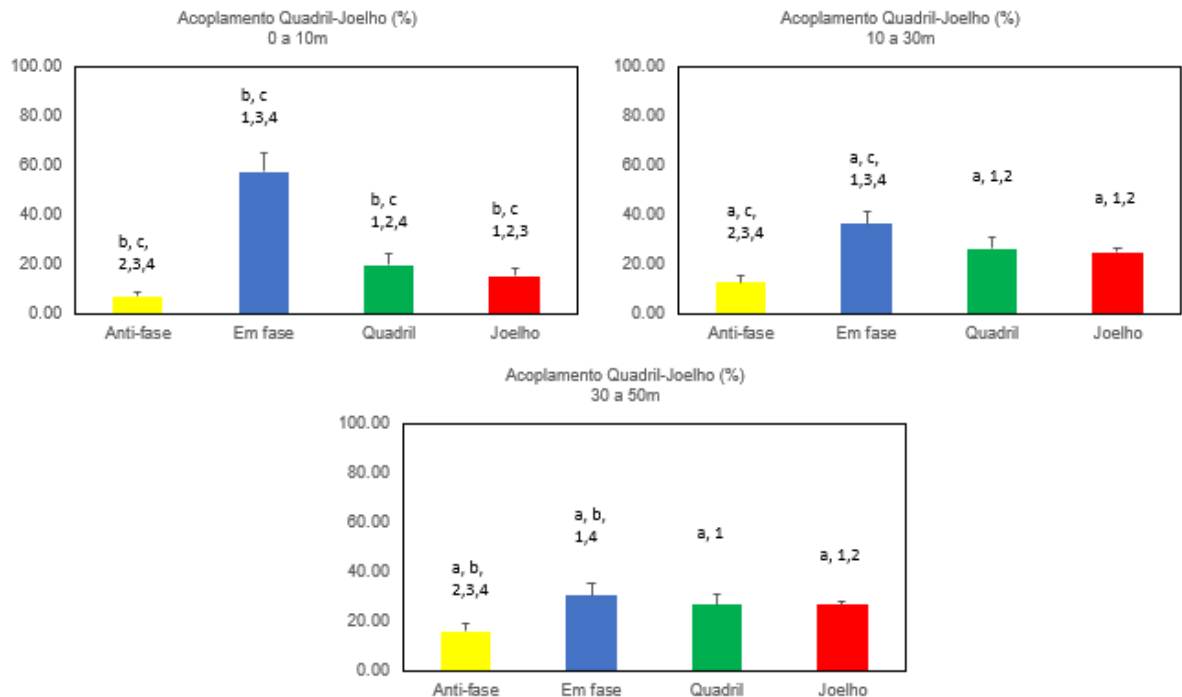
encontrada diferença entre todas as fases para o movimento anti-fase (Wald = 102.77, $p < 0.001$) (30 a 50 m > 10 a 30 m > 0 a 10 m) e em-fase (Wald = 343.71, $p < 0.01$) (0 a 10 m > 10 a 30 m > 30 a 50 m). A rotação predominante do quadril foi maior (Wald = 33.14, $p < 0.001$) nas fases 30 a 50 m ($26.71 \pm 5.40\%$) e 10 a 30 m ($26.15 \pm 4.50\%$) quando comparados à fase 0 a 10 m ($19.90 \pm 4.67\%$). A rotação predominante do joelho foi maior (Wald = 88.84, $p < 0.001$) nas fases 30 a 50 m ($26.62\% \pm 2.40$) e 10 a 30 m ($24.76 \pm 1.67\%$) quando comparados à fase 0 a 10 m ($15.27 \pm 3.21\%$). Não foi encontrada diferença entre grupos de atletas ($p > 0.05$) para os padrões de coordenação entre as articulações. No acoplamento quadril-joelho, houve predominância do padrão em-fase em todos os trechos analisados ($p < 0.01$). A Figura 5 apresenta gráficos ângulo-ângulo (quadril e joelho) de atletas representantes do grupo Top 07 (Ranking 01) e Last 07 (Ranking 14) para os diferentes trechos do *sprint*. A porcentagem de participação de cada padrão de coordenação para o acoplamento quadril-joelho é apresentada na Figura 6.

Figura 5. Ângulo-ângulo (quadril-joelho) para o atleta A (melhor tempo = 5,90 s) e atleta B (pior tempo = 6,47 s) nos diferentes trechos do *sprint*.



Fonte: o próprio autor.

Figura 6. Porcentagem de participação de cada tipo de movimento dos *sprinters* (n = 14) para os diferentes trechos do sprint para o acoplamento quadril-jelho.

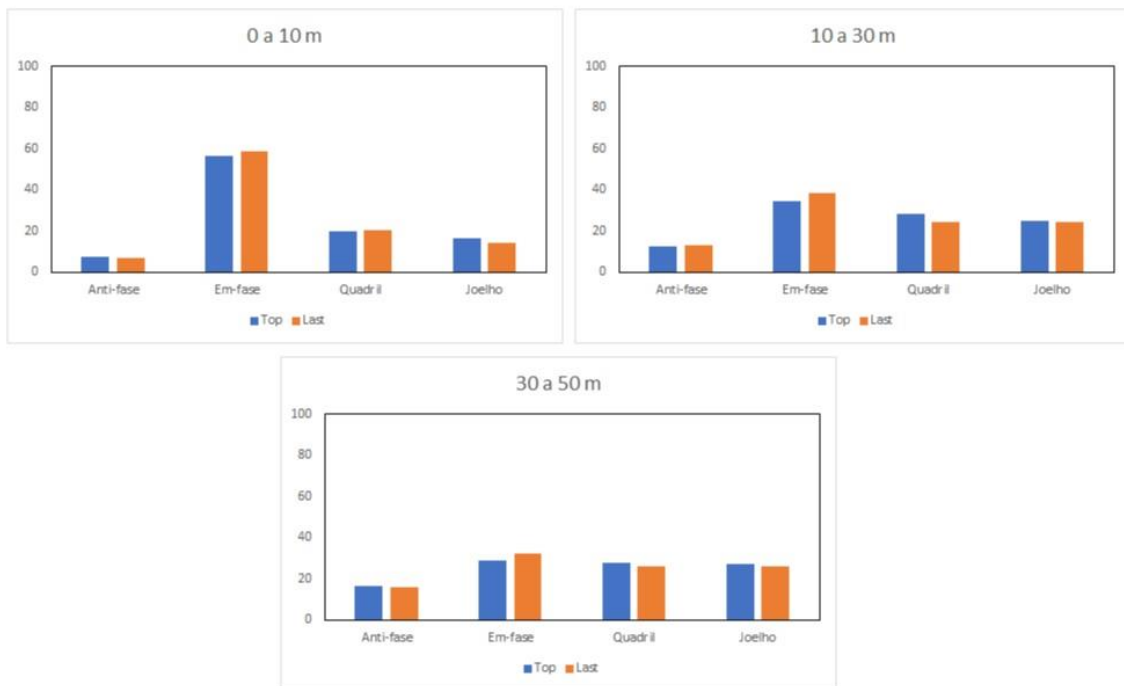


^a Diferença para a fase 0 a 10 m ($p < 0.05$), ^b Diferença para a fase 10 a 30 m ($p < 0.05$), ^c Diferença para a fase 30 a 50 m ($p < 0.05$), ¹ Diferença para o padrão em anti-fase ($p < 0.05$), ² Diferença para o padrão em-fase ($p < 0.05$), ³ Diferença para o padrão de rotação predominante do quadril ($p < 0.05$), ⁴ Diferença para o padrão de rotação predominante do joelho ($p < 0.05$)

Fonte: o próprio autor.

A Figura 7 apresenta a porcentagem de participação de cada tipo de movimento para o acoplamento quadril-jelho dos diferentes grupos.

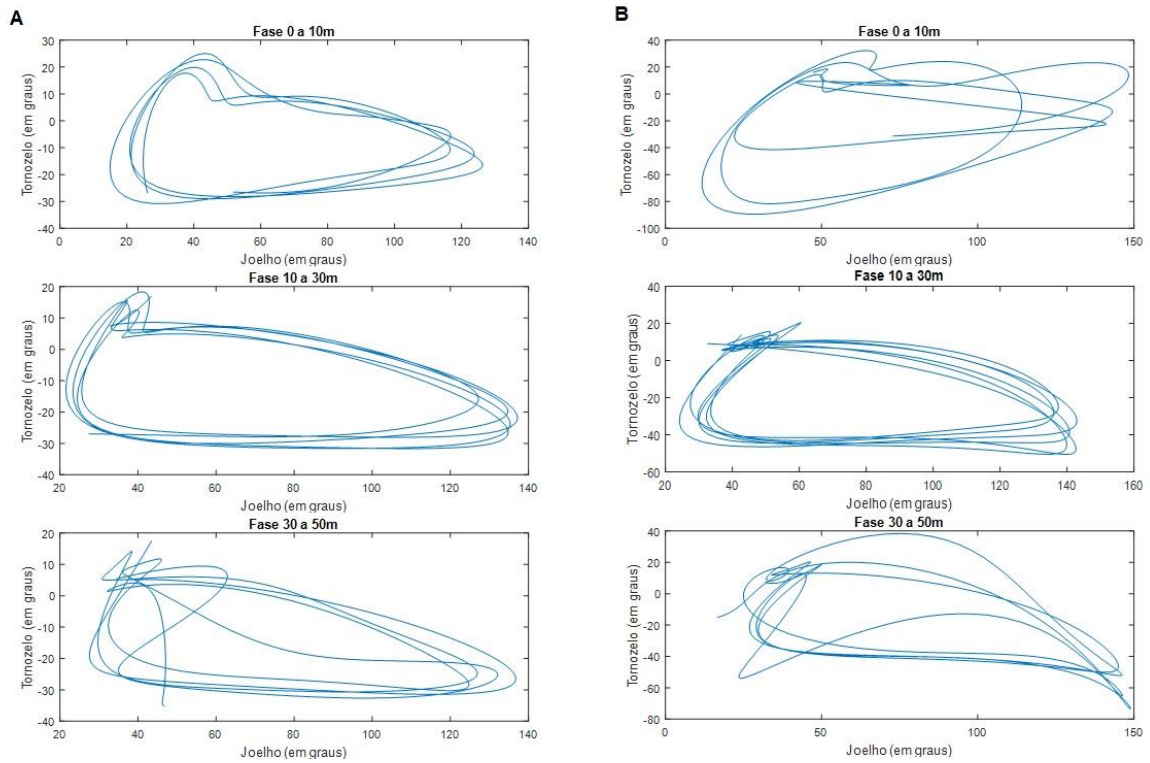
Figura 7. Porcentagem de participação de cada tipo de movimento dos *sprinters* dos diferentes grupos (*Top 7* e *Last 7*) para os diferentes trechos do sprint para o acoplamento quadril-jelho.



Fonte: o próprio autor.

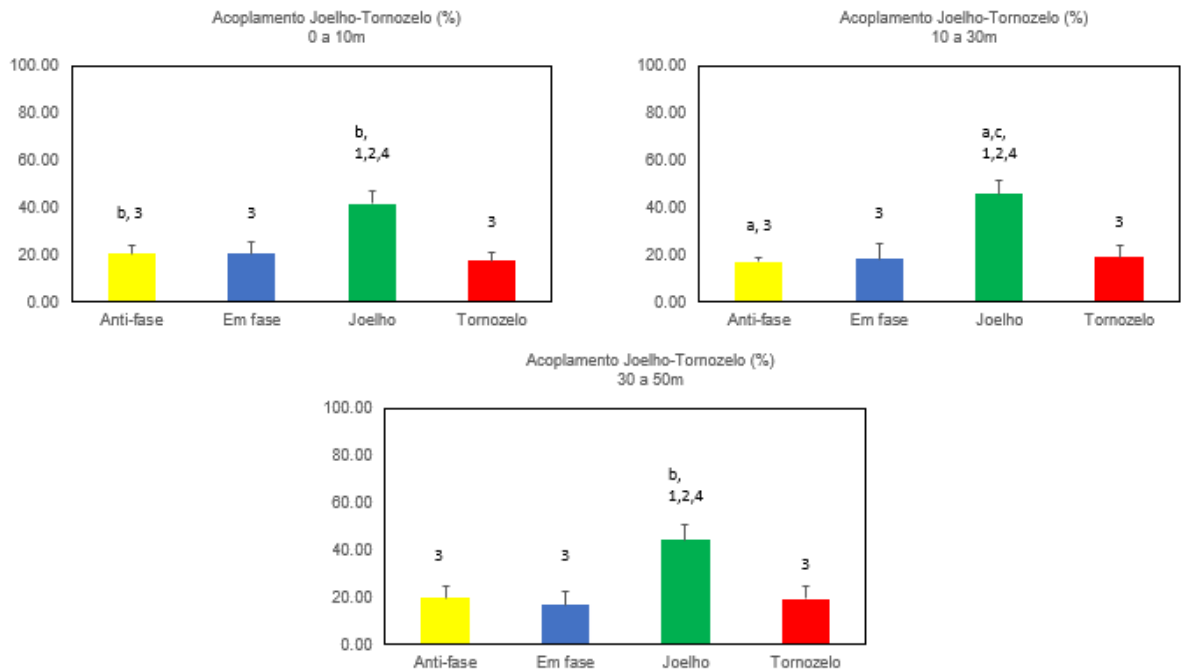
No acoplamento joelho-tornozelo foi encontrada diferença (Wald = 15.08, $p = 0.001$) no movimento anti-fase entre as fases 0 a 10 m ($20.37 \pm 3.57\%$) e 10 a 30 m ($17.05 \pm 1.92\%$). Não houve diferença entre grupos ($p = 0.12$), fases ($p = 0.06$) e interação GRUPO-FASE ($p = 0.07$) para o movimento em-fase. A rotação predominante do joelho foi maior (Wald = 18.38, $p < 0.001$) na fase 10 a 30 m ($45.84 \pm 5.69\%$) quando comparada à fase 0 a 10 m ($41.63 \pm 5.00\%$) e fase 30 a 50 m ($p = 0.049$; $43.44 \pm 6.11\%$). Não houve diferença entre grupos ($p = 0.22$), fases ($p = 0.37$) e interação GRUPO-FASE ($p = 0.058$) para a rotação predominante do tornozelo. Para este acoplamento, foi encontrada que a rotação predominante do joelho teve maior participação no ciclo do movimento em todas os trechos analisados ($p < 0.01$). A Figura 8 apresenta gráficos ângulo-ângulo (joelho e tornozelo) de atletas representantes do grupo *Top* 07 (Ranking 01) e *Last* 07 (Ranking 14) para os diferentes trechos do *sprint*. A porcentagem de participação de cada tipo de movimento para o acoplamento joelho-tornozelo é apresentada na Figura 9.

Figura 8. Ângulo-ângulo (joelho-tornozelo) para o atleta A (melhor tempo = 5.90s) e atleta B (pior tempo = 6.47s) nos diferentes trechos do *sprint*.



Fonte: o próprio autor.

Figura 9. Porcentagem de participação de cada tipo de movimento dos *sprinters* (n = 14) para os diferentes trechos do sprint para o acoplamento Joelho-tornozelo.

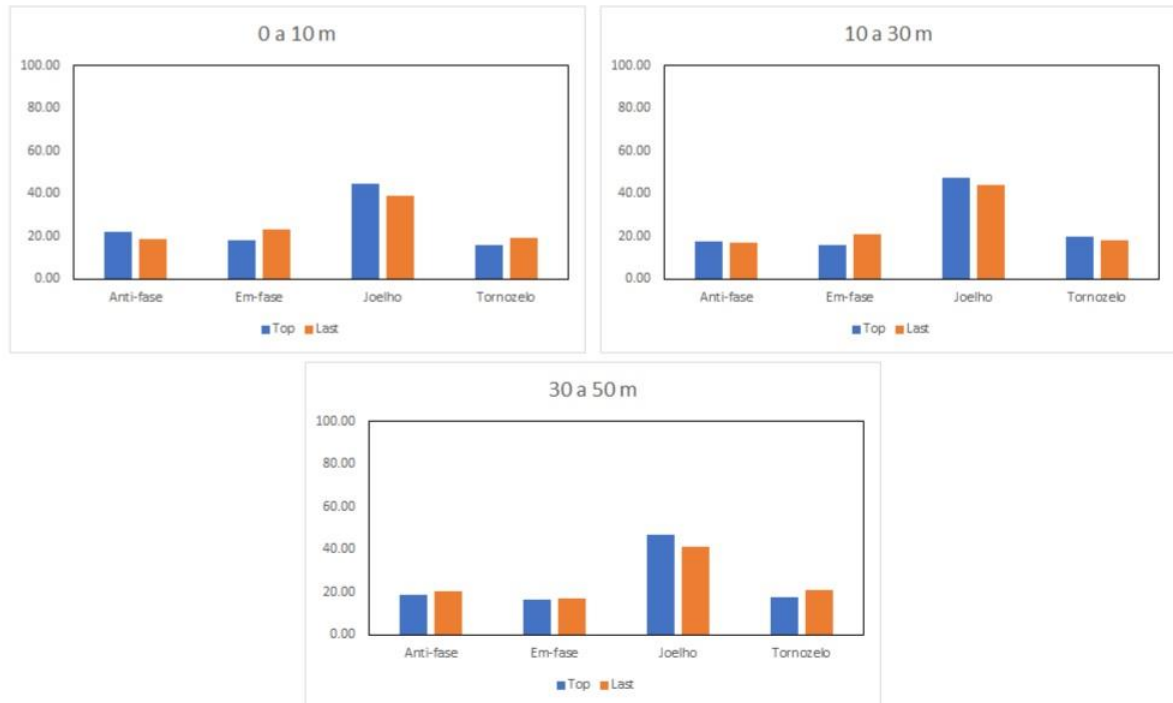


¹ Diferença para a fase 0 a 10 m ($p < 0.05$), ² Diferença para a fase 10 a 30 m ($p < 0.05$), ³ Diferença para a fase 30 a 50 m ($p < 0.05$).

Fonte: o próprio autor.

A Figura 10 apresenta a porcentagem de participação de cada tipo de movimento para o acoplamento Joelho-tornozelo dos diferentes grupos.

Figura 10. Porcentagem de participação de cada tipo de movimento dos *sprinters* dos diferentes grupos (*Top 7* e *Last 7*) para os diferentes trechos do sprint para o acoplamento joelho-tornozelo.



Fonte: o próprio autor.

4.4 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi caracterizar a variabilidade de movimento e a coordenação interarticular no *sprint* de velocistas de diferentes níveis no atletismo. Foram levantadas três hipóteses: 1- atletas mais rápidos apresentarão maiores valores de entropia, 2- diferentes trechos de um mesmo sprint apresentarão diferentes valores de entropia e 3- serão encontrados diferentes valores de coordenação entre os grupos. Foi encontrada diferença entre grupos apenas no trecho de 10 a 30 m no *sprint*. Nesta fase da corrida, a entropia do joelho foi maior no grupo *Last 7* (0.218 ± 0.024) quando comparado ao grupo *Top 7* (0.171 ± 0.024). Portanto, a primeira hipótese da pesquisa foi refutada. Além disto, houve diferença entre as diferentes fases do *sprint* para a entropia do joelho (0 a 10 m > 10 a 30 m e 30 a 50 m), sendo aceita a segunda hipótese do estudo. Para a variável VC, não houve diferença na organização do movimento entre os grupos. No entanto, foi

verificada alteração entre os diferentes trechos do *sprint*. Assim, a terceira hipótese do estudo foi refutada.

A entropia é uma medida não-linear que avalia a complexidade presente em determinada série temporal, ou seja, avalia a regularidade de uma determinada sequência de pontos. A *Sample Entropy* mensura a probabilidade de sequências similares de m pontos em uma série temporal permaneçam semelhantes em um nível de tolerância (r) quando um ponto adicional ($m + 1$) é adicionado a sequência (RICHMAN & MOORMAN, 2000). Os valores m e r foram de 2 e 0.2, respectivamente, adotados conforme estudos prévios (HUNTER et al., 2021; PINCUS & GOLDBERGER, 1994). Os maiores valores desta variável podem ser interpretados como maior flexibilidade e adaptabilidade do sistema motor em relação às mudanças ambientais imprevisíveis.

O método, apesar de ser considerado uma análise complexa, não exige a normalização dos dados e permite em sua interpretação a associação entre diferentes níveis de desempenho em uma determinada habilidade (PREATONI et al., 2010), adaptações da estratégia motora (BARTLETT et al., 2007) e suscetibilidade do sistema motor à possíveis lesões (STERGIOU & DECKER, 2011). Apesar da efetividade em analisar a variabilidade de ações motoras (PREATONI et al., 2013), poucas pesquisas são realizadas com movimentos esportivos devido a fatores como o número de tentativas coletadas, duração da habilidade e frequência de aquisição. De fato, no presente estudo, foram coletadas 3 tentativas de *sprint* de 50 metros. Pela natureza da tarefa (intensidade alta e de curta duração) e época de preparação dos atletas para eventos competitivos, houve limitação na coleta de dados de um número maior de corridas.

Outros estudos avaliaram a entropia em ações motoras esportivas, no entanto, com maior duração da tarefa ou número superior de tentativas. Homens corredores recreacionais de longa distância correram em esteira por 20 minutos ou até a falha (HUNTER et al., 2021) sob diferentes velocidades. No estudo, não houve diferença na entropia com o aumento da velocidade de corrida. Em outra pesquisa, atletas de marcha atlética (homens e mulheres), de nível internacional e nacional, realizaram 40 tentativas de 15 metros da atividade. Foi verificado maiores valores de entropia dos ângulos articulares do quadril e tornozelo para atletas mais habilidosos

na marcha atlética quando comparados a seus pares menos habilidosos (PREATONI et al., 2010).

Maiores valores de entropia estão associados a superiores níveis de habilidade, devido a flexibilidade do sistema motor em se adaptar às restrições ambientais (PREATONI et al., 2010). No entanto, no presente estudo, foi encontrado maior valor desta variável para o ângulo do joelho no trecho de 10 a 30m no grupo *Last 7* quando comparado ao grupo *Top 7*. Assim, o resultado do presente estudo vai de encontro à pesquisa de Preatoni et al. (2010). Vale ressaltar que as atividades analisadas em ambos os estudos apresentam grandes diferenças biomecânicas. A marcha atlética é uma atividade que possui restrições e demandas coordenativas específicas impostas pelas regras da modalidade. Portanto, por não se tratar de uma forma de locomoção natural, a comparação com a corrida desempenhada no *sprint* é limitada.

O *sprint* em atletas velocistas de alto rendimento pode ser caracterizado como uma tarefa que apresenta pouca variação em relação ao desempenho. Após 4 semanas de treinamento específico de *sprint*, os atletas obtiveram melhoras de 1% - 1.23% (MACKALA et al., 2019). Em outro estudo, após intervenção com um programa de treinamento de força, as melhoras observadas no *sprint* foram de até 2% (BOLGER et al., 2015). Além disto, a diminuição da variabilidade de movimento na saída de bloco pode melhorar o desempenho nos primeiros metros do *sprint* (ex.: 10 m) (BRADSHAW et al., 2007). Assim, a natureza da tarefa pode influenciar a apresentação e magnitudes da variabilidade.

Na corrida, a articulação do joelho possui papel fundamental na *stiffness* dos membros inferiores para auxiliar na eficiência do movimento (HUNTER et al., 2021). No presente estudo, a diferença encontrada entre as fases para a entropia nesta articulação (0 a 10 m > 10 a 30 m e 30 a 50 m) pode ser explicada pela ação do joelho nos primeiros passos da aceleração. Neste ponto, a flexão do joelho na fase de apoio durante o passo acarreta a produção de grandes forças sobre a articulação e tornozelo para o aumento da velocidade. Portanto, o ciclo de flexão-extensão do joelho contribuirá para o aumento da frequência e comprimento do passo e conseqüente acréscimo da velocidade (NAGAHARA et al., 2014a).

A diferença entre os grupos (*Last 7* > *Top 7*) para a entropia do joelho no trecho de 10 a 30 m do *sprint* também pode ser explicada pelo papel desta articulação na fase de aceleração. A produção e transferência de potência do joelho

para o solo e a geração de impulso no sentido vertical durante a fase de frenagem na aceleração apresenta o joelho como uma estrutura diretamente envolvida na regulação de aspectos cinemáticos e cinéticos determinantes no *sprint* (NAGAHARA et al., 2020; NAGAHARA et al., 2017a). Desta forma, a maior complexidade encontrada no grupo de atletas mais lentos apenas para o trecho de 10 a 30 m pode representar tentativas de ajustes do controle motor para adaptabilidade às forças externas atuantes relacionadas ao movimento durante o aumento da velocidade nesta fase específica do *sprint*.

A análise de coordenação interarticular auxilia na compreensão de como o sistema motor se organiza para satisfazer as demandas de uma tarefa (BEZODIS et al., 2019a). No presente estudo, foi utilizada a técnica de Vector Coding para análise da coordenação. Este método, considerado aplicável, gera ângulos de acoplamentos entre diferentes articulações ou segmentos, sendo calculado por meio do movimento de um segmento em relação ao outro (FREEDMAN SILVERNAIL et al., 2018). Na pesquisa, avaliamos a participação das diferentes possibilidades de coordenação durante a corrida, como no estudo de Seay et al. (2011). Não foi verificada diferença nesta variável entre os grupos para os acoplamentos quadril-joelho e joelho-tornozelo. Portanto, os dois grupos utilizaram estratégias coordenativas parecidas durante o *sprint*.

Durante os trechos de corrida, para o acoplamento quadril-joelho o padrão de movimento em fase foi predominante, enquanto para o acoplamento joelho-tornozelo, a rotação predominante do joelho foi o principal tipo de coordenação nos trechos do *sprint*, com exceção ao trecho 30 a 50 m. Por conseguinte, foram verificadas diferenças entre os demais padrões de coordenação no acoplamento quadril-joelho (Figura 5), enquanto a significância encontrada no acoplamento joelho-tornozelo foi relacionada ao padrão de coordenação proximal durante todo o movimento. Até onde sabemos, há uma escassez de estudos que avaliam a coordenação na fase de aceleração do *sprint*. Em um estudo, foi verificado que o acoplamento joelho-tornozelo apresentou comportamento mais estável quando comparado ao acoplamento quadril-joelho para *sprinters* de nível universitário na fase de velocidade constante do *sprint* (GITTOES & WILSON, 2010). De acordo com os autores, desenvolver estratégias cinemáticas invariantes na relação joelho-tornozelo pode restringir o aumento da velocidade. Portanto, faz-se necessária a realização de novos estudos que avaliem as estratégias coordenativas

por meio de análises lineares e não-lineares em todas as fases do *sprint* – saída de bloco, aceleração, velocidade constante e desaceleração (MERO et al., 1992).

O número de participantes e tentativas do *sprint* de 50 m adotados são considerados limitações do presente estudo. No entanto, vale ressaltar que os atletas estavam em fase competitiva, o que impediu a adoção de um número maior de tentativas. Ressalta-se que os desafios de se realizar coletas biomecânicas em todo o percurso ainda é um fator limitador nas diversas pesquisas publicadas sobre o assunto. Por fim, a dificuldade em encontrar mudanças na complexidade em tarefas de curta duração como o *sprint* pode dificultar a análise da entropia, uma vez que este método não-linear não permite a interpretação de informações para diferentes fases de um mesmo movimento (HUNTER et al., 2021; PREATONI et al., 2013).

4.5 CONCLUSÃO

O grupo de *sprinters Last 7* apresentou maior entropia do joelho para a fase de 10 a 30 m quando comparado ao grupo *Top 7*. Além disto, a entropia do joelho foi maior na fase 0 a 10 m para ambos os grupos quando comparada às fases 10 a 30 m e 30 a 50 m. Pela articulação do joelho apresentar papel fundamental na produção e transferência de potência na corrida devido aos movimentos de flexão e extensão com o objetivo de aumentar a velocidade, o sistema motor pode realizar ajustes para melhor adaptação às forças externas atuantes no *sprint*. No presente estudo, não foi encontrada diferença nas estratégias coordenativas entre os grupos. Portanto, sugere-se que *sprinters* de diferentes níveis utilizem a mesma estratégia coordenativa durante a fase de aceleração da corrida. Por conseguinte, sugere-se a realização de novos estudos que abordem análises lineares e não-lineares para diferentes fases do *sprint*.

5 ESTUDO 03: CARACTERIZAÇÃO DO AQUECIMENTO DE VELOCISTAS BRASILEIROS DE ELITE PARA SESSÕES DE TREINAMENTO E COMPETIÇÕES DE VELOCIDADE: UM QUESTIONÁRIO COM TÉCNICOS

RESUMO

O objetivo do estudo foi identificar os métodos de aquecimento adotados por treinadores brasileiros de referência da prova dos 100 metros rasos no atletismo. Participaram do estudo, quatro técnicos de velocistas brasileiros de elite, detentores de títulos nacionais e internacionais (experiência média = 19.5 anos). Todos os participantes responderam um questionário que apresentou perguntas abertas sobre os protocolos de aquecimento adotados durante uma sessão de treinamento de velocidade, antes de competições secundárias e de competições-alvo. Para interpretação dos dados, foi adotado o método de análise de conteúdo, com categorização a posteriori de Bardin. Foram criadas as seguintes categorias: 1- Aquecimento de velocistas em sessões de treinamento; 2- Aquecimento de velocistas antes de competição; 3- Utilização de exercícios com pesos durante o aquecimento. Na categoria 1, as principais práticas de aquecimento envolvem corridas de intensidade leve, alongamento dinâmico, exercícios coordenativos e *sprints* curtos. Antes de competição (categoria 2), o aquecimento é realizado com as práticas adotadas na categoria 1, com acréscimo de um maior número de *sprints* e exercícios com barreiras. Os técnicos não alteram a rotina de aquecimento de acordo com a importância da competição. Em caso de uma mais de uma prova de 100 metros no mesmo dia (ex.: semifinal e final), a maioria dos treinadores afirmou optar por um aquecimento com menor duração e volume. Na categoria 3, os técnicos afirmaram não utilizar exercícios com pesos durante o aquecimento dos atletas. A falta de consenso sobre o tema e a dificuldade de aplicação em ambiente competitivo podem contribuir para a não utilização de protocolos com exercícios com pesos na rotina de aquecimento. Sugerimos a realização de estudos que simulem a rotina de competição dos atletas, respeitando a realidade dos espaços disponíveis e possibilidades de aplicação.

Palavras-chave: Aquecimento; Atletismo; Sprints; Análise de conteúdo.

5.1 INTRODUÇÃO

Os 100 metros rasos é uma prova de corrida em velocidade no atletismo caracterizada por apresentar o atleta mais rápido do evento. Devido a esta característica e sua influência em outras variáveis relacionadas ao desempenho humano, como a associação com a potência de membros inferiores (SLAWINSKI et al., 2017), esta atividade tem recebido atenção na área científica por meio de estudos sobre o *sprint* (MORIN et al., 2012; PILIANIDIS et al., 2012; TREZISE et al., 2011).

Na biomecânica, variáveis cinemáticas e dinâmicas têm sido adotadas para explicar o desempenho dos atletas. Foi verificado que o melhor desempenho de Usain Bolt sobre os demais velocistas está relacionado ao maior comprimento de passo e capacidade de gerar maior força de reação do solo, além de menor deslocamento vertical do centro de massa (ČOH et al., 2018). Ademais, é conhecido que velocistas de elite apresentam melhor combinação entre comprimento e frequência de passos quando comparados à velocistas com desempenho inferior (KUNZ & KAUFMANN, 1981). No entanto, apesar dos elementos apontados, ainda não se tem claro sobre a influência de algumas variáveis do treinamento no resultado final de competição, como as práticas adotadas no aquecimento.

A realização de exercícios como aquecimento antes de uma atividade principal é extensivamente recomendada no âmbito prático e científico. Fatores como o aumento da temperatura muscular e preparação dos músculos e articulações para a tarefa subsequente são determinantes para a adoção deste tipo de atividade (MCGOWAN et al., 2015). Para habilidades que requeiram potência muscular, como o *sprint*, exercícios com pesos, que envolvem o ciclo alongamento-encurtamento e contrações isométricas podem ser adicionados à rotina de aquecimento dos atletas para melhorar o desempenho subsequente (HEALY & COMYNS, 2017), devido ao processo de potencialização do desempenho pós-ativação (PAPE) (BEATO et al., 2019; ESFORMES et al., 2010; ESFORMES et al., 2011; SEITZ & HAFF, 2016).

Apesar dos métodos apresentados na literatura, não se sabe se as informações presentes são aplicadas no âmbito prático, com treinadores de provas de velocidade no atletismo. Desta forma, conhecer como os técnicos de velocidade

organizam a rotina de aquecimento de seus atletas pode associar lacunas presentes tanto no âmbito da prática esportiva, quanto no campo científico, como a duração do aquecimento, intensidade e número de exercícios utilizados em velocistas de elite. Além disto, com os resultados desta pesquisa, novos estudos poderão ser realizados para avaliar o efeito de diferentes protocolos de aquecimento no desempenho de *sprinters*. Portanto, o objetivo deste estudo foi identificar os métodos de aquecimento adotados por treinadores brasileiros de referência da prova dos 100 metros no atletismo.

5.2 MÉTODOS

5.2.1 Participantes

Participaram do estudo, 4 técnicos de velocistas brasileiros de elite. Todos os técnicos possuem passagens pela seleção brasileira e títulos nacionais e internacionais. Para participar do estudo, os técnicos deveriam apresentar atletas até a décima posição do ranking brasileiro na prova dos 100 metros rasos no ano de 2019. Devido à preparação para as competições do primeiro semestre, os principais atletas desta prova já apresentavam marcas registradas na referida época. A caracterização da amostra é apresentada na Tabela 10.

Tabela 10. Caracterização da amostra.

Técnico	Tempo de Experiência como técnico	Principal conquista
Treinador A	5 anos	Campeonato mundial de Revezamento – Yokohama (2019)
Treinador B	15 anos	Campeonato Mundial de Revezamento – Yokohama (2019)
Treinador C	37 anos	Medalha de Bronze nos Jogos Olímpicos de Pequim (2008)
Treinador D	21 anos	Campeonato Sul-Americano de Atletismo (2019)

Fonte: o próprio autor.

5.2.2 Procedimentos Experimentais

Os participantes foram contatados por meio de cadastro na Confederação Brasileira de Atletismo e contatos profissionais. Todos os técnicos foram informados do objetivo e procedimentos do estudo. O consentimento de participação consistiu na autorização do envio do questionário e submissão das respostas. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Local (3.951.481). O instrumento de avaliação foi criado com a consulta de pesquisadores da área de Biomecânica e Fisiologia do Exercício, além de treinadores de atletismo de provas de velocidade que responderam ao questionário e enviaram sugestões. O questionário consistiu em perguntas abertas sobre os protocolos de aquecimento adotados durante uma sessão de treinamento de velocidade, antes de competições secundárias e antes das competições-alvo. Além disto, também foi perguntado sobre o uso de exercícios com pesos na rotina de aquecimento no dia da competição. As perguntas referentes ao questionário são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11. Práticas de aquecimento adotadas por treinadores de velocistas de elite.

Questão 01

- 1- Quais os exercícios utilizados durante o aquecimento de um sprinter precedem sua sessão de treinamento de velocidade?
 - a) Quanto tempo antes da parte principal do treinamento este aquecimento é realizado?
 - b) Qual a duração deste aquecimento?

Questão 02

- 2- Quais os exercícios utilizados durante o aquecimento de um sprinter precedem uma competição de nível classificatório durante a temporada? Ex.: Torneios e Campeonatos Estaduais.
 - a) O aquecimento é iniciado quanto tempo antes da prova?
 - b) Qual a duração deste aquecimento?
 - c) Dentro da pista o atleta realiza algum protocolo ou exercício específico antes do tiro de partida?

Questão 03

Os exercícios utilizados em torneios classificatórios são os mesmos dos utilizados em competições-alvo? Ex.: Troféu Brasil, Campeonatos Mundiais, Jogos Olímpicos, dentre outros.

Questão 04

Em caso de mais de uma prova no mesmo dia, a mesma rotina de aquecimento é realizada?

Questão 05

Faz a utilização de exercícios com pesos na rotina de aquecimento no dia da competição? Se sim, com qual carga? Como a carga é controlada?

Fonte: o próprio autor.

5.2.3 Análise de Dados

Todas as respostas enviadas por meio do questionário foram analisadas. Para a interpretação dos dados, foi adotado o método de análise de conteúdo (BARDIN, 1977) com categorização *a posteriori*. Este método consiste na classificação de elementos integrantes de um conjunto por meio de diferenciação e posteriormente por reagrupamento de elementos que apresentam características parecidas (BARDIN, 1977). Assim, foram adotadas as seguintes categorias, a saber:

Categoria 01- Aquecimento de velocistas em sessões de treinamento; Categoria 02- Aquecimento de velocistas antes de competição; Categoria 03- Utilização de exercícios com pesos durante o aquecimento.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Categoria 01 – Aquecimento de velocistas em sessões de treinamento

É consenso na literatura que a realização de um aquecimento antes da atividade principal é importante para alcançar o melhor desempenho. Aquecimentos ativos, caracterizados por apresentar uma parte aeróbia, *sprints*, exercícios que focam a potencialização do desempenho pós-ativação e jogos reduzidos são métodos conhecidos para melhorar o desempenho em atletas (MCGOWAN et al., 2015). No entanto, no presente estudo é possível acompanhar que os técnicos de velocistas de elite seguem um padrão semelhante de estímulos, prezando por exercícios de alta velocidade para os membros inferiores.

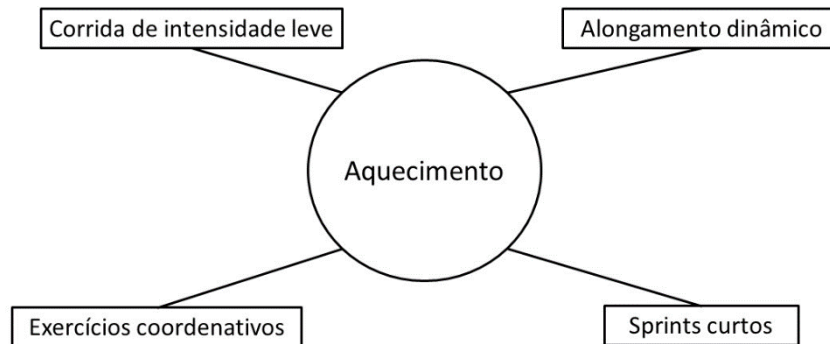
O treinador “A” realiza *“Aquecimento ativo, todos os exercícios bem rápidos com ênfase nos músculos Glúteo, Abdutores, Adutores, Panturrilhas e Região Abdominal”*. O treinador “B” utiliza *“(…) corridas progressivas, alongamentos dinâmicos, mobilizações articulares, técnicas de corridas e acelerações”*. De fato, a utilização de exercícios dinâmicos pode auxiliar na melhora do desempenho subsequente. Foi verificado que exercícios dinâmicos como saltos, corridas e movimentos técnicos de corrida podem melhorar a potência e agilidade em atletas (MCMILLIAN et al., 2006). Além disto, os técnicos objetivam a realização do aquecimento ativo para o aumento da temperatura muscular e preparação dos músculos e articulações. Segundo o treinador C *“A primeira parte do aquecimento é realizada para aumentar a temperatura corporal por meio de corrida leve, seguido de corridas progressivas, intercaladas com exercícios de mobilidade”*. Esta prática vai ao encontro da prática realizada pelo treinador D, *“Minha ideia é preparar a musculatura abaixo da região do glúteo e quadril (...) minha ideia é preparar a musculatura da região anterior, medial e posterior da coxa”*.

O aumento da temperatura muscular proporcionada pelo aquecimento ativo acarreta no decréscimo da rigidez de músculos e articulações, aumento da transmissão de impulsos nervosos e alteração da relação força-

velocidade (BINKHORST et al., 1977). Portanto, é uma prática altamente recomendada, comprovada na literatura e com ampla utilização na preparação de velocistas. Apesar disso, outras variáveis podem influenciar a eficácia do aquecimento sobre o *sprint*, como a duração. De acordo com Bishop (2003), a duração do aquecimento depende da intensidade do exercício. Com o decorrer da atividade, as reservas energéticas são gastas e o desempenho para movimentos rápidos é prejudicado, sendo necessário um intervalo antes da tarefa principal. De fato, a duração do aquecimento apontada pelos técnicos participantes é de aproximadamente 50 a 60 minutos, no entanto, há uma pausa antes da tarefa principal para que a sessão de *sprint* não seja comprometida (Treinador C: *“terminado o aquecimento, pausa antes de iniciar os treinos de velocidade”*).

Nesta primeira etapa verifica-se que o aquecimento de músculos e o aumento de amplitude em movimentos articulares para a sessão de *sprint* são os principais objetivos adotados pelos técnicos. Além disso, existe concordância nos métodos descritos, ou seja, no discurso dos treinadores não foi encontrada discrepância das características da atividade. Assim, em linhas gerais, as práticas adotadas vão ao encontro das recomendações presentes na literatura, independentemente da amostra utilizada. A Figura 11 apresenta os principais componentes do aquecimento em sessões de treinamento, para os técnicos entrevistados.

Figura 11. Aquecimento para velocistas brasileiros de elite da prova de 100 metros rasos realizado antes de sessões de treinamento de velocidade de acordo com os técnicos entrevistados.



Fonte: o próprio autor.

Categoria 02 – Aquecimento de velocistas antes de competição

Apesar dos estudos presentes na literatura que abordam a importância do aquecimento (BISHOP, 2003), não há descrição sobre a rotina de aquecimento de velocistas momentos antes da competição. Isto pode ser explicado pela dificuldade de se realizar coletas de dados antes de eventos importantes, para os quais os atletas se preparam durante a temporada. De acordo com o Treinador A, o aquecimento para competição se aproxima das atividades prévias que são realizadas antes de uma sessão de treinamento de *sprint*. Além do aquecimento ativo, são utilizados “...*skipping (elevação do joelho) cinco repetições, skipping unilateral cinco repetições...cinco saltos verticais bem rápidos 10 minutos antes de entrar no bloco de partida*”. De fato, a utilização de aquecimento ativo, acompanhado de exercícios de coordenação da corrida podem ser suficientes para preparar o atleta para o *sprint*. Uma vez que o tempo de aquecimento para eventos é limitado, os técnicos devem utilizar esta atividade para trabalhar de forma eficiente, com corridas de baixa intensidade, exercícios coordenativos, exercícios de alongamento e corridas com aceleração (SANDER et al., 2013).

Para o treinador B, o aquecimento realizado antes da prova também é idêntico ao realizado nos treinamentos, no entanto, quando o atleta já está na pista, este é instruído a “...realizar saídas de bloco e aceleração”, antes do tiro de partida. Apesar da especificidade, os técnicos ainda podem optar pela inclusão de mais exercícios, como o Treinador C: “O procedimento do aquecimento nas competições regionais e estaduais não difere do aquecimento que se realiza nos treinamentos de velocidade, incluindo as saídas de bloco, 2 a 3 saídas, distância de 30 metros...recomendo antes da prova (20 a 25 minutos), realizar um tiro de 60 metros forte. Depois, descansar para a prova. Na pista, ajustar os blocos de acordo com o treinamento, e caso queira, uma saída de bloco de 10 metros”. O Treinador D instrui seus atletas a iniciarem o aquecimento 50 minutos antes da prova e além das práticas já citadas neste estudo, acrescenta: “exercícios de quadril em seis e quatro apoios no solo (no máximo 4 minutos) ...exercícios com barreiras, buscando sempre o solo (no máximo 4 minutos)”. Em contrapartida ao relatado pelo Treinador D, Sander et al. (2013) afirmam que exercícios funcionais adicionais podem não apresentar maior ativação e aquecimento dos músculos para a atividade principal quando comparado ao aquecimento convencional.

No presente estudo, os técnicos também relataram que não alteram a rotina de aquecimento de acordo com a importância da competição. São utilizados os mesmos exercícios. De acordo com o Treinador C “...os mesmos procedimentos são realizados nas competições-alvo, porque os aquecimentos realizados nas competições não-alvo são uma preparação para a competição-alvo”. Outra particularidade inerente à prova dos 100 metros rasos é a possibilidade de serem realizadas etapas eliminatórias e finais no mesmo dia (com duas a três horas de intervalo), obrigando os atletas às atividades de aquecimento mais de uma vez. Neste caso, o Treinador A realiza a mesma rotina nas diferentes etapas. Em contrapartida, os demais treinadores ajustam alguns parâmetros, como a duração e volume do aquecimento. Segundo o Treinador B “...para os próximos sprints o aquecimento fica mais rápido e direto, iniciando nos alongamentos dinâmicos e com menos exercícios”. O Treinador C “...o aquecimento é realizado de uma forma mais específica, no segundo sprint a forma de aquecimento muda” e o Treinador D “...de acordo com a performance no sprint anterior, altero as pausas entre os exercícios e mudo os exercícios coordenativos” também realizam outras instruções.

Este é o primeiro estudo que descreve as práticas adotadas para o reaquecimento de velocistas no atletismo. Na literatura, há o enfoque deste tópico para esportes coletivos, como o futebol e futebol americano. A inclusão do reaquecimento é uma tarefa complexa, uma vez que envolve maior manipulação do volume, intensidade e recuperação (ABADE et al., 2017). Exercícios de curta duração com contrações musculares de alta intensidade, como a pliometria, podem aumentar o desempenho da potência muscular devido ao aumento da atividade do sistema nervoso central (ABADE et al., 2017). Em contrapartida, a utilização de exercícios de curta duração e intensidade baixa/moderada também são recomendados para o reaquecimento (YANAOKA et al., 2018). Por conseguinte, os estudos que abordam este tópico analisam intervalos curtos entre o aquecimento e o reaquecimento, como durante um intervalo de partida de futebol. No atletismo, o intervalo entre fases eliminatórias dos 100 metros rasos é maior, cerca de 2 a 3 horas, sendo inviável a aplicação dos resultados para os velocistas. Assim, é necessário o desenvolvimento de estudos que abordem os efeitos do reaquecimento no desempenho de velocistas na prova dos 100 metros.

Categoria 03- Utilização de exercícios com pesos durante o aquecimento

É conhecido que o acréscimo de diferentes atividades condicionantes durante a rotina de aquecimento pode aumentar o desempenho em tarefas subsequentes que requeiram potência muscular (SEITZ & HAFF, 2016). Esta melhora é causada por um processo denominado Potencialização do Desempenho Pós-Ativação (PAPE), o qual possui como componente fisiológico a fosforilação da miosina regulatória de cadeia leve, podendo acarretar em um maior número de pontes cruzadas no processo de contração muscular (BATISTA et al., 2010). Diversas tarefas podem ser realizadas para analisar o efeito da PAPE sobre o desempenho, como saltos, arremessos e sprints. É conhecido que a PAPE possui efeito moderado no sprint (SEITZ & HAFF, 2016). Apesar disso, no presente estudo, os técnicos relataram que não utilizam protocolos específicos de PAPE, como exercícios com pesos como AC, durante o aquecimento de seus atletas em competições.

Segundo o Treinador A, para a competição “*o atleta fica 2 dias em descanso antes da competição, não faz absolutamente nada. Ele compete*

totalmente descansado”. A resposta vai ao encontro dos métodos adotados pelo Treinador C: “*não utilizo exercícios com carga (peso) na rotina do aquecimento...tive alguns atletas que se sentiam mais confiantes fazendo exercícios de saltos reativos, mas não recomendo...mais efeito placebo, porque o atleta tem que entrar na prova descansado a nível neuromuscular*”. Os treinadores B e D também não adotam tal prática. É possível identificar uma preocupação com os possíveis efeitos da fadiga desencadeados por esta atividade condicionante. De fato, após a realização de um exercício dois processos podem ocorrer de forma simultânea no músculo, a fadiga e a potencialização. A ocorrência de um ou outro processo será determinada por fatores como a intensidade do exercício utilizado, o *status* de treinamento do sujeito e o intervalo entre atividade condicionante e tarefa principal.

Estudos têm verificado efeito da PAPE sobre o desempenho no sprint após realização de exercícios balísticos, de intensidade moderada. Creekmur et al. (2017) verificaram que séries múltiplas de saltos pliométricos podem potencializar o desempenho em sprints de 20 e 40 metros. Além disto, em um estudo recente foi verificado que a utilização da pliometria como atividade condicionante aumentou o comprimento de passo na segunda metade de um sprint de 100 metros (GIL et al., 2019). No entanto, a amostra foi composta por sujeitos fisicamente ativos, impedindo a generalização dos resultados para atletas velocistas de elite. No presente estudo, os treinadores relataram a utilização de exercícios balísticos como os saltos verticais e *sprints* de curta distância na rotina de aquecimento. Assim, mesmo sem estabelecerem parâmetros específicos para estas tarefas (número de saltos, séries e intensidade dos *sprints*), estes profissionais fazem uso de AC reconhecidas na literatura como desencadeadoras da PAPE. Por conseguinte, também são encontrados estudos que verificaram piora no desempenho do sprint após a realização de diferentes atividades condicionantes (KÜMMEL et al., 2016; LIM & KONG, 2013).

O desempenho no sprint não melhorou após contrações voluntárias isométricas máximas para os membros inferiores e 3 repetições com 90%RM no exercício de Meio-agachamento em velocistas (LIM & KONG, 2013). Exercícios pliométricos também não potencializaram o desempenho no sprint de 30 metros, tempo de contato e comprimento de passo de atletas experientes na atividade (KÜMMEL et al., 2016). A falta de consenso sobre o tema pode contribuir com a não utilização dos protocolos de PAPE pelos técnicos entrevistados, uma vez que, estes

evitam a exposição de seus atletas a métodos que possam prejudicar o desempenho. Ainda, problemas logísticos podem impedir a utilização da PAPE, já que muitas pistas de atletismo podem não apresentar materiais para uso de todos os atletas momentos antes de um evento esportivo. Em contrapartida, a dificuldade de coleta de dados com atletas antes de competições também pode influenciar. Assim, sugerimos que sejam realizados estudos com exercícios que possam ser aplicados durante o aquecimento de atletas antes da prova, respeitando a realidade dos espaços disponíveis e a possibilidade de aplicação dos métodos no âmbito prático. Como limitação do presente estudo, o número de treinadores impede que seja realizada uma generalização para todos os profissionais que trabalham com provas de velocidade no atletismo.

5.4 CONCLUSÃO

O presente estudo identificou os métodos de aquecimento adotados por treinadores brasileiros da prova dos 100 metros rasos no atletismo. O aquecimento ativo adotado pelos treinadores vai ao encontro das recomendações presentes na literatura, com exercícios que visam o aumento da temperatura muscular e preparação das estruturas corporais para a atividade subsequente, como corrida de intensidade leve, alongamento dinâmico, exercícios coordenativos e sprints. O mesmo protocolo de aquecimento é utilizado em competições (não-alvo e alvo). Em casos de fases eliminatórias em um mesmo dia, os técnicos adaptam o aquecimento em sua intensidade, duração e número de exercícios. Por conseguinte, os técnicos entrevistados não utilizam exercícios com pesos durante o aquecimento dos atletas. Foi identificado que a possibilidade de gerar fadiga e a falta de consenso nas pesquisas sobre o tema são os principais motivos para a exclusão deste tipo de atividade condicionante.

6 ESTUDO 04: EFEITO PÓS-ATIVIDADES CONDICIONANTES NA POTENCIALIZAÇÃO DO DESEMPENHO NO SPRINT EM VELOCISTAS NO ATLETISMO

RESUMO

Exercícios de treinamento de força com porcentagens de repetições máximas (RM) têm sido utilizados para aumentar o desempenho em tarefas subsequentes, como no *sprint*. Este aumento pode ser denominado como potencialização do desempenho pós-ativação (PAPE). No entanto, medidas relacionadas à RM podem não representar a força e velocidade aplicadas no movimento esportivo, além de causar maior estresse muscular. Em contrapartida, o uso de cargas ótimas que maximizam a produção de potência (*Optimum Power Load (OPL)*) apresenta maior similaridade com as práticas esportivas, com o movimento de cargas submáximas em altas velocidades. Desta forma, o objetivo do estudo foi verificar o efeito de diferentes atividades condicionantes no *sprint* de atletas velocistas no atletismo. Participaram do estudo, 13 atletas *sprinters*, homens (homens, $25,07 \pm 4,90$ anos; $73,69 \pm 9,26$ kg; $1,78 \pm 0,06$ m; tempo nos 100 m: $10,57 \sim 11,70$) no atletismo, em período competitivo. Foi analisado o efeito de duas atividades condicionantes: *Jump Squat* com OPL (JS OPL) e *Jump Squat* com 80%RM (JS 80%RM) sobre o salto vertical, *sprint* de 50 metros e propriedades contráteis, mensuradas por meio da tensiomiografia (TMG). Primeiramente, os indivíduos foram submetidos a análise de tensiomiografia nos músculos Reto femoral e Bíceps femoral. Após, os participantes foram instruídos a realizar um aquecimento de rotina de seus treinamentos, composto por corridas de intensidade leve, movimentos balísticos e exercícios coordenativos do *sprint*. Foram mensuradas a TMG, três saltos verticais com contra-movimento (CMJ) e um *sprint* de 50 m, cinco minutos após o aquecimento. Posteriormente, foi realizado 1 x 3 repetições de uma das atividades condicionantes (randomizadas – diferentes sessões com 48 horas de intervalo mínimo). Foram repetidos os testes de TMG, salto vertical e *sprint* após 5 e 10 minutos da atividade condicionante (AC). Foi adotado o método de Equações de Estimativas Generalizadas para analisar o efeito das diferentes AC's sobre o CMJ e *sprint*. Para análise do efeito da AC sobre as propriedades contráteis foi adotada uma ANOVA *Two-Way* (2 x 4). Não houve melhora das variáveis após as AC's. A ausência de mudanças nas propriedades contráteis pode ser explicada pela alta carga de treinamento que os atletas são submetidos durante uma temporada. No entanto, por meio de análises intraindividuais, foram verificadas melhoras nas variáveis CMJ e *sprint*, sem distinção de exercício de aquecimento e intervalo entre AC e tarefa subsequente. Por ser uma variável que apresenta baixa variação, pequenas porcentagens de melhora no *sprint* podem influenciar o resultado de uma competição. Desta forma, sugere-se a realização de análises intraindividuais em atletas de elite.

Palavras-chave: Sprint. Atletismo. Jump Squat. Optimum Power Load.

6.1 INTRODUÇÃO

Exercícios com pesos de carga moderada à alta e exercícios pliométricos como atividade condicionante (AC) são propostos para melhorar o desempenho em atividades subsequentes como *sprints*, saltos verticais e arremessos (SEITZ & HAFF, 2016). Estudos recentes denominam esta potencialização do desempenho pós-ativação (PAPE) (BOULLOSA et al., 2020; PRIESKE et al., 2020). Este aumento de desempenho tem sido explicado por diferentes vertentes e processos fisiológicos, como aumento da quantidade de pontes cruzadas no processo de contração muscular, aumento da temperatura muscular, características de fibras musculares, nível de treinamento dos atletas, entre outros (BATISTA et al., 2010; BLAZEVIČ & BABAULT, 2019; SEITZ & HAFF, 2016).

Diferentes métodos têm sido utilizados para gerar a PAPE, como exercícios pliométricos (PEREIRA et al., 2022) e exercícios de treinamento de força tanto com porcentagens de repetições máximas (RM) (KOBAL et al., 2019; SEITZ & HAFF, 2016) como baseados na carga da máxima potência (*optimum power load*, OPL). No entanto, medidas relacionadas ao RM podem representar apenas a maior massa que um indivíduo consegue levantar em um número de repetições específicas, sem refletir a força e velocidade aplicados no movimento esportivo. Além disto, cargas baseadas em altas porcentagens de RM causam maior estresse muscular (LOTURCO et al., 2022), prejudicando a ocorrência da potencialização (ESFORMES et al., 2011).

A OPL (LOTURCO et al., 2015b), que consiste na determinação da carga que maximiza a produção de potência, também pode ser utilizada como um meio de AC (DELLO IACONO & SEITZ, 2018). A vantagem da utilização da OPL é a otimização da força e velocidade por meio de cargas ótimas, de modo similar a variadas práticas esportivas, nas quais os praticantes necessitam movimentar cargas submáximas com a máxima velocidade (LOTURCO et al., 2022). De maneira crônica, um treinamento baseado na OPL foi capaz de aumentar a força, velocidade e potência em diferentes populações atléticas, quando comparado aos métodos tradicionais de treinamento de força (LOTURCO et al., 2022). Como atividade condicionante, a utilização da OPL no exercício *hip-thrust* aumentou o desempenho no *sprint* de 20 m em jogadores de futebol (DELLO IACONO & SEITZ, 2018).

O *sprint* é uma atividade que apresenta baixas variações de desempenho. Ao acompanhar a evolução das marcas nos 100 metros rasos durante uma temporada, foram encontradas oscilações de baixa magnitude no desempenho (~0.3 s) em atletas jovens (MIYAMOTO & YANAGIYA, 2016). Após intervenções de treinamento de força, o *sprint* apresentou melhoras de 1-2% (BOLGER et al., 2015). Além disto, para atletas velocistas de alto rendimento, melhoras de desempenho em 0.3 a 2% podem determinar o ganho de medalhas extras em eventos esportivos (HOPKINS, 2004). Desta forma, determinar métodos que potencializem o desempenho do *sprint*, mesmo em baixas magnitudes, pode ser importante para atletas e técnicos de velocidade no alto rendimento.

O objetivo deste estudo foi verificar o efeito de diferentes atividades condicionantes no *sprint* de atletas velocistas no atletismo. Foram levantadas duas hipóteses, a saber: 1- o tempo no *sprint* melhorará após realização das atividades condicionantes; 2- o protocolo com OPL acarretará melhor desempenho quando comparado ao método com alta carga. O presente estudo auxiliará profissionais e atletas das provas de velocidade no atletismo em definir os melhores protocolos para aquecimento antes de um treino de velocidade ou competição.

6.2 MÉTODOS

6.2.1 Participantes

Participaram do estudo 13 atletas *sprinters* (homens, 25,07 ± 4,90 anos; 73,69 ± 9,26 kg; 1,78 ± 0,06 m; tempo nos 100 m: 10,57 ~ 11,70) no atletismo, em período competitivo, selecionados por conveniência. Para participar do estudo, os atletas deverão apresentar frequência semanal de cinco sessões de treinamento por semana e não apresentar patologias neuromusculares verbalmente relatadas nos três meses anteriores ao início da coleta. Os atletas são considerados de nível nacional e internacional, com um atleta participante dos Jogos Olímpicos de Tóquio – 2020. Todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Londrina (CEP-UEL), sob número 5.253.014.

6.2.2 Local de Realização do Estudo

As coletas foram realizadas nas dependências do Núcleo de Alto Rendimento Esportivo de São Paulo (NAR) em ambiente indoor (raia com piso oficial da modalidade).

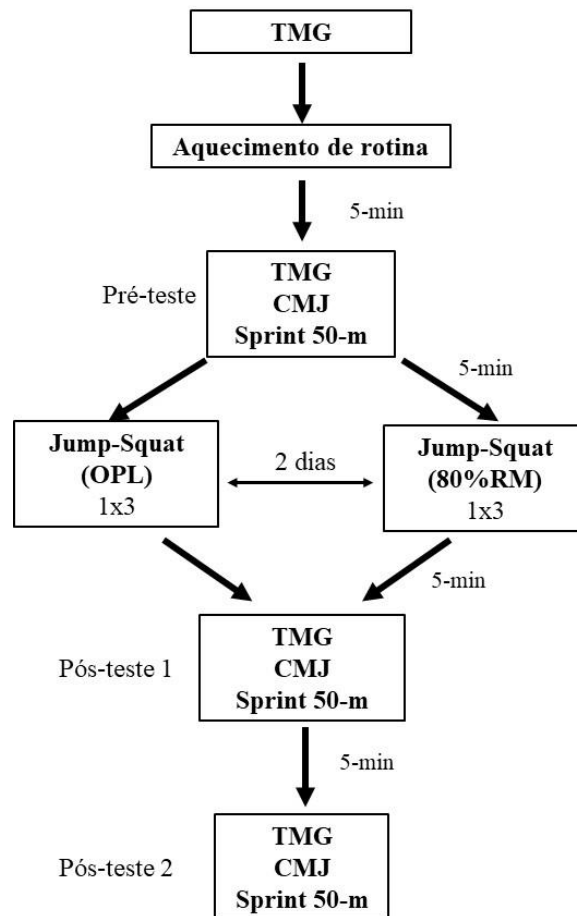
6.2.3 Instrumentos

Para análise do *sprint*, quatro pares de fotocélulas (Smart Speed, Fusion Equipment, Austrália) foram posicionadas nas distâncias 0, 10, 30 e 50 metros. O salto vertical com contramovimento foi mensurado sobre uma plataforma de salto (Elite Jump®, S2 Sports, São Paulo, Brasil). Além disto, para análise de parâmetros neuromusculares, foi utilizado um tensiomiógrafo (TMG Measurement System, TMG-BMC Ltd., Ljubljana, Eslovênia).

6.2.4 Desenho do Estudo

Este é um estudo *crossover* com condições experimentais randomizadas. Foi analisado o efeito de diferentes atividades condicionantes sobre o salto vertical e *sprint* de 50 metros em velocistas de alto rendimento no atletismo. Os atletas compareceram ao local de pesquisa por 3 vezes, com intervalo mínimo de 48 horas entre cada. A primeira sessão foi destinada ao teste de 1 repetição máxima do exercício *Half-Squat* e teste de *Optimum Power Load* no exercício *Jump-Squat*. As duas condições experimentais posteriores foram randomizadas e o design do estudo é apresentado na Figura 12. Todos os indivíduos foram instruídos a evitar a ingestão de bebidas cafeinadas e alcoólicas, além de atividades físicas intensas 24 horas antes de cada condição experimental. Os atletas utilizaram suas próprias vestimentas e calçados (adequados para a prática) em todas as condições experimentais. Antes do pré-teste, todos os participantes realizaram um aquecimento convencional, da rotina de treinamento dos atletas, composto por corrida de intensidade leve, movimentos balísticos e exercícios coordenativos do *sprint*.

Figura 12. Design do estudo.



Legenda: Inicialmente foi realizada TMG dos músculos Reto Femoral e Bíceps Femoral. Em seguida, os atletas realizaram o aquecimento de rotina, sendo procedido pelos testes de TMG, CMJ e sprint de 50-m (Pré-Teste). Após o Pré-teste, foram desempenhadas as atividades condicionantes (randomizadas). Os pós-testes (5 e 10 minutos) consistiram na realização de TMG, CMJ e sprint de 50-m.

Fonte: o próprio autor.

6.2.5 Procedimentos experimentais

6.2.5.1 Teste de RM half-squat

Antes das condições experimentais, uma sessão foi destinada à realização do teste de repetição máxima de *Half-Squat* (HS) e teste de *Optimum Power Load* no exercício *Jump-Squat* (JS). Para o teste de RM no HS, os atletas realizaram um aquecimento composto por 5 repetições do exercício com carga aproximada de 50% da 1RM estimada. Três minutos após o aquecimento, foram

realizadas até 5 repetições em aproximadamente 70%, 80%, 90% e > 95% da 1RM estimada para obter a 1RM real. Foi adotado um intervalo de 3 minutos entre a progressão de cargas. O teste foi realizado em um aparelho *Smith (Hammer-Strength Equipment, Illinois, Estados Unidos)*. Os participantes foram instruídos a realizar a fase concêntrica do movimento na maior velocidade possível em todas as tentativas. A velocidade média propulsiva foi analisada a uma frequência de aquisição de 1000 Hz por um transdutor de velocidade linear (*T-Force, Dynamic Measurement System; Ergotech Consulting S.L., Murcia, Espanha*), acoplado na barra do aparelho *Smith*. Foi adotado um ângulo de flexão do joelho em 90°, o qual foi controlado pelo avaliador. Para evitar viés e garantir um padrão de movimento, variações de deslocamento da barra maiores que 5% foram descartadas. A fase excêntrica do movimento foi realizada de forma controlada, sendo aplicado um comando verbal para a fase concêntrica, aproximadamente 1 segundo após o fim da fase excêntrica. O teste foi realizado conforme Loturco et al. (2021). A mensuração da 1RM no HS auxiliou na determinação da carga de 80% da RM no exercício JS. É conhecido que 86% da 1RM do HS equivale à 1RM do exercício JS, independente dos níveis de força (LOTURCO et al., 2020). Assim, a atividade condicionante com 80% da RM no exercício JS foi calculada a partir do resultado do teste de *Half-Squat*.

6.2.5.2. Teste de Optimum Power Load no exercício jump-squat

O teste de *Jump-Squat* foi realizado em um aparelho *Smith (Hammer-Strength Equipment, Illinois, Estados Unidos)*. Os atletas foram instruídos a realizar 3 repetições do exercício, sendo todas na maior velocidade possível na fase concêntrica, para cada carga. Foi adotado um intervalo de 5 minutos entre cada série. A carga inicial adotada foi de 40% da massa corporal. Houve um incremento de 10% da carga em cada série, até o momento em que a potência média propulsiva observada atingiu 5% de decréscimo. Os participantes foram instruídos a realizar um agachamento com flexão de aproximadamente 90° dos joelhos e, após o comando verbal, saltar o mais rápido e na maior altura possível sem perder contato com a barra. Para evitar viés e garantir um padrão de movimento, variações de deslocamento da barra maiores que 5% foram descartadas. A fase excêntrica foi realizada de forma controlada com manutenção da posição estática em

aproximadamente 1 segundo no fim da ação excêntrica. Um transdutor de velocidade linear (*T-Force, Dynamic Measurement System; Ergotech Consulting S.L., Murcia, Espanha*) foi acoplado na barra para mensuração das variáveis. As seguintes variáveis foram calculadas: velocidade instantânea, velocidade instantânea excêntrica (negativa) e velocidade instantânea concêntrica (positiva) – integral dos dados de velocidade em relação ao tempo; aceleração instantânea – calculada por meio da diferenciação da velocidade em relação ao tempo; força instantânea – produto da massa (em Kg) pela aceleração devido à gravidade; potência instantânea – produto da força vertical aplicada e velocidade da barra. A carga associada à potência média propulsiva foi considerada como a *Optimum Power Load*. As variáveis foram calculadas sob uma frequência de aquisição de 1000 Hz (LOTURCO et al., 2021; LOTURCO et al., 2015b; LOTURCO et al., 2017).

6.2.5.3 Tensiomiografia

Foi utilizado um aparelho de tensiomiografia (*TMG Measurement System, TMG – BMC Ltd., Ljubljana, Eslovênia*) para mensuração de parâmetros neuromusculares dos músculos reto femoral (RF) e bíceps femoral (BF) da perna dominante dos participantes (REY et al., 2012). O deslocamento radial máximo (Dm), o tempo de contração (Tc) e o tempo de *delay* (Td) foram as variáveis mensuradas. O Dm é caracterizado como o movimento radial do ventre muscular, expresso em milímetros (mm). O Tc é conhecido como o tempo (em ms) decorrido entre 10% e 90% do Dm. A variável Td representa o tempo (em ms) decorrido para o músculo alcançar 10% de seu movimento total após a estimulação. Além disto, a velocidade de contração (Vc) (em mm/ms) foi derivada por meio da razão entre Dm e a soma de Tc com Td. As medidas do músculo RF foram realizadas com o participante em posição supinada com apoio de uma pequena estrutura triangular para manter o joelho em posição de 120° de flexão. O sensor foi colocado a 50% da distância entre a espinha íliaca antero-superior e parte superior da patela. Para as medidas do músculo BF, os atletas foram posicionados em posição pronada, com completa extensão dos joelhos. O sensor foi colocado a 50% da distância entre a tuberosidade isquial e o epicôndilo lateral da tíbia. Um transdutor de pressão (*Trans-TekwGK40, Ljubljana, Eslovênia*) foi posicionado perpendicularmente ao músculo. Para induzir aos impulsos elétricos, foram utilizados eletrodos adesivos (5 x 5 cm;

Compex Medical AS, Ecublens, Suíça), conectados ao estimulador elétrico e posicionados na superfície muscular em direção ao arranjo das fibras. A distância entre o contato do transdutor com a pele e os eletrodos foi de 55 a 60 mm. O estímulo inicial foi de 1 m.s^{-1} e a amplitude foi de 20 mA. Para cada impulso, houve um aumento de 20 mA em relação ao estímulo anterior, até o máximo deslocamento do ventre muscular ser alcançado. Para evitar efeitos da fadiga e potencialização, foi adotado um intervalo de 15 segundos entre cada estímulo (KRIZAJ et al., 2008). Para garantir o mesmo ponto de colocação do transdutor de pressão, uma marca com caneta foi realizada no ponto de aplicação de todos os atletas, os quais foram instruídos a manterem esta marca até o fim da participação no estudo.

6.2.5.4 Teste de salto vertical

O salto vertical foi analisado por meio do salto com contramovimento (CMJ). Os atletas iniciaram em posição ereta, seguido de uma flexão dos joelhos (fase excêntrica) e posteriormente a extensão completa dos membros inferiores (fase concêntrica). Os atletas foram instruídos a saltar o mais alto possível. Todos os saltos foram realizados com as mãos posicionadas no quadril. Foram desempenhadas 3 tentativas, com intervalo de 15 segundos entre cada em uma plataforma de contato (*Elite Jump*®, S2 Sports, São Paulo, Brasil). A maior altura atingida foi utilizada para análise.

6.2.5.5 Teste de 50 metros

Quatro pares de fotocélulas (*Smart Speed, Fusion Equipment, Brisbane, Austrália*) foram posicionados nos pontos 0, 10, 30 e 50 metros. Os atletas iniciavam o *sprint* 0.5 m atrás da linha de partida. Os testes foram realizados em uma pista indoor e os participantes foram instruídos a utilizarem suas próprias sapatilhas durante os testes.

6. 2. 6 Análise Estatística

A estatística descritiva foi apresentada em média e desvio-padrão (DP). Após verificação de distribuição normal ($p > 0.05$), foi adotado o método de

Equações de Estimacões Generalizadas (GEE) para analisar o efeito das diferentes atividades condicionantes no sprint de 50 m e CMJ dos atletas. O estimador robusto foi usado na matriz de covariâncias com matriz de correlação de trabalho não estruturada. O tipo de modelo foi linear com função de ligação identidade. As comparações posteriores foram realizadas por meio do *post hoc* de Bonferroni. Para análise do efeito da AC sobre as propriedades contráteis, avaliadas pela TMG, foi realizada uma ANOVA Two-Way (2 x 4), sendo duas atividades condicionantes (JS OPL e JS 80%RM) e quatro momentos (Repouso, Pré, Pós-5min e Pós-10min) com *post hoc* de *Bonferroni* para comparações posteriores. A significância adotada foi de 5%. Foram calculadas mudanças percentuais para as variáveis tempo no *sprint* e altura do CMJ, as quais foram comparadas a valores de coeficiente de variação para determinar se mudanças no tempo do sprint e altura de CMJ foram maiores do que a variância encontrada nos testes, fornecendo indicação de mudanças individuais nos atletas (BISHOP et al., 2021).

6.3 RESULTADOS

Neste estudo, as atividades condicionantes (JS OPL e JS 80%RM) não melhoraram o desempenho no *sprint* e CMJ do grupo de atletas participantes ($p > 0.05$). A tabela 12 apresenta os valores de CMJ nas diferentes condições e momentos (Pré, Pós-5min e Pós-10min). Velocistas que apresentaram mudanças maiores que o coeficiente de variação tiveram suas medidas de diferença de porcentagem representadas em *itálico*. As tabelas 13, 14 e 15 apresentam os tempos do *sprint* em 10, 30 e 50 m, respectivamente. Os valores com *realce* representam as mudanças reais individuais.

Tabela 12. Valores de CMJ (média, desvio-padrão e porcentagem de diferença do coeficiente de variação) dos *sprinters* para as diferentes atividades condicionantes e momentos apresentados.

Atletas	JS OPL					JS 80% RM					CV %
	CMJ (cm)			% Diferença		CMJ (cm)			% Diferença		
	Pré	Pós 5-min	Pós 10-min	Pré vs. Pós 5	Pré vs. Pós 10	Pré	Pós 5-min	Pós 10-min	Pré vs. Pós 5	Pré vs. Pós 10	
1	53,1	50,5	52,8	-4,9	-0,6	54,1	55,7	56,7	3,0	4,8	1,32
2	65,5	66,1	63,7	0,9	-2,7	63,2	64,3	64,3	1,7	1,7	2,53
3	54,4	53,7	53,3	-1,3	-2,0	52,9	56,5	56,2	6,8	6,2	1,98
4	41,1	44,3	45,6	7,8	10,9	46,2	45,9	45,6	-0,6	-1,3	8,26
5	49,8	50,4	52,6	1,2	5,6	51,6	52,4	51,5	1,6	-0,2	2,51
6	51,2	50,5	46,1	-1,4	-10,0	51,3	51,3	51,8	0,0	1,0	0,14
7	41,1	40,3	39,7	-1,9	-3,4	40,0	41,1	41,8	2,8	4,5	1,92
8	48,4	45,8	44,4	-5,4	-8,3	48,1	46,7	45,6	-2,9	-5,2	0,44
9	65,9	66,1	65,2	0,3	-1,1	67,1	70,5	68,8	5,1	2,5	1,28
10	50,2	52,3	52,4	4,2	4,4	52,4	53,9	53,3	2,9	1,7	3,03
11	57,5	59,1	61,6	2,8	7,1	57,9	58,7	60,9	1,4	5,2	0,49
12	61,1	62,2	59,6	1,8	-2,5	58,9	60,1	59,2	2,0	0,5	2,59
13	45,9	44,0	44,1	-4,1	-3,9	45,2	44,0	45,9	-2,7	1,5	1,09
Média	52,7	52,7	52,4	0,0	-0,5	53,0	53,9	54,0	1,6	1,8	2,1
DP	8,1	8,4	8,2	3,8	6,0	7,5	8,4	8,1	2,7	3,1	2,1

Fonte: o próprio autor.

Tabela 13. Valores do *sprint* (parcial de 10 m) (média, desvio-padrão e porcentagem de diferença do coeficiente de variação) dos *sprinters* para as diferentes atividades condicionantes e momentos apresentados.

Atletas	JS OPL					JS 80% RM					CV %
	10-m (s)		% Diferença			10-m (s)		% Diferença			
	Pré	Pós 5-min	Pós 10-min	Pré vs. Pós 5	Pré vs. Pós 10	Pré	Pós 5-min	Pós 10-min	Pré vs. Pós 5	Pré vs. Pós 10	
1	1,83	1,79	1,80	-2,2	-1,6	1,82	1,82	1,82	0,0	0,0	0,4
2	1,58	1,59	1,75	0,6	10,8	1,59	1,61	1,61	1,3	1,3	0,4
3	1,70	1,59	1,58	-6,5	-7,1	1,68	1,68	1,73	0,0	3,0	0,8
4	1,68	1,70	1,70	1,2	1,2	1,63	1,74	1,65	6,7	1,2	2,1
5	1,63	1,66	1,64	1,8	0,6	1,67	1,64	1,65	-1,8	-1,2	1,7
6	1,69	1,70	1,70	0,6	0,6	1,71	1,70	1,69	-0,6	-1,2	0,8
7	1,96	1,93	1,97	-1,5	0,5	1,83	1,89	1,84	3,3	0,5	4,9
8	1,75	1,66	1,73	-5,1	-1,1	1,89	1,90	1,75	0,5	-7,4	5,4
9	1,65	1,61	1,65	-2,4	0,0	1,68	1,68	1,68	0,0	0,0	1,3
10	1,69	1,66	1,65	-1,8	-2,4	1,90	1,84	1,72	-3,2	-9,5	8,3
11	1,78	1,53	1,71	-14,0	-3,9	1,73	1,72	1,73	-0,6	0,0	2,0
12	1,63	1,80	1,81	10,4	11,0	1,81	-	1,68	-	-7,2	7,4
13	1,76	1,76	1,74	0,0	-1,1	1,97	1,94	1,90	-1,5	-3,6	8,0
Média	1,72	1,69	1,73	-1,5	0,6	1,72	1,76	1,73	0,3	-1,8	3,4
DP	0,10	0,11	0,10	5,5	5,1	0,12	0,11	0,08	2,6	3,9	3,0

Fonte: o próprio autor.

Tabela 14. Valores do *sprint* (parcial de 30 m) (média, desvio-padrão e porcentagem de diferença do coeficiente de variação) dos *sprinters* para as diferentes atividades condicionantes e momentos apresentados.

Atletas	JS OPL					JS 80% RM					CV %
	30-m (s)			% Diferença		30-m (s)			% Diferença		
	Pré	Pós 5-min	Pós 10-min	Pré vs. Pós 5	Pré vs. Pós 10	Pré	Pós 5-min	Pós 10-min	Pré vs. Pós 5	Pré vs. Pós 10	
1	4,17	4,14	4,13	-0,7	-1,0	4,12	4,83	4,13	17,2	0,2	0,9
2	3,76	3,72	3,91	-1,1	4,0	3,72	3,72	3,73	0,0	0,3	0,8
3	3,94	3,83	3,80	-2,8	-3,6	3,92	3,90	3,95	-0,5	0,8	0,4
4	4,06	4,06	4,04	0,0	-0,5	3,97	4,03	3,97	1,5	0,0	1,6
5	3,89	3,89	3,86	0,0	-0,8	3,93	3,88	3,87	-1,3	-1,5	0,7
6	4,07	4,04	4,05	-0,7	-0,5	4,07	4,02	4,03	-1,2	-1,0	0,0
7	4,38	4,36	4,39	-0,5	0,2	4,22	4,31	4,28	2,1	1,4	2,6
8	3,98	3,93	3,99	-1,3	0,3	4,14	4,16	3,97	0,5	-4,1	2,8
9	3,93	3,87	4,06	-1,5	3,3	3,97	3,94	3,94	-0,8	-0,8	0,7
10	3,90	3,90	3,88	0,0	-0,5	4,19	4,08	3,95	-2,6	-5,7	5,1
11	4,08	3,77	3,94	-7,6	-3,4	3,97	3,92	4,00	-1,3	0,8	1,9
12	3,80	3,96	3,95	4,2	3,9	3,95	-	3,83	-	-3,0	2,7
13	4,09	4,09	4,08	0,0	-0,2	4,39	4,33	4,24	-1,4	-3,4	5,0
Média	4,00	3,97	4,01	-0,9	0,1	4,04	4,09	3,99	1,0	-1,2	1,9
DP	0,16	0,17	0,15	2,6	2,4	0,17	0,29	0,15	5,3	2,2	1,7

Fonte: o próprio autor.

Tabela 15. Valores do *sprint* de 50m (média, desvio-padrão e porcentagem de diferença do coeficiente de variação) dos *sprinters* para as diferentes atividades condicionantes e momentos apresentados.

Atletas	JS OPL					JS 80% RM					CV %
	50-m (s)			% Diferença		50-m (s)			% Diferença		
	Pré	Pós 5-min	Pós 10-min	Pré vs. Pós 5	Pré vs. Pós 10	Pré	Pós 5-min	Pós 10-min	Pré vs. Pós 5	Pré vs. Pós 10	
1	6,41	6,34	6,33	-1,1	-1,2	6,31	6,30	6,30	-0,2	-0,2	1,1
2	5,69	5,63	5,78	-1,1	1,6	5,66	5,66	5,62	0,0	-0,7	0,4
3	5,99	5,86	5,83	-2,2	-2,7	5,99	5,93	5,98	-1,0	-0,2	0,0
4	6,26	6,26	6,23	0,0	-0,5	6,17	6,16	6,12	-0,2	-0,8	1,0
5	5,96	5,96	5,89	0,0	-1,2	5,99	5,90	5,86	-1,5	-2,2	0,4
6	6,28	6,20	6,19	-1,3	-1,4	6,28	6,24	6,25	-0,6	-0,5	0,0
7	6,66	6,68	6,70	0,3	0,6	6,50	6,56	6,54	0,9	0,6	1,7
8	6,07	5,95	6,04	-2,0	-0,5	6,17	6,20	6,01	0,5	-2,6	1,2
9	6,07	5,98	6,48	-1,5	6,8	6,07	6,03	6,03	-0,7	-0,7	0,0
10	5,94	5,92	5,90	-0,3	-0,7	6,26	6,12	5,94	-2,2	-5,1	3,7
11	6,16	5,84	5,97	-5,2	-3,1	6,07	6,03	6,05	-0,7	-0,3	1,0
12	5,73	5,87	5,84	2,4	1,9	5,89	-	5,76	-	-2,2	1,9
13	6,26	6,25	6,21	-0,2	-0,8	6,47	6,41	6,28	-0,9	-2,9	2,3
Média	6,11	6,06	6,11	-0,9	-0,1	6,14	6,13	6,06	-0,5	-1,4	1,1
DP	0,27	0,28	0,28	1,8	2,5	0,23	0,24	0,25	0,9	1,6	1,1

Fonte: o próprio autor.

No presente estudo, não houve diferença nos parâmetros neuromusculares do bíceps femoral (BF) e reto femoral (RF) nos momentos analisados (Repouso, Pré, Pós 5-min e Pós 10-min). As tabelas 16 e 17 apresentam os valores mensurados na TMG nos músculos BF e RF, respectivamente.

Tabela 16. Valores dos parâmetros neuromusculares do Bíceps Femoral mensurados pela TMG, em média (desvio-padrão) dos *sprinters* para as diferentes atividades condicionantes e momentos apresentados.

	Tc (ms)		Td (ms)		Dm (mm)		Vc (mm/ms)	
	JS OPL	JS 80% RM	JS OPL	JS 80% RM	JS OPL	JS 80% RM	JS OPL	JS 80% RM
Repouso	22,26 (14,65)	21,79 (10,89)	28,55 (13,02)	28,48 (13,46)	2,61 (2,32)	2,72 (1,91)	0,05 (0,05)	0,06 (0,04)
Pré	24,06 (13,29)	19,29 (3,92)	28,50 (12,96)	23,36 (3,05)	2,63 (2,39)	2,74 (1,42)	0,06 (0,05)	0,06 (0,03)
Pós 5-min	19,32 (7,17)	16,91 (3,96)	24,46 (11,57)	20,51 (3,10)	3,61 (2,50)	2,71 (1,28)	0,09 (0,06)	0,07 (0,03)
Pós 10-min	17,24 (4,24)	17,91 (4,24)	22,05 (2,72)	22,40 (2,11)	3,08 (2,58)	2,80 (1,15)	0,08 (0,06)	0,07 (0,03)

Fonte: o próprio autor.

Tabela 17. Valores dos parâmetros neuromusculares do Reto Femoral mensurados pela TMG, em média (desvio-padrão) dos *sprinters* para as diferentes atividades condicionantes e momentos apresentados.

	Tc (ms)		Td (ms)		Dm (mm)		Vc (mm/ms)	
	JS OPL	JS 80% RM	JS OPL	JS 80% RM	JS OPL	JS 80% RM	JS OPL	JS 80% RM
Repouso	23,61 (4,69)	24,03 (7,16)	27,57 (5,72)	26,89 (6,95)	4,29 (2,26)	5,10 (2,60)	0,08 (0,04)	0,10 (0,06)
Pré	22,36 (6,58)	23,22 (6,96)	27,06 (6,67)	25,70 (5,28)	4,43 (2,27)	6,09 (2,82)	0,09 (0,04)	0,13 (0,06)
Pós 5-min	20,28 (6,91)	22,27 (5,52)	26,80 (4,83)	23,26 (2,78)	4,51 (3,34)	6,09 (2,07)	0,09 (0,07)	0,13 (0,04)
Pós 10-min	24,52 (6,26)	23,36 (4,49)	24,01 (3,42)	24,44 (3,43)	6,29 (1,82)	6,08 (2,01)	0,13 (0,04)	0,13 (0,04)

Fonte: o próprio autor.

6.4 DISCUSSÃO

O presente estudo verificou o efeito de diferentes atividades condicionantes no *sprint* de 50 m e parâmetros neuromusculares mensurados por tensiomiografia em atletas velocistas no atletismo. Foram levantadas duas hipóteses: 1- o tempo no *sprint* melhorará após a realização das atividades condicionantes; 2- o protocolo com OPL (JS OPL) acarretará melhor desempenho quando comparado ao método com alta carga (JS 80%RM). Não houve diferença no tempo do *sprint* e altura de CMJ entre as diferentes AC nos momentos analisados por meio dos testes estatísticos supracitados (Pré-teste, Pós 5-min e Pós 10-min). No entanto, foram verificadas diferenças mínimas intraindividuais em ambas as variáveis. Além disto, não houve efeito da atividade condicionante nos parâmetros neuromusculares do bíceps femoral e reto femoral nos diferentes momentos (Repouso, Pré-teste, Pós 5-min e Pós 10-min). Portanto, apenas a primeira hipótese do estudo foi aceita.

No presente estudo, não houve efeito das atividades condicionantes na altura do CMJ na amostra utilizada. Os resultados vão ao encontro do que foi observado em outros estudos (PEREIRA et al., 2022; TSENG et al., 2021), os quais não observaram aumento da altura de salto vertical após realização de diferentes tipos de atividades condicionantes. Jogadores de voleibol não aumentaram o CMJ após *Half-Squat* com manipulação das cargas nas fases excêntrica e concêntrica (TSENG et al., 2021). *Sprinters* de elite também não aumentaram a variável após realização de diferentes protocolos de *Drop Jump* como AC (PEREIRA et al., 2022). De fato, é reportado na literatura que a PAPE possui pequeno efeito sobre o salto vertical, enquanto o efeito é moderado para o *sprint* (SEITZ & HAFF, 2016).

Para a amostra utilizada, não foi verificado efeito das atividades condicionantes sobre o *sprint* de 50m. No entanto, é conhecido que quando analisados individualmente, os atletas podem variar a resposta a determinadas atividades condicionantes (KOBAL et al., 2019; PEREIRA et al., 2022). No presente estudo, ao realizarmos análises intraindividuais é encontrado que os atletas podem ter o desempenho no *sprint* potencializado após realização dos diferentes métodos e em diferentes momentos. Além disto, este efeito parece ser mais frequentemente observado no trecho total da corrida (i.e. 50m) para o método OPL (8 atletas melhoraram) e JS80% RM (9 atletas melhoraram), quando comparados às

distâncias mais curtas (30m: OPL = 7; JS80% RM = 7 e 10m: OPL = 4; JS80% RM = 4). Durante uma temporada, é conhecido que os tempos do *sprint* em velocistas apresenta baixa variação (MIYAMOTO & YANAGIYA, 2016). Após intervenções com treinamento de força, a melhora do desempenho do *sprint* apresenta baixas porcentagens (até 2%) (BOLGER et al., 2015). Assim, pode-se afirmar que para estímulos agudos, como os de AC, pequenas alterações, analisadas de forma individual, podem ocorrer. Para a amostra utilizada, mesmo as melhoras de baixa magnitude podem influenciar o desempenho final em um evento. Hopkins (2004) aponta que uma melhora de 0.3% no *sprint* pode dar ao atleta uma medalha extra a cada 10 competições. No Campeonato Mundial Indoor de Atletismo de 2022, a diferença entre o campeão da prova e o terceiro colocado foi de aproximadamente 0.4%. Desta forma, destaca-se a importância de observar as melhoras obtidas por análises individuais do desempenho.

O desempenho no *sprint* pode estar associado às mudanças nas propriedades contráteis do músculo (LOTURCO et al., 2016; PEREIRA et al., 2019). Nesta pesquisa, variáveis relacionadas (T_c , T_d , D_m e V_c) a estas propriedades foram mensuradas por meio da tensiomiografia, como no estudo de Pereira et al. (2019). Foi encontrado que alterações no *sprint* seguem a mesma direção das mudanças encontradas na velocidade de contração (V_c) (PEREIRA et al., 2019). No entanto, no presente estudo, a melhora nos tempos no *sprint*, observada por meio das análises interindividuais, não foi acompanhada por alterações na V_c . Em uma análise exploratória, adicional às análises apresentadas, verificamos que a correlação entre as variáveis não foi significativa (0.09 – 0.32, $p > 0.05$). A ausência de mudanças no funcionamento neuromuscular pode ser explicada pela alta carga de treinamento que os atletas são submetidos durante uma temporada, especialmente em treinamento de força. Assim, mudanças no funcionamento neuromuscular associadas ao *sprint* podem ser dependentes da tarefa (exercício) realizada previamente.

Este estudo apresentou algumas limitações, como a medição de *sprints* em outros intervalos, superior a dez minutos, a ausência de um grupo controle e mensuração de outras variáveis biomecânicas associadas ao *sprint* como comprimento de passo e frequência de passo. Além disto, vale ressaltar que os testes foram realizados durante a temporada de treinamento dos atletas, os quais apresentam programações individuais de treino.

6.5 CONCLUSÃO

As atividades condicionantes (JS OPL e JS80% RM) não potencializaram o desempenho no *sprint*, altura de salto e propriedades contráteis da amostra utilizada. No entanto, mudanças no tempo de corrida foram verificadas por meio de análises intraindividuais, sem predominância de método de AC e tempo de intervalo entre AC e tarefa principal. Sugere-se que técnicos/treinadores e futuros estudos abordem os efeitos da PAPE por meio de análises individuais, uma vez que, pequenas mudanças detectadas no desempenho de atletas de elite podem fazer a diferença no resultado de um evento competitivo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tese objetivou caracterizar o *sprint* de atletas brasileiros velocistas de alto rendimento, com relação às diferentes fases da corrida de velocidade, variabilidade de movimento por método de análise não-linear e coordenação, além de verificar o efeito de diferentes protocolos de atividade condicionante sobre o *sprint* de velocistas brasileiros de elite. Ao considerarmos diferentes fases da corrida (fase de saída, aceleração, velocidade constante e desaceleração) foram encontradas diferentes variáveis biomecânicas determinantes.

Na fase de saída de bloco (*Sprint Start*), variáveis relacionadas à posição do CoM tempo de contato, força aplicada no bloco traseiro e a capacidade do atleta em gerar grandes quantidades de força no menor tempo possível, influenciam este trecho. Com a progressão dos passos, na fase de aceleração ocorre a transição entre comprimento de passo e frequência do passo, com importância da maximização da força propulsiva em detrimento a fase de frenagem. Ao alcançar a máxima velocidade, o atleta deve direcionar a força resultante para o sentido vertical durante a fase de frenagem e para o sentido horizontal durante a fase propulsiva com o intuito de evitar perdas de velocidade. Por conseguinte, na desaceleração, apesar da escassez de estudos sobre o tema, a diminuição da frequência do passo e o aumento do tempo de contato podem ser apontados como responsáveis pela perda de velocidade no trecho final do *sprint*.

Na presente tese, não foi encontrada diferença na coordenação entre *sprinters* de diferentes níveis de desempenho. No entanto, velocistas mais lentos apresentaram maiores valores de entropia do joelho para o trecho de 10 a 30 metros de uma corrida de 50 metros quando comparados aos atletas mais rápidos. Isto foi explicado pelo papel que a articulação do joelho possui na produção e transferência de potência durante a fase de aceleração no *sprint*, podendo acarretar uma tentativa do sistema motor em se adaptar as forças externas atuantes. Até onde sabemos, este é o primeiro trabalho a utilizar métodos não-lineares como a entropia para encontrar diferenças entre atletas de diferentes níveis de desempenho no *sprint*.

Por conseguinte, o questionário respondido pelos técnicos no estudo 03 apresentou que os profissionais não costumam acrescentar exercícios com pesos na rotina de aquecimento para competições de velocidade. De fato, ao realizarmos o

estudo 04, não foi encontrado efeito de dois protocolos de *Jump Squat* com diferentes cargas no *sprint* de velocistas de alto rendimento. No entanto, reitera-se que por meio de análises intraindividuais, mudanças reais de desempenho foram encontradas, sugerindo que a realização de exercícios com o objetivo de potencializar o desempenho no *sprint* deve ser adotado com cautela, sendo considerado características individuais dos atletas.

REFERÊNCIAS

- ABADE, E.; SAMPAIO, J.; GONÇALVES, B.; BAPTISTA, J.; ALVES, A.; VIANA, J. Effects of different re-warm up activities in football players' performance. **PLoS One**, v. 12, n. 6, p. e0180152, 2017.
- AELES, J.; JONKERS, I.; DEBAERE, S.; DELECLUSE, C.; VANWANSEEELE, B. Muscle-tendon unit length changes differ between young and adult sprinters in the first stance phase of sprint running. **R Soc Open Sci**, v. 5, n. 6, p. 180332, 2018.
- ALT, T.; HEINRICH, K.; FUNKEN, J.; POTTHAST, W. Lower extremity kinematics of athletics curve sprinting. **J Sports Sci**, v. 33, n. 6, p. 552-60, 2015.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa, Portugal: Edições 70, 1977.
- BARTLETT, R. Movement variability and its implications for sports scientists and practitioners: an overview. **International Journal of Sports Science & Coaching**, v. 3, n. 1, p. 113-124, 2008.
- BARTLETT, R.; WHEAT, J.; ROBINS, M. Is movement variability important for sports biomechanists? **Sports Biomech**, v. 6, n. 2, p. 224-43, 2007.
- BATISTA, M. A. B.; ROSCHEL, H.; BARROSO, R.; UGRINOWITSCH, C.; TRICOLI, V. Potencialização pós-ativação: possíveis mecanismos fisiológicos e sua aplicação no aquecimento de atletas de modalidades de potência. **Journal of Physical Education**, v. 21, n. 1, p. 161-174, 2010.
- BEATO, M.; BIGBY, A. E. J.; DE KEIJZER, K. L.; NAKAMURA, F. Y.; CORATELLA, G.; MCERLAIN-NAYLOR, S. A. Post-activation potentiation effect of eccentric overload and traditional weightlifting exercise on jumping and sprinting performance in male athletes. **PLoS One**, v. 14, n. 9, p. e0222466, 2019.
- BERNSTEIN, N. **The coordination and regulation of movements**. New York: Pergamon, 1967.
- BEZODIS, I. N.; BRAZIL, A.; VON LIERES UND WILKAU, H. C.; WOOD, M. A.; PARADISIS, G. P.; HANLEY, B.; TUCKER, C. B.; POLLITT, L.; MERLINO, S.; VAZEL, P. J.; WALKER, J.; BISSAS, A. World-Class Male Sprinters and High Hurdlers Have Similar Start and Initial Acceleration Techniques. **Front Sports Act Living**, v. 1, p. 23, 2019a.
- BEZODIS, N. E.; SALO, A. I.; TREWARTHA, G. Modeling the stance leg in two-dimensional analyses of sprinting: inclusion of the MTP joint affects joint kinetics. **J Appl Biomech**, v. 28, n. 2, p. 222-7, 2012.

BEZODIS, N. E.; SALO, A. I.; TREWARTHA, G. Lower limb joint kinetics during the first stance phase in athletics sprinting: three elite athlete case studies. **J Sports Sci**, v. 32, n. 8, p. 738-46, 2014.

_____. Relationships between lower-limb kinematics and block phase performance in a cross section of sprinters. **Eur J Sport Sci**, v. 15, n. 2, p. 118-24, 2015.

BEZODIS, N. E.; WALTON, S. P.; NAGAHARA, R. Understanding the track and field sprint start through a functional analysis of the external force features which contribute to higher levels of block phase performance. **J Sports Sci**, v. 37, n. 5, p. 560-567, 2019b.

BEZODIS, N. E.; WILLWACHER, S.; SALO, A. I. T. The Biomechanics of the Track and Field Sprint Start: A Narrative Review. **Sports Med**, v. 49, n. 9, p. 1345-1364, 2019c.

BINKHORST, R. A.; HOOFD, L.; VISSERS, A. C. Temperature and force-velocity relationship of human muscles. **J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol**, v. 42, n. 4, p. 471-5, 1977.

BISHOP, C.; ABBOTT, W.; BRASHILL, C.; READ, P.; LOTURCO, I.; BEATO, M.; TURNER, A. N. Effects of pre-season strength training on bilateral and unilateral jump performance, and the bilateral deficit in premier league academy soccer players. **Professional Strength & Conditioning**, 2021.

BISHOP, D. Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. **Sports Med**, v. 33, n. 7, p. 483-98, 2003.

BISSAS, A.; WALKER, J.; TUCKER, C.; PARADISIS, G. **Biomechanical Report for the IAAF World Championships London 2017: 100 m Men's**. 2017

BLAZEVICH, A. J.; BABAULT, N. Post-activation Potentiation Versus Post-activation Performance Enhancement in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms, and Current Issues. **Front Physiol**, v. 10, p. 1359, 2019.

BLIKSLAGER, F.; DE POEL, H. J. Sync or separate? No compelling evidence for unintentional interpersonal coordination between Usain Bolt and Tyson Gay on the 100-meter world record race. **J Exp Psychol Hum Percept Perform**, v. 43, n. 7, p. 1466-1471, 2017.

BOLGER, R.; LYONS, M.; HARRISON, A. J.; KENNY, I. C. Sprinting performance and resistance-based training interventions: a systematic review. **J Strength Cond Res**, v. 29, n. 4, p. 1146-56, 2015.

BORYSIUK, Z.; WAŚKIEWICZ, Z.; PIECHOTA, K.; PAKOSZ, P.; KONIECZNY, M.; BŁASZCZYSZYN, M.; NIKOLAIDIS, P. T.; ROSEMANN, T.; KNECHTLE, B. Coordination Aspects of an Effective Sprint Start. **Front Physiol**, v. 9, p. 1138, 2018.

BOULLOSA, D.; BEATO, M.; DELLO IACONO, A.; CUENCA-FERNÁNDEZ, F.; DOMA, K.; SCHUMANN, M.; ZAGATTO, A. M.; LOTURCO, I.; BEHM, D. G. A New Taxonomy for Postactivation Potentiation in Sport. **Int J Sports Physiol Perform**, p. 1-4, 2020.

BRADSHAW, E. J.; MAULDER, P. S.; KEOGH, J. W. Biological movement variability during the sprint start: performance enhancement or hindrance? **Sports Biomech**, v. 6, n. 3, p. 246-60, 2007.

BRAZIL, A.; EXELL, T.; WILSON, C.; WILLWACHER, S.; BEZODIS, I.; IRWIN, G. Lower limb joint kinetics in the starting blocks and first stance in athletic sprinting. **J Sports Sci**, v. 35, n. 16, p. 1629-1635, 2017.

BRAZIL, A.; EXELL, T.; WILSON, C.; WILLWACHER, S.; BEZODIS, I. N.; IRWIN, G. Joint kinetic determinants of starting block performance in athletic sprinting. **J Sports Sci**, v. 36, n. 14, p. 1656-1662, 2018.

BUSHNELL, T.; HUNTER, I. Differences in technique between sprinters and distance runners at equal and maximal speeds. **Sports Biomech**, v. 6, n. 3, p. 261-8, 2007.

CHANG, R.; VAN EMMERIK, R.; HAMILL, J. Quantifying rearfoot-forefoot coordination in human walking. **J Biomech**, v. 41, n. 14, p. 3101-5, 2008.

CHARALAMBOUS, L.; IRWIN, G.; BEZODIS, I. N.; KERWIN, D. Lower limb joint kinetics and ankle joint stiffness in the sprint start push-off. **J Sports Sci**, v. 30, n. 1, p. 1-9, 2012.

CHATZILAZARIDIS, I.; PANOUTSAKOPOULOS, V.; PAPAIAKOVOU, G. I. Stride characteristics progress in a 40-M sprinting test executed by male preadolescent, adolescent and adult athletes. **Biology of Exercise**, v. 8, n. 2, 2012.

CHEN, Y.; WU, K.-Y.; TSAI, Y.-J.; YANG, W.-T.; CHANG, J.-H. The kinematic differences of three types of crouched positions during a sprint start. **Journal of Mechanics in Medicine and Biology**, v. 16, n. 07, p. 1650099, 2016.

CIACCI, S.; DI MICHELE, R.; MERNI, F. Kinematic analysis of the braking and propulsion phases during the support time in sprint running. **Gait Posture**, v. 31, n. 2, p. 209-12, 2010.

CIACCI, S.; MERNI, F.; BARTOLOMEI, S.; DI MICHELE, R. Sprint start kinematics during competition in elite and world-class male and female sprinters. **J Sports Sci**, v. 35, n. 13, p. 1270-1278, 2017.

- ČOH, M. Usain Bolt–Biomechanical model of sprint technique. **Facta Universitatis, Series: Physical Education and Sport**, p. 001-013, 2019.
- ČOH, M.; HÉBERT-LOSIER, K.; ŠTUHEC, S.; BABIĆ, V.; SUPEJ, M. Kinematics of Usain Bolt's maximal sprint velocity. **Kinesiology**, v. 50, n. 2., p. 172-180, 2018.
- ČOH, M.; PEHAREC, S.; BAČIĆ, P.; KAMPMILLER, T. Dynamic factors and electromyographic activity in a sprint start. **Biology of Sport**, v. 26, n. 2, p. 137-147, 2009.
- ČOH, M.; PEHAREC, S.; BAČIĆ, P.; MACKALA, K. Biomechanical Differences in the Sprint Start Between Faster and Slower High-Level Sprinters. **J Hum Kinet**, v. 56, p. 29-38, 2017.
- COLLET, C. Strategic aspects of reaction time in world-class sprinters. **Perceptual and motor skills**, v. 88, n. 1, p. 65-75, 1999.
- COLYER, S. L.; NAGAHARA, R.; SALO, A. I. T. Kinetic demands of sprinting shift across the acceleration phase: Novel analysis of entire force waveforms. **Scand J Med Sci Sports**, v. 28, n. 7, p. 1784-1792, 2018.
- CORBÍ-SANTAMARÍA, P.; JIMÉNEZ-VELAYOS, A.; CORBÍ-SANTAMARÍA, M.; GARCÍA-LÓPEZ, J. Análisis biomecánico del efecto de las zapatillas de clavos en el rendimiento del esprint en hombres velocistas. **RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte**, v. 14, n. 53, p. 243-255, 2018.
- CREEKMUR, C. C.; HAWORTH, J. L.; COX, R. H.; WALSH, M. S. Effects of plyometrics performed during warm-up on 20 and 40 m sprint performance. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 57, n. 5, p. 550-555, 2017.
- DAVIDS, K.; GLAZIER, P.; ARAÚJO, D.; BARTLETT, R. Movement systems as dynamical systems. **Sports medicine**, v. 33, n. 4, p. 245-260, 2003.
- DEBAERE, S.; DELECLUSE, C.; AERENHOUTS, D.; HAGMAN, F.; JONKERS, I. From block clearance to sprint running: characteristics underlying an effective transition. **J Sports Sci**, v. 31, n. 2, p. 137-49, 2013a.
- DEBAERE, S.; JONKERS, I.; DELECLUSE, C. The contribution of step characteristics to sprint running performance in high-level male and female athletes. **J Strength Cond Res**, v. 27, n. 1, p. 116-24, 2013b.
- DELGADO-BONAL, A.; MARSHAK, A. Approximate Entropy and Sample Entropy: A Comprehensive Tutorial. **Entropy (Basel)**, v. 21, n. 6, 2019.

DELLO IACONO, A.; SEITZ, L. B. Hip thrust-based PAP effects on sprint performance of soccer players: heavy-loaded versus optimum-power development protocols. **J Sports Sci**, v. 36, n. 20, p. 2375-2382, 2018.

DORN, T. W.; SCHACHE, A. G.; PANDY, M. G. Muscular strategy shift in human running: dependence of running speed on hip and ankle muscle performance. **J Exp Biol**, v. 215, n. Pt 11, p. 1944-56, 2012.

DOUGLAS, J.; PEARSON, S.; ROSS, A.; MCGUIGAN, M. Reactive and eccentric strength contribute to stiffness regulation during maximum velocity sprinting in team sport athletes and highly trained sprinters. **J Sports Sci**, v. 38, n. 1, p. 29-37, 2020.

EMA, R.; SAKAGUCHI, M.; KAWAKAMI, Y. Thigh and Psoas Major Muscularity and Its Relation to Running Mechanics in Sprinters. **Med Sci Sports Exerc**, v. 50, n. 10, p. 2085-2091, 2018.

ESFORMES, J. I.; CAMERON, N.; BAMPOURAS, T. M. Postactivation potentiation following different modes of exercise. **J Strength Cond Res**, v. 24, n. 7, p. 1911-6, 2010.

ESFORMES, J. I.; KEENAN, M.; MOODY, J.; BAMPOURAS, T. M. Effect of different types of conditioning contraction on upper body postactivation potentiation. **J Strength Cond Res**, v. 25, n. 1, p. 143-8, 2011.

ETTEMA, G.; MCGHIE, D.; DANIELSEN, J.; SANDBAKK, Ø.; HAUGEN, T. On the Existence of Step-To-Step Breakpoint Transitions in Accelerated Sprinting. **PLoS One**, v. 11, n. 7, p. e0159701, 2016.

EXELL, T.; IRWIN, G.; GITTOES, M.; KERWIN, D. Strength and performance asymmetry during maximal velocity sprint running. **Scand J Med Sci Sports**, v. 27, n. 11, p. 1273-1282, 2017.

FERRO, A.; RIVERA, A.; PAGOLA, I.; FERRERUELA, M.; MARTIN, A.; ROCANDIO, V. Biomechanical analysis of the 7th World Championships in Athletics Seville 1999. **New Studies in Athletics**, v. 16, n. 1-2, p. 25-60, 2001.

FREEDMAN SILVERNAIL, J.; VAN EMMERIK, R. E. A.; BOYER, K.; BUSA, M. A.; HAMILL, J. Comparisons of Segment Coordination: An Investigation of Vector Coding. **J Appl Biomech**, v. 34, n. 3, p. 226-231, 2018.

FRISHBERG, B. A. An analysis of overground and treadmill sprinting. **Med Sci Sports Exerc**, v. 15, n. 6, p. 478-85, 1983.

- GIL, M. H.; NEIVA, H. P.; GARRIDO, N. D.; AIDAR, F. J.; CIRILO-SOUSA, M. S.; MARQUES, M. C.; MARINHO, D. A. The Effect of Ballistic Exercise as Pre-Activation for 100 m Sprints. **Int J Environ Res Public Health**, v. 16, n. 10, 2019.
- GITTOES, M. J.; WILSON, C. Intralimb joint coordination patterns of the lower extremity in maximal velocity phase sprint running. **J Appl Biomech**, v. 26, n. 2, p. 188-95, 2010.
- GLASSBROOK, D. J.; FULLER, J. T.; ALDERSON, J. A.; DOYLE, T. L. A. Foot accelerations are larger than tibia accelerations during sprinting when measured with inertial measurement units. **J Sports Sci**, v. 38, n. 3, p. 248-255, 2020.
- GRAUBNER, R.; NIXDORF, E. Biomechanical analysis of the sprint and hurdles events at the 2009 IAAF World Championships in Athletics. **Positions**, v. 1, p. 10, 2009.
- HARBOURNE, R. T.; STERGIOU, N. Movement variability and the use of nonlinear tools: principles to guide physical therapist practice. **Phys Ther**, v. 89, n. 3, p. 267-82, 2009.
- HARLAND, M. J.; STEELE, J. R. Biomechanics of the sprint start. **Sports Med**, v. 23, n. 1, p. 11-20, 1997.
- HAUGEN, T.; DANIELSEN, J.; ALNES, L. O.; MCGHIE, D.; SANDBAKK, Ø.; ETTEMA, G. On the Importance of "Front-Side Mechanics" in Athletics Sprinting. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 13, n. 4, p. 420-427, 2018a.
- HAUGEN, T.; DANIELSEN, J.; MCGHIE, D.; SANDBAKK, Ø.; ETTEMA, G. Kinematic stride cycle asymmetry is not associated with sprint performance and injury prevalence in athletic sprinters. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 28, n. 3, p. 1001-1008, 2018b.
- HAUGEN, T. A.; SHALFAWI, S.; TØNNESSEN, E. The effect of different starting procedures on sprinters' reaction time. **J Sports Sci**, v. 31, n. 7, p. 699-705, 2013.
- HAUGEN, T. A.; TØNNESSEN, E.; SEILER, S. K. The difference is in the start: impact of timing and start procedure on sprint running performance. **J Strength Cond Res**, v. 26, n. 2, p. 473-9, 2012.
- HEALY, R.; COMYNS, T. M. The application of postactivation potentiation methods to improve sprint speed. **Strength and Conditioning Journal**, v. 39, n. 1, p. 1-9, 2017.
- HIGASHIHARA, A.; NAGANO, Y.; ONO, T.; FUKUBAYASHI, T. Differences in activation properties of the hamstring muscles during overground sprinting. **Gait Posture**, v. 42, n. 3, p. 360-4, 2015a.

_____. Differences in hamstring activation characteristics between the acceleration and maximum-speed phases of sprinting. **J Sports Sci**, v. 36, n. 12, p. 1313-1318, 2018.

HIGASHIHARA, A.; NAGANO, Y.; TAKAHASHI, K.; FUKUBAYASHI, T. Effects of forward trunk lean on hamstring muscle kinematics during sprinting. **J Sports Sci**, v. 33, n. 13, p. 1366-75, 2015b.

HOPKINS, W. G. How to interpret changes in an athletic performance test. **Sportscience**, v. 8, p. 1-7, 2004.

HUANG, L.; LIU, Y.; WEI, S.; LI, L.; FU, W.; SUN, Y.; FENG, Y. Segment-interaction and its relevance to the control of movement during sprinting. **J Biomech**, v. 46, n. 12, p. 2018-23, 2013.

HUNTER, B.; GREENHALGH, A.; KARSTEN, B.; BURNLEY, M.; MUNIZ-PUMARES, D. A non-linear analysis of running in the heavy and severe intensity domains. **Eur J Appl Physiol**, v. 121, n. 5, p. 1297-1313, 2021.

HUTEM, A.; CHANSRAKAEW, A.; SORNCHAI, T.; HUTEM, S. Comparison of the mathematics and physics models fitting of velocity time-dependent for Usain Bolt in the 100 metres sprint. *Journal of biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering*, 2017, Trans Tech Publ. p.11-21.

JACOBS, R.; VAN INGEN SCHENAU, G. J. Intermuscular coordination in a sprint push-off. **J Biomech**, v. 25, n. 9, p. 953-65, 1992.

JANOWSKI, M.; ZIELINSKI, J.; WLODARCZYK, M.; KUSY, K. Kinematic analysis of the block start and 20-metre acceleration phase in two highly-trained sprinters: A case report. **Baltic Journal of Health and Physical Activity**, v. 9, n. 3, p. 18-32, 2017.

JOHNSON, M. D.; BUCKLEY, J. G. Muscle power patterns in the mid-acceleration phase of sprinting. **J Sports Sci**, v. 19, n. 4, p. 263-72, 2001.

JÖNHAGEN, S.; ERICSON, M. O.; NÉMETH, G.; ERIKSSON, E. Amplitude and timing of electromyographic activity during sprinting. **Scand J Med Sci Sports**, v. 6, n. 1, p. 15-21, 1996.

JUDSON, L. J.; CHURCHILL, S. M.; BARNES, A.; STONE, J. A.; BROOKES, I. G. A.; WHEAT, J. Horizontal force production and multi-segment foot kinematics during the acceleration phase of bend sprinting. **Scand J Med Sci Sports**, v. 29, n. 10, p. 1563-1571, 2019.

KARTAGES, K.; WILSON, G. C.; FORNUSEK, C.; HALAKI, M.; HACKETT, D. A. Acute Effect of Kettlebell Swings on Sprint Performance. **Sports (Basel)**, v. 7, n. 2, 2019.

KOBAL, R.; PEREIRA, L. A.; KITAMURA, K.; PAULO, A. C.; RAMOS, H. A.; CARMO, E. C.; ROSCHEL, H.; TRICOLI, V.; BISHOP, C.; LOTURCO, I. Post-Activation Potentiation: Is there an Optimal Training Volume and Intensity to Induce Improvements in Vertical Jump Ability in Highly-Trained Subjects? **J Hum Kinet**, v. 69, p. 239-247, 2019.

KRELL, J. B.; STEFANYSHYN, D. J. The relationship between extension of the metatarsophalangeal joint and sprint time for 100 m Olympic athletes. **J Sports Sci**, v. 24, n. 2, p. 175-80, 2006.

KRIZAJ, D.; SIMUNIC, B.; ZAGAR, T. Short-term repeatability of parameters extracted from radial displacement of muscle belly. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 18, n. 4, p. 645-51, 2008.

KÜMMEL, J.; BERGMANN, J.; PRIESKE, O.; KRAMER, A.; GRANACHER, U.; GRUBER, M. Effects of conditioning hops on drop jump and sprint performance: a randomized crossover pilot study in elite athletes. **BMC Sports Sci Med Rehabil**, v. 8, p. 1, 2016.

KUNZ, H.; KAUFMANN, D. A. Biomechanical analysis of sprinting: decathletes versus champions. **Br J Sports Med**, v. 15, n. 3, p. 177-81, 1981.

LAI, A.; SCHACHE, A. G.; BROWN, N. A.; PANDY, M. G. Human ankle plantar flexor muscle-tendon mechanics and energetics during maximum acceleration sprinting. **J R Soc Interface**, v. 13, n. 121, 2016.

LIM, J. J.; KONG, P. W. Effects of isometric and dynamic postactivation potentiation protocols on maximal sprint performance. **J Strength Cond Res**, v. 27, n. 10, p. 2730-6, 2013.

LOTURCO, I.; D'ANGELO, R. A.; FERNANDES, V.; GIL, S.; KOBAL, R.; CAL ABAD, C. C.; KITAMURA, K.; NAKAMURA, F. Y. Relationship between sprint ability and loaded/unloaded jump tests in elite sprinters. **J Strength Cond Res**, v. 29, n. 3, p. 758-64, 2015a.

LOTURCO, I.; DELLO IACONO, A.; NAKAMURA, F. Y.; FREITAS, T. T.; BOULLOSA, D.; VALENZUELA, P. L.; PEREIRA, L. A.; MCGUIGAN, M. R. The Optimum Power Load: A Simple and Powerful Tool for Testing and Training. **Int J Sports Physiol Perform**, v. 17, n. 2, p. 151-159, 2022.

LOTURCO, I.; MCGUIGAN, M. R.; FREITAS, T. T.; VALENZUELA, P. L.; PEREIRA, L. A.; PAREJA-BLANCO, F. Performance and reference data in the jump squat at different relative loads in elite sprinters, rugby players, and soccer players. **Biol Sport**, v. 38, n. 2, p. 219-227, 2021.

LOTURCO, I.; MCGUIGAN, M. R.; RODRÍGUEZ-ROSELL, D.; PEREIRA, L. A.; PAREJA-BLANCO, F. A Novel Strategy to Determine the 1-Repetition Maximum in the Jump Squat Exercise. **J Strength Cond Res**, 2020.

LOTURCO, I.; NAKAMURA, F. Y.; TRICOLI, V.; KOBAL, R.; CAL ABAD, C. C.; KITAMURA, K.; UGRINOWITSCH, C.; GIL, S.; PEREIRA, L. A.; GONZÁLEZ-BADILLO, J. J. Determining the Optimum Power Load in Jump Squat Using the Mean Propulsive Velocity. **PLoS One**, v. 10, n. 10, p. e0140102, 2015b.

LOTURCO, I.; PEREIRA, L. A.; ABAD, C. C.; TABARES, F.; MORAES, J. E.; KOBAL, R.; KITAMURA, K.; NAKAMURA, F. Y. Bar velocities capable of optimising the muscle power in strength-power exercises. **J Sports Sci**, v. 35, n. 8, p. 734-741, 2017.

LOTURCO, I.; PEREIRA, L. A.; KOBAL, R.; KITAMURA, K.; RAMÍREZ-CAMPILLO, R.; ZANETTI, V.; ABAD, C. C.; NAKAMURA, F. Y. Muscle Contraction Velocity: A Suitable Approach to Analyze the Functional Adaptations in Elite Soccer Players. **J Sports Sci Med**, v. 15, n. 3, p. 483-491, 2016.

MACADAM, P.; NUEL, S.; CRONIN, J. B.; NAGAHARA, R.; UTHOFF, A. M.; GRAHAM, S. P.; TINWALA, F.; NEVILLE, J. Kinematic and kinetic differences in block and split-stance standing starts during 30 m sprint-running. **Eur J Sport Sci**, v. 19, n. 8, p. 1024-1031, 2019.

MACADAM, P.; NUEL, S.; CRONIN, J. B.; UTHOFF, A. M.; NAGAHARA, R.; NEVILLE, J.; GRAHAM, S. P.; TINWALA, F. Thigh positioned wearable resistance affects step frequency not step length during 50 m sprint-running. **Eur J Sport Sci**, v. 20, n. 4, p. 444-451, 2020.

MACKALA, K. Optimisation of performance through kinematic analysis of the different phases of the 100 metres. **New Studies in Athletics**, v. 22, n. 2, p. 7, 2007.

MAĆKAŁA, K.; FOSTIAK, M.; KOWALSKI, K. Selected determinants of acceleration in the 100m sprint. **J Hum Kinet**, v. 45, p. 135-48, 2015.

MACKALA, K.; FOSTIAK, M.; SCHWEYEN, B.; OSIK, T.; COCH, M. Acute Effects of a Speed Training Program on Sprinting Step Kinematics and Performance. **Int J Environ Res Public Health**, v. 16, n. 17, 2019.

MAĆKAŁA, K.; MERO, A. A kinematics analysis of three best 100 m performances ever. **J Hum Kinet**, v. 36, p. 149-60, 2013.

MANN, R.; SPRAGUE, P. A kinetic analysis of the ground leg during sprint running. **Res Q Exerc Sport**, v. 51, n. 2, p. 334-48, 1980.

MANN, R. A.; HAGY, J. Biomechanics of walking, running, and sprinting. **Am J Sports Med**, v. 8, n. 5, p. 345-50, 1980.

MATTES, K.; HABERMANN, N.; SCHAFFERT, N.; MÜHLBACH, T. A longitudinal study of kinematic stride characteristics in maximal sprint running. **Journal of human sport and exercise**, v. 9, n. 3, p. 686-699, 2014.

MCGOWAN, C. J.; PYNE, D. B.; THOMPSON, K. G.; RATTRAY, B. Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. **Sports Med**, v. 45, n. 11, p. 1523-46, 2015.

MCMILLIAN, D. J.; MOORE, J. H.; HATLER, B. S.; TAYLOR, D. C. Dynamic vs. static-stretching warm up: the effect on power and agility performance. **J Strength Cond Res**, v. 20, n. 3, p. 492-9, 2006.

MENDOZA, L.; SCHÖLLHORN, W. Training of the sprint start technique with biomechanical feedback. **J Sports Sci**, v. 11, n. 1, p. 25-9, 1993.

MERO, A.; KOMI, P. V.; GREGOR, R. J. Biomechanics of sprint running. A review. **Sports Med**, v. 13, n. 6, p. 376-92, 1992.

MILANESE, C.; BERTUCCO, M.; ZANCANARO, C. The effects of three different rear knee angles on kinematics in the sprint start. **Biol Sport**, v. 31, n. 3, p. 209-15, 2014.

MISJUK, M.; VIRU, M. Running velocity dynamics in 100 m sprint: comparative analysis of the world top and Estonian top male sprinters. **Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis**, v. 17, p. 131-138, 2011.

MIYAMOTO, A.; YANAGIYA, T. Seasonal Changes in Physical Fitness of Adolescent Track and Field Athletes. **Juntendo Medical Journal**, v. 62, n. Suppl. 1, p. 189-193, 2016.

MORAS, G.; FERNÁNDEZ-VALDÉS, B.; VÁZQUEZ-GUERRERO, J.; TOUS-FAJARDO, J.; EXEL, J.; SAMPAIO, J. Entropy measures detect increased movement variability in resistance training when elite rugby players use the ball. **J Sci Med Sport**, v. 21, n. 12, p. 1286-1292, 2018.

MORIN, J. B.; BOURDIN, M.; EDOUARD, P.; PEYROT, N.; SAMOZINO, P.; LACOUR, J. R. Mechanical determinants of 100-m sprint running performance. **Eur J Appl Physiol**, v. 112, n. 11, p. 3921-30, 2012.

MORIN, J. B.; EDOUARD, P.; SAMOZINO, P. Technical ability of force application as a determinant factor of sprint performance. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 9, p. 1680-8, 2011.

NAGAHARA, R.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Ground reaction force across the transition during sprint acceleration. **Scand J Med Sci Sports**, v. 30, n. 3, p. 450-461, 2020.

NAGAHARA, R.; KANEHISA, H.; MATSUO, A.; FUKUNAGA, T. Are peak ground reaction forces related to better sprint acceleration performance? **Sports Biomech**, v. 20, n. 3, p. 360-369, 2021.

NAGAHARA, R.; MATSUBAYASHI, T.; MATSUO, A.; ZUSHI, K. Kinematics of transition during human accelerated sprinting. **Biol Open**, v. 3, n. 8, p. 689-99, 2014a.

_____. Alteration of swing leg work and power during human accelerated sprinting. **Biol Open**, v. 6, n. 5, p. 633-641, 2017a.

_____. Kinematics of the thorax and pelvis during accelerated sprinting. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 58, n. 9, p. 1253-1263, 2018a.

NAGAHARA, R.; MIZUTANI, M.; MATSUO, A.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. Association of Step Width with Accelerated Sprinting Performance and Ground Reaction Force. **Int J Sports Med**, v. 38, n. 7, p. 534-540, 2017b.

_____. Association of Sprint Performance With Ground Reaction Forces During Acceleration and Maximal Speed Phases in a Single Sprint. **J Appl Biomech**, v. 34, n. 2, p. 104-110, 2018b.

_____. Step-to-step spatiotemporal variables and ground reaction forces of intra-individual fastest sprinting in a single session. **J Sports Sci**, v. 36, n. 12, p. 1392-1401, 2018c.

NAGAHARA, R.; NAITO, H.; MORIN, J. B.; ZUSHI, K. Association of acceleration with spatiotemporal variables in maximal sprinting. **Int J Sports Med**, v. 35, n. 9, p. 755-61, 2014b.

NAGAHARA, R.; ZUSHI, K. Development of maximal speed sprinting performance with changes in vertical, leg and joint stiffness. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 57, n. 12, p. 1572-1578, 2017.

NUMMELA, A.; RUSKO, H.; MERO, A. EMG activities and ground reaction forces during fatigued and nonfatigued sprinting. **Med Sci Sports Exerc**, v. 26, n. 5, p. 605-9, 1994.

OTSUKA, M.; KAWAHARA, T.; ISAKA, T. Acute Response of Well-Trained Sprinters to a 100-m Race: Higher Sprinting Velocity Achieved With Increased Step Rate Compared With Speed Training. **J Strength Cond Res**, v. 30, n. 3, p. 635-42, 2016.

OTSUKA, M.; KURIHARA, T.; ISAKA, T. Effect of a Wide Stance on Block Start Performance in Sprint Running. **PLoS One**, v. 10, n. 11, p. e0142230, 2015.

OTSUKA, M.; SHIM, J. K.; KURIHARA, T.; YOSHIOKA, S.; NOKATA, M.; ISAKA, T. Effect of expertise on 3D force application during the starting block phase and subsequent steps in sprint running. **J Appl Biomech**, v. 30, n. 3, p. 390-400, 2014.

PAGE, M. J.; MCKENZIE, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T. C.; MULROW, C. D.; SHAMSEER, L.; TETZLAFF, J. M.; AKL, E. A.; BRENNAN, S. E.; CHOU, R.; GLANVILLE, J.; GRIMSHAW, J. M.; HRÓBJARTSSON, A.; LALU, M. M.; LI, T.; LODER, E. W.; MAYO-WILSON, E.; MCDONALD, S.; MCGUINNESS, L. A.; STEWART, L. A.; THOMAS, J.; TRICCO, A. C.; WELCH, V. A.; WHITING, P.; MOHER, D. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **J Clin Epidemiol**, v. 134, p. 178-189, 2021.

PARADISIS, G. P.; BISSAS, A.; PAPPAS, P.; ZACHAROGLIANNIS, E.; THEODOROU, A.; GIRARD, O. Sprint mechanical differences at maximal running speed: Effects of performance level. **J Sports Sci**, v. 37, n. 17, p. 2026-2036, 2019.

PEREIRA, L. A.; BOULLOSA, D.; MOURA, T. B. M. A.; MERCER, V. P.; FERNANDES, V.; BISHOP, C.; LOTURCO, I. Post-Activation performance enhancement in sprinters: effects of hard versus sand surfaces. **Journal of Human Kinetics**, v. In press, 2022.

PEREIRA, L. A.; RAMIREZ-CAMPILLO, R.; MARTÍN-RODRÍGUEZ, S.; KOBAL, R.; ABAD, C. C. C.; ARRUDA, A. F. S.; GUERRIERO, A.; LOTURCO, I. Is Tensiomyography-Derived Velocity of Contraction a Sensitive Marker to Detect Acute Performance Changes in Elite Team-Sport Athletes? **Int J Sports Physiol Perform**, p. 1-7, 2019.

PETERS, A.; GALNA, B.; SANGEUX, M.; MORRIS, M.; BAKER, R. Quantification of soft tissue artifact in lower limb human motion analysis: a systematic review. **Gait Posture**, v. 31, n. 1, p. 1-8, 2010.

PIECHOTA, K.; BORYSIUK, Z.; BŁASZCZYSZYN, M. Pattern of movement and the pre- and post-start activation phase during the sprint start in the low-distance athletic run. **International Journal of Performance Analysis in Sport**, v. 17, n. 6, p. 948-960, 2017.

PILIANIDIS, T.; KASABALIS, A.; MANTZOURANIS, N.; MAVVIDIS, A. Start reaction time and performance at the sprint events in the Olympic Games. **Kinesiology**, v. 44, n. 1, p. 67-72, 2012.

PINCUS, S. M.; GOLDBERGER, A. L. Physiological time-series analysis: what does regularity quantify? **Am J Physiol**, v. 266, n. 4 Pt 2, p. H1643-56, 1994.

PIPER, A. D.; JOUBERT, D. P.; JONES, E. J.; WHITEHEAD, M. T. Comparison of Post-Activation Potentiating Stimuli on Jump and Sprint Performance. **Int J Exerc Sci**, v. 13, n. 4, p. 539-553, 2020.

- PREATONI, E.; FERRARIO, M.; DONÀ, G.; HAMILL, J.; RODANO, R. Motor variability in sports: a non-linear analysis of race walking. **J Sports Sci**, v. 28, n. 12, p. 1327-36, 2010.
- PREATONI, E.; HAMILL, J.; HARRISON, A. J.; HAYES, K.; VAN EMMERIK, R. E.; WILSON, C.; RODANO, R. Movement variability and skills monitoring in sports. **Sports Biomech**, v. 12, n. 2, p. 69-92, 2013.
- PRIESKE, O.; BEHRENS, M.; CHAABENE, H.; GRANACHER, U.; MAFFIULETTI, N. A. Time to Differentiate Postactivation "Potentiation" from "Performance Enhancement" in the Strength and Conditioning Community. **Sports Med**, v. 50, n. 9, p. 1559-1565, 2020.
- REY, E.; LAGO-PEÑAS, C.; LAGO-BALLESTEROS, J. Tensiomyography of selected lower-limb muscles in professional soccer players. **J Electromyogr Kinesiol**, v. 22, n. 6, p. 866-72, 2012.
- RICHMAN, J. S.; MOORMAN, J. R. Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy. **Am J Physiol Heart Circ Physiol**, v. 278, n. 6, p. H2039-49, 2000.
- ROBERTSON, D. G. E.; CALDWELL, G. E.; HAMILL, J.; KAMEN, G.; WHITTLESEY, S. N. **Research Methods in Biomechanics**. Illinois: Human Kinetics, 2013.
- SADO, N.; YOSHIOKA, S.; FUKASHIRO, S. The three-dimensional kinetic behaviour of the pelvic rotation in maximal sprint running. **Sports Biomech**, v. 16, n. 2, p. 258-271, 2017.
- _____. A biomechanical study of the relationship between running velocity and three-dimensional lumbosacral kinetics. **J Biomech**, v. 94, p. 158-164, 2019.
- SALO, A. I.; BEZODIS, I. N.; BATTERHAM, A. M.; KERWIN, D. G. Elite sprinting: are athletes individually step-frequency or step-length reliant? **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 6, p. 1055-62, 2011.
- SANDAMAS, P.; GUTIERREZ-FAREWIK, E. M.; ARNDT, A. The effect of a reduced first step width on starting block and first stance power and impulses during an athletic sprint start. **Journal of sports sciences**, v. 37, n. 9, p. 1046-1054, 2019.
- SANDER, A.; KEINER, M.; SCHLUMBERGER, A.; WIRTH, K.; SCHMIDTBLEICHER, D. Effects of functional exercises in the warm-up on sprint performances. **J Strength Cond Res**, v. 27, n. 4, p. 995-1001, 2013.
- SANTIESTEBAN, J. R. G.; SANTILLÁN, M. A. B.; ÁLVAREZ, J. C. S.; CHANG, J. Z.; LÓPEZ, A. B. V.; CAMPOVERDE, D. A. G. Diferencias de cinco variables en atletas

femeninos de 100 metros en dos niveles de rendimiento deportivo. **Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas**, v. 37, n. 3, p. 1-11, 2018.

SCHACHE, A. G.; BLANCH, P. D.; DORN, T. W.; BROWN, N. A.; ROSEMOND, D.; PANDY, M. G. Effect of running speed on lower limb joint kinetics. **Med Sci Sports Exerc**, v. 43, n. 7, p. 1260-71, 2011.

SCHACHE, A. G.; DORN, T. W.; BLANCH, P. D.; BROWN, N. A.; PANDY, M. G. Mechanics of the human hamstring muscles during sprinting. **Med Sci Sports Exerc**, v. 44, n. 4, p. 647-58, 2012.

SCHOT, P. K.; KNUTZEN, K. M. A biomechanical analysis of four sprint start positions. **Res Q Exerc Sport**, v. 63, n. 2, p. 137-47, 1992.

SEAY, J. F.; VAN EMMERIK, R. E.; HAMILL, J. Influence of low back pain status on pelvis-trunk coordination during walking and running. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 36, n. 16, p. E1070-9, 2011.

SEITZ, L. B.; HAFF, G. G. Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis. **Sports Med**, v. 46, n. 2, p. 231-40, 2016.

SHARMA, S. K.; RAZA, S.; MOIZ, J. A.; VERMA, S.; NAQVI, I. H.; ANWER, S.; ALGHADIR, A. H. Postactivation Potentiation Following Acute Bouts of Plyometric versus Heavy-Resistance Exercise in Collegiate Soccer Players. **Biomed Res Int**, v. 2018, p. 3719039, 2018.

SIMONSEN, E. B.; THOMSEN, L.; KLAUSEN, K. Activity of mono- and biarticular leg muscles during sprint running. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, v. 54, n. 5, p. 524-532, 1985.

SLAWINSKI, J.; BONNEFOY, A.; ONTANON, G.; LEVEQUE, J. M.; MILLER, C.; RIQUET, A.; CHÈZE, L.; DUMAS, R. Segment-interaction in sprint start: Analysis of 3D angular velocity and kinetic energy in elite sprinters. **J Biomech**, v. 43, n. 8, p. 1494-502, 2010.

SLAWINSKI, J.; DUMAS, R.; CHEZE, L.; ONTANON, G.; MILLER, C.; MAZURE-BONNEFOY, A. 3D kinematic of bunched, medium and elongated sprint start. **Int J Sports Med**, v. 33, n. 7, p. 555-60, 2012.

_____. Effect of postural changes on 3D joint angular velocity during starting block phase. **J Sports Sci**, v. 31, n. 3, p. 256-63, 2013.

SLAWINSKI, J.; TERMOZ, N.; RABITA, G.; GUILHEM, G.; DOREL, S.; MORIN, J. B.; SAMOZINO, P. How 100-m event analyses improve our understanding of world-class men's and women's sprint performance. **Scand J Med Sci Sports**, v. 27, n. 1, p. 45-54, 2017.

SMIRNIOTOU, A.; KATSIKAS, C.; PARADISIS, G.; ARGEITAKI, P.; ZACHAROGIANNIS, E.; TZIORTZIS, S. Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 48, n. 4, p. 447-54, 2008.

SMITH, C. E.; HANNON, J. C.; MCGLADREY, B.; SHULTZ, B.; EISENMAN, P.; LYONS, B. The effects of a postactivation potentiation warm-up on subsequent sprint performance. **Human Movement**, v. 15, n. 1, p. 36-44, 2014a.

SMITH, G.; LAKE, M.; LEES, A. Metatarsophalangeal joint function during sprinting: a comparison of barefoot and sprint spike shod foot conditions. **J Appl Biomech**, v. 30, n. 2, p. 206-12, 2014b.

SMITH, G.; LAKE, M.; LEES, A.; WORSFOLD, P. Measurement procedures affect the interpretation of metatarsophalangeal joint function during accelerated sprinting. **J Sports Sci**, v. 30, n. 14, p. 1521-7, 2012.

STEFANYSHYN, D. J.; NIGG, B. M. Mechanical energy contribution of the metatarsophalangeal joint to running and sprinting. **J Biomech**, v. 30, n. 11-12, p. 1081-5, 1997.

STERGIOU, N. **Nonlinear analysis for human movement variability**. New York: Taylor & Francis Group, 2016.

STERGIOU, N.; DECKER, L. M. Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: is there a connection? **Hum Mov Sci**, v. 30, n. 5, p. 869-88, 2011.

TAYLOR, M. J.; BENEKE, R. Spring mass characteristics of the fastest men on Earth. **Int J Sports Med**, v. 33, n. 8, p. 667-70, 2012.

THING, J.; SCHEER, V. Track and Field. In: KHODAEI, M.; WATERBROOK, A., *et al* (Ed.). **Sports-related fractures, dislocations and Trauma**: Springer, v.1, 2020. p.955-958.

TREZISE, J.; BARTLETT, R.; BUSSEY, M. Coordination variability changes with fatigue in sprinters. **International Journal of Sports Science & Coaching**, v. 6, n. 3, p. 357-363, 2011.

TSENG, K. W.; CHEN, J. R.; CHOW, J. J.; TSENG, W. C.; CONDELLO, G.; TAI, H. L.; FU, S. K. Post-activation Performance Enhancement after a Bout of Accentuated Eccentric Loading in Collegiate Male Volleyball Players. **Int J Environ Res Public Health**, v. 18, n. 24, 2021.

VAN EMMERIK, R. E. A.; DUCHARME, S. W.; AMADO, A. C.; HAMILL, J. Comparing dynamical systems concepts and techniques for biomechanical analysis. **J Sport Health Sci**, v. 5, n. 1, p. 3-13, 2016.

VARLET, M.; RICHARDSON, M. J. What would be Usain Bolt's 100-meter sprint world record without Tyson Gay? Unintentional interpersonal synchronization between the two sprinters. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance**, v. 41, n. 1, p. 36, 2015.

VON LIERES UND WILKAU, H. C.; IRWIN, G.; BEZODIS, N. E.; SIMPSON, S.; BEZODIS, I. N. Phase analysis in maximal sprinting: an investigation of step-to-step technical changes between the initial acceleration, transition and maximal velocity phases. **Sports Biomech**, v. 19, n. 2, p. 141-156, 2020.

WALKER, J.; POLLITT, L.; PARADISIS, G.; BEZODIS, I.; BISSAS, A.; MERLINO, S. Biomechanical report for the IAAF world indoor championships 2018: 60 metres hurdles men. **International Association of Athletics Federations: Birmingham, UK**, 2019.

WARD-SMITH, A. J. Energy conversion strategies during 100 m sprinting. **J Sports Sci**, v. 19, n. 9, p. 701-10, 2001.

WHEAT, J. G., P. S. Measuring coordination and variability in coordination. In: (Ed.). **Movement System Variability**. Illinois: Human Kinetics, 2006. p.167-181.

WILD, J. J.; BEZODIS, I. N.; NORTH, J. S.; BEZODIS, N. E. Differences in step characteristics and linear kinematics between rugby players and sprinters during initial sprint acceleration. **Eur J Sport Sci**, v. 18, n. 10, p. 1327-1337, 2018.

WILSON, C.; SIMPSON, S. E.; VAN EMMERIK, R. E.; HAMILL, J. Coordination variability and skill development in expert triple jumpers. **Sports Biomech**, v. 7, n. 1, p. 2-9, 2008.

WINTER, D. A. **Biomechanics and Motor Control of Human Movement**. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2009.

WU, G.; SIEGLER, S.; ALLARD, P.; KIRTLEY, C.; LEARDINI, A.; ROSENBAUM, D.; WHITTLE, M.; D'LIMA, D. D.; CRISTOFOLINI, L.; WITTE, H.; SCHMID, O.; STOKES, I. ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion--part I: ankle, hip, and spine. International Society of Biomechanics. **J Biomech**, v. 35, n. 4, p. 543-8, 2002.

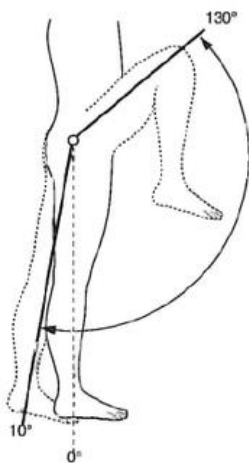
YANAOKA, T.; HAMADA, Y.; KASHIWABARA, K.; KURATA, K.; YAMAMOTO, R.; MIYASHITA, M.; HIROSE, N. Very-Short-Duration, Low-Intensity Half-Time Re-warm up Increases Subsequent Intermittent Sprint Performance. **J Strength Cond Res**, v. 32, n. 11, p. 3258-3266, 2018.

YOUNG, W.; MCLEAN, B.; ARDAGNA, J. Relationship between strength qualities and sprinting performance. **J Sports Med Phys Fitness**, v. 35, n. 1, p. 13-9, 1995.

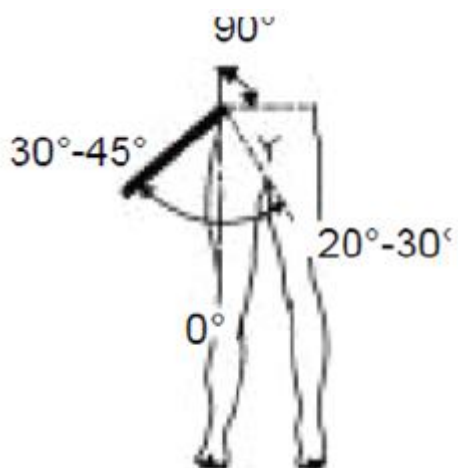
YU, J.; SUN, Y.; YANG, C.; WANG, D.; YIN, K.; HERZOG, W.; LIU, Y. Biomechanical Insights Into Differences Between the Mid-Acceleration and Maximum Velocity Phases of Sprinting. **J Strength Cond Res**, v. 30, n. 7, p. 1906-16, 2016.

APÊNDICES

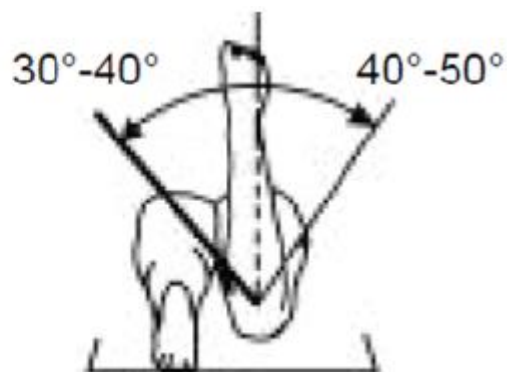
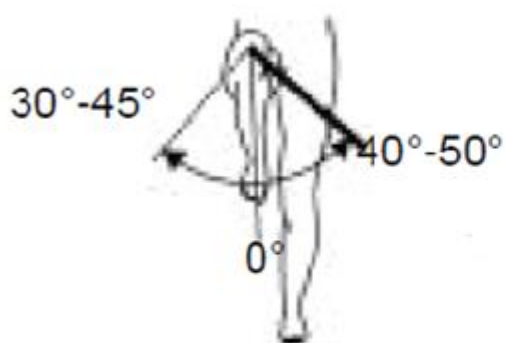
APÊNDICE 1 – Cálculo dos ângulos anatômicos de acordo com MyoMotion Software



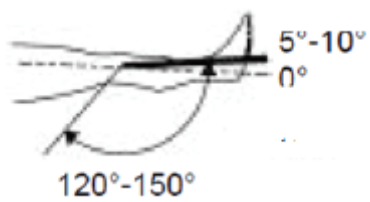
Flexão e Extensão do Quadril



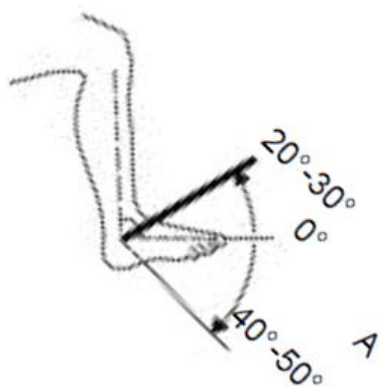
Abdução (+) e Adução (-) do Quadril.



Rotação lateral (+) e Rotação medial (-) do Quadril.



Extensão (-) e Flexão (+) do Joelho



Dorsiflexão (+) e Flexão Plantar (-)

APÊNDICE 2 – TCLE 1

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

“Aquecimento de velocistas brasileiros de elite para sessões de treinamento e competições de velocidade”

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) para participar da pesquisa **“AQUECIMENTO DE VELOCISTAS BRASILEIROS DE ELITE PARA SESSÕES DE TREINAMENTO E COMPETIÇÕES DE VELOCIDADE”**, a ser realizada em **“LONDRINA-PR”**. O objetivo da pesquisa é Identificar os métodos de aquecimento adotados por treinadores brasileiros de referência da prova dos 100 metros rasos no atletismo. Sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma: Responder um questionário que apresenta perguntas abertas sobre os protocolos de aquecimento adotados durante uma sessão de treinamento de velocidade, antes de competições secundárias e antes de competições-alvo. Além disto, também será perguntado sobre o uso de exercícios com pesos na rotina de aquecimento no dia da competição. As respostas poderão ser enviadas via correio eletrônico.

Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Esclarecemos, também, que suas informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Esclarecemos ainda, que você não pagará e nem será remunerado(a) por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação.

Os benefícios esperados são: conhecer como os técnicos de velocidade organizam a rotina de aquecimento de seus atletas para associar com lacunas presentes tanto no âmbito da prática esportiva, quanto no campo científico, como a duração de aquecimento, intensidade e número de exercícios utilizados em velocistas de elite. Esta pesquisa não apresenta

riscos, uma vez que, traz como instrumento o preenchimento de um questionário. Eu, Túlio Bernardo Macedo Alfano Moura, me responsabilizo em oferecer amparo ao participante caso ocorra algum desconforto decorrente da pesquisa.

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá nos contatar:

Túlio Bernardo Macedo Alfano Moura, Rua Caracas, 1200, Londrina-PR, (043)999092113, tuliobernardo@gmail.com ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao prédio do LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: cep268@uel.br.

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue a você.

Londrina, ___ de _____ de 20__.

Pesquisador Responsável

Eu, _____, tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar voluntariamente da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____

Data: _____

APÊNDICE 3 – TCLE 3

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

“Efeito pós-atividades condicionantes na potencialização da variabilidade de movimento e de coordenação no sprint em velocistas no atletismo”

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) para participar da pesquisa “EFEITO PÓS-ATIVIDADES CONDICIONANTES NA POTENCIALIZAÇÃO DA VARIABILIDADE DE MOVIMENTO E DE COORDENAÇÃO NO SPRINT EM VELOCISTAS NO ATLETISMO”, a ser realizada em “SÃO PAULO-SP”. O objetivo da pesquisa será verificar o efeito de diferentes atividades condicionantes na variabilidade de movimento e de coordenação de velocistas na modalidade de atletismo. Sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma: Realizar condições experimentais, a saber: 1- sem atividade condicionante, 2- Half Squat como atividade condicionante e 3- Pliometria como atividade condicionante. Para verificar o efeito das atividades condicionantes sobre o desempenho, serão realizados sprints de 50 metros. As coletas serão realizadas nas dependências do Núcleo de Alto Rendimento Esportivo de São Paulo (NAR-SP) em ambiente indoor. As condições experimentais serão realizadas com no mínimo 48 horas de intervalo. Cada condição terá duração de aproximadamente 1 hora.

Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Esclarecemos, também, que suas informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Esclarecemos ainda, que você não pagará e nem será remunerado(a) por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação.

Os benefícios esperados são: aumento do desempenho no sprint devido à pliometria como atividade condicionante e aumento do desempenho no sprint após realização do Half Squat como atividade preparatória. Os riscos desta pesquisa são: lesões musculares, dor muscular tardia e dores articulares. Eu, Túlio Bernardo Macedo Alfano Moura, me responsabilizo em oferecer amparo ao participante caso ocorra algum desconforto decorrente da pesquisa. Além disto, há um médico residente de plantão no NAR-SP, caso algum problema de saúde ocorra.

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá nos contatar:

Túlio Bernardo Macedo Alfano Moura, Rua Caracas, 1200, Londrina-PR, (043)999092113, tuliobernardo@gmail.com ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao prédio do LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: cep268@uel.br.

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue a você.

Londrina, ____ de _____ de 20__.

Pesquisador Responsável

Eu, _____, tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar voluntariamente da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____

Data: _____