



Revista Brasileira de Ciências do Esporte

ISSN: 0101-3289

ISSN: 2179-3255

Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte

Rezende, Leonardo Mateus Teixeira de; Carneiro-Júnior, Miguel
Araújo; Natali, Antônio José; Prímola-Gomes, Thales Nicolau
Estresse térmico ambiental e termorregulação em jogadores de futebol: uma revisão sistemática
Revista Brasileira de Ciências do Esporte, vol. 41, núm. 1, Janeiro-Março, 2019, pp. 10-25
Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte

DOI: 10.1016/j.rbce.2018.06.006

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=401359222003>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

UAEM redalyc.org

Sistema de Informação Científica Redalyc

Rede de Revistas Científicas da América Latina e do Caribe, Espanha e Portugal
Sem fins lucrativos acadêmica projeto, desenvolvido no âmbito da iniciativa acesso aberto



Revista Brasileira de CIÊNCIAS DO ESPORTE

www.rbceonline.org.br



ARTIGO DE REVISÃO

Estresse térmico ambiental e termorregulação em jogadores de futebol: uma revisão sistemática



Leonardo Mateus Teixeira de Rezende, Miguel Araújo Carneiro-Júnior,
Antônio José Natali e Thales Nicolau Prímola-Gomes*

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Educação Física, Laboratório de Biologia do Exercício, Viçosa, MG, Brasil

Recebido em 17 de agosto de 2016; aceito em 19 de junho de 2018

Disponível na Internet em 27 de agosto de 2018

PALAVRAS-CHAVE

Futebol;
Estresse térmico;
Desempenho

Resumo O objetivo do estudo foi fazer uma revisão sistemática acerca dos efeitos do estresse térmico ambiental sobre a termorregulação em jogadores de futebol. Foram avaliados estudos em bases de dados pertencentes ao portal Periódicos Capes. Foi empregado o método Prisma para o desenvolvimento da revisão. Jogadores de futebol apresentam grande aumento da temperatura corporal associada à redução de desempenho físico durante o jogo em ambiente quente. Em relação às estratégias para amenizar esse prejuízo (ex. resfriamento, hidratação, aclimação e aquecimento), o pequeno número de trabalhos encontrado ($n = 18$) apresenta resultados controversos, portanto são necessários mais estudos.

© 2018 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

KEYWORDS

Soccer;
Thermal stress;
Performance

Environmental thermal stress and thermoregulation in soccer players: a systematic review

Abstract The objective of the study was to systematically review the effects of the environmental thermal stress on thermoregulation in soccer players. We analyzed studies from databases belonging to the *Periódicos Capes* portal. The PRISMA method was used to perform the review. Soccer players exhibit high increase in body temperature associated with reduction in physical performance during game in warm environment. Concerning strategies to mitigate such impairment (e.g. cooling, hydration, acclimatization, warm up and heating), the small number of studies analyzed ($n = 18$) showed controversial results, which warrants more studies. © 2018 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondência.

E-mail: thales.gomes@ufv.br (T.N. Prímola-Gomes).

PALABRAS CLAVE

Futebol;
Estrés térmico;
Rendimiento

Estrés térmico ambiental y termorregulación en jugadores de fútbol: una revisión sistemática

Resumen El objetivo del estudio fue llevar a cabo una revisión sistemática sobre los efectos del estrés térmico ambiental en la termorregulación de jugadores de fútbol. Se evaluaron estudios en bases de datos pertenecientes al portal Periódicos Capes. Se empleó el método PRISMA para el desarrollo de la revisión. Los jugadores de fútbol presentan un gran aumento de la temperatura corporal asociada con la reducción de rendimiento físico durante el juego en un entorno caluroso. En cuanto a las estrategias para disminuir esta alteración (p. ej., enfriamiento, hidratación, aclimatación y calentamiento), el pequeño número de trabajos encontrados ($n = 18$) presentan resultados controvertidos, por lo que es necesaria la realización de más estudios.

© 2018 Colégio Brasileiro de Ciências do Esporte. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introdução

O estudo dos efeitos do estresse térmico ambiental sobre o desempenho humano nas diferentes tarefas, dentre elas as práticas esportivas e de atividades físicas em geral, tem ganhado cada vez mais relevância (Nybo et al., 2017). Tal atenção se dá, por exemplo, devido às mudanças climáticas que têm ocasionado constantes ondas de calor ao redor do mundo que podem causar danos à saúde humana (Nybo et al., 2017; Argaud et al., 2007; Ebi et al., 2004). No caso do futebol, a Copa do Mundo de 2014 no Brasil chamou a atenção devido à grande diversidade climática/ambiental do país (Nassis et al., 2015). A Confederação Brasileira de Futebol também tem dado atenção aos efeitos do estresse térmico ambiental sobre o desempenho de jogadores, principalmente devido ao fato de que recentemente alguns jogos do Campeonato Brasileiro da Série A passaram a serem realizados às 11h. Nesses casos, algumas perguntas podem ser feitas. Por exemplo, existem diferenças no desempenho se uma partida for disputada a 15°C, 25°C ou 35°C? Quais estratégias poderiam ser adotadas pelos profissionais das comissões técnicas para aprimorar o desempenho nessas situações? Em face disso, o conhecimento da termorregulação em jogadores de futebol, bem como de suas respostas ao estresse térmico ambiental, é um fator importante a ser considerado no desenvolvimento de estratégias e na melhoria das condições da prática do esporte.

O futebol é um esporte caracterizado por uma série de atividades intermitentes, seguidas de curtos espaços de recuperação, o que torna complexo o entendimento de suas necessidades fisiológicas (Drust et al., 2000). Além disso, é um esporte praticado em ambiente aberto e sofre interferência direta das condições ambientais locais. Por exemplo, o calor/umidade e o frio/altitude são condições ambientais que, entre outras, poderão interferir no desempenho dos jogadores (No e Kwak, 2016).

Diversos fatores precisam ser entendidos na busca da manutenção da homeostase corporal do atleta. Dentre esses, o entendimento do controle da temperatura corporal durante o jogo em diferentes condições de estresse

térmico ambiental deve ser levado em consideração, uma vez que o estresse térmico ambiental comprovadamente interferirá nessa variável e, consequentemente, no desempenho esportivo (Carling et al., 2011; Ozgunen et al., 2010; Mohr et al., 2012). A temperatura corporal durante a prática esportiva será uma resultante entre o ganho e a perda de calor, sua regulação se dará por meio de mecanismos autonômicos e comportamentais (Adams et al., 1975; Cheung, 1998). Ambos os mecanismos serão ajustados e regulados de acordo com as condições ambientais (ex. calor, frio, umidade relativa do ar – URA etc.) e da duração/intensidade do esporte em questão (ex. número de sprints, duração fixa ou variável, percepção do esforço, etc.) (Gonzalez-Alonso, 1999; Schlader et al., 2011).

Em relação aos mecanismos autonômicos termorregulatórios durante a prática esportiva, a temperatura central¹ aumentará, principalmente devido à maior produção metabólica de calor (Edwards e Clark, 2006). Assim, a evaporação do suor a partir da pele será o principal mecanismo de dissipação, principalmente durante as práticas esportivas em ambientes quentes (ex. 35°C) (Edwards e Clark, 2006). Além disso, se a prática for feita em um local onde exista a combinação de elevação da temperatura ambiente e da

¹ No presente trabalho foram adotadas definições de acordo com o glossário de termos para fisiologia térmica, da União Internacional de Ciências Fisiológicas (IUSP). *Temperatura corporal*: estimada através das médias de valores representativos das temperaturas central e da pele. *Temperatura central*: de maneira ideal é a média das temperaturas do núcleo térmico. De acordo com as metodologias de medidas dos trabalhos originais, os seguintes índices de temperatura central foram usados: gastrointestinal, retal e muscular. *Núcleo térmico (Thermal core)*: Tecidos internos do corpo, dos quais as suas temperaturas não são modificadas nas suas inter-relações por ajustes circulatórios e modificações na dissipação de calor para o ambiente e que afetam o invólucro térmico corporal (*Thermal shell*). *Invólucro térmico (Thermal shell)*: refere-se principalmente à pele e às superfícies mucosas envolvidas diretamente nas trocas de calor com o ambiente. Obs: Os termos foram usados durante o texto de acordo com a referência original pesquisada ou com o melhor sentido para a ideia a ser exposta (Commission, 2003).

URA (ex. 35 °C e 80% URA), haverá uma limitação da capacidade de perda por meio da evaporação de suor, o que dificulta ainda mais a manutenção da temperatura central em limites adequados (Ozgunen et al., 2010). Como exemplo, podem ser citados os jogos em Manaus durante a Copa do Mundo do Brasil. Além disso, aliado ao acúmulo de calor, a desidratação² devido à perda hídrica via sudorese representará uma preocupação para o jogo em ambiente quente, pode promover, entre outros, a perda de massa corporal e, conseqüentemente, de desempenho (Shirreffs et al., 2005). Vale destacar que o nível da desidratação está diretamente associado ao aumento da temperatura central durante o exercício físico (Maughan et al., 2005). Por outro lado, no exercício físico feito em ambiente frio (ex. -5 °C), a capacidade de produzir contrações rápidas e a eficiência mecânica estarão diminuídas durante a prática esportiva (Carling et al., 2011). Poderá ocorrer a redução da perfusão tecidual de O₂ devido à vasoconstrição generalizada (Werner e Reents, 1980; Hanna et al., 1975), que atuará principalmente de forma a diminuir o fluxo sanguíneo cutâneo (periférico) para conservar calor e manter a temperatura central (Hanna et al., 1975; Veicsteinas et al., 1982).

Em relação aos mecanismos comportamentais termorregulatórios durante a prática esportiva, sabe-se que a intensidade e a taxa de trabalho serão autoajustadas e estarão diretamente relacionadas à percepção subjetiva do esforço necessário para completar a tarefa em questão (Schladern et al., 2011), por exemplo os 90 minutos do jogo de futebol. Assim, o acúmulo de calor diminuirá a capacidade de fazer *sprints* e de percorrer maiores distâncias em corridas de altas intensidades, principalmente em ambientes quentes (Nassis et al., 2015).

Dessa forma, pode-se perceber que a termorregulação é uma variável diretamente relacionada ao desempenho esportivo. Como o futebol é o esporte mais popular e mais praticado no mundo, o entendimento das respostas termorregulatórias autonômicas e comportamentais dos jogadores ao estresse térmico ambiental emerge como um fator fundamental. Tal conhecimento poderá contribuir para o desenvolvimento do esporte, seja no nível recreativo ou no profissional, auxiliar nas escolhas dos horários adequados para os jogos e treinamentos, de diferentes estratégias de aclimatação/aclimação³, hidratação, resfriamento, aquecimento, entre outras.

² Índices de variações percentuais no peso corporal para classificar o estado de hidratação: 1) Bem hidratado (+1 a -1%); 2) Minimamente desidratado (-1 a -3%); 3) Significativamente desidratado (-3 a -5%); 4) Seriamente desidratado (>5%) (Casa et al., 2000).

³ Aqui cabe uma observação quanto ao uso dos termos aclimatação e aclimação. Embora etimologicamente os dois termos sejam indistinguíveis, foram adotados no presente trabalho as definições e os usos mais comuns no campo da fisiologia térmica. *Aclimatação*: mudanças fisiológicas ou comportamentais que ocorrem na vida de um organismo reduzindo o estresse causado por mudanças do clima natural (ex. sazonais ou geográficas). *Aclimação*: mudanças fisiológicas ou comportamentais que ocorrem em um organismo, reduzem o estresse ou melhoram a resistência ao estresse causado por variações induzidas experimentalmente em fatores climáticos específicos (ex. uso de câmara ambiental) (Commission, 2003).

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão sistemática acerca dos efeitos do estresse térmico ambiental sobre a termorregulação em jogadores de futebol.

Métodos

O processo de elaboração da revisão de literatura seguiu os critérios estabelecidos pelo sistema Prisma (*Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses*), elaborado para guiar estudos de revisão sistemática e revisão por metanálise (Moher et al., 2009; Liberati et al., 2009).

Foram analisados artigos no idioma inglês publicados de 1993 a 2018. Os trabalhos foram pesquisados em bases de dados eletrônicas indexadas ao portal Periódicos Capes, além da busca nas referências dos próprios artigos selecionados. As bases online selecionadas foram PubMed, SciELO, Medline, Science Direct, SPORTDiscuss e Web of Science. Os seguintes descritores foram definidos com o auxílio do *Medical Subject Headings* (MeSH), usados isoladamente ou combinados: *football, soccer, heat, tropical climate, hot temperature, cold, cold temperature, body temperature, core temperature, thermoregulation, temperature regulation, body temperature regulation, temperature control*.

Foram selecionados para a revisão artigos originais publicados dentro do período estabelecido cujo assunto principal fosse o estudo da termorregulação no futebol nos ambientes frio e quente, além de intervenções voltadas para redução do estresse térmico advindo de tais condições ambientais. Foram excluídos: (a) artigos de revisão, (b) artigos nos quais o protocolo não continha sessão de exercício físico associado ao futebol, (c) árbitros, (d) falta de relação com a variável principal (termorregulação).

Após a aplicação das estratégias de buscas nas bases de dados relatadas, foram encontrados 100 artigos potencialmente relevantes e quatro artigos adicionais foram selecionados a partir das referências dos 100 trabalhos. Após a retirada das duplicatas, restaram 76 trabalhos que tiveram seus títulos e resumos analisados. Após esse procedimento, sobraram 53 artigos que foram lidos na íntegra, quando foram aplicados os critérios de inclusão/exclusão. Restaram então 18 artigos, que foram incluídos para a construção da revisão sistemática (fig. 1). Todos os procedimentos foram feitos por dois avaliadores independentes.

As informações dos estudos foram sumarizadas em uma tabela no formato Picos, como orientado pelo sistema Prisma (Moher et al., 2009; Liberati et al., 2009). Baseado nisso, foram apresentadas informações a respeito dos participantes (P), da intervenção (I), da comparação entre grupos ou grupo controle (C), dos resultados/*outcomes* (O) e do desenho do estudo/*study design* (S). Em sequência, foram incluídos os seguintes dados: 1) Estudo; 2) Participantes; 3) Desenho Experimental; 4) Protocolo/Medida/Tamb e URA; 5) Exercício; 6) Principais Resultados.

A qualidade metodológica dos estudos foi avaliada por meio de uma ferramenta para avaliar estudos transversais, proposta por Downs e Black e adaptada por Hinckson e Curtis (Hinckson e Curtis, 2013). O método usado consiste

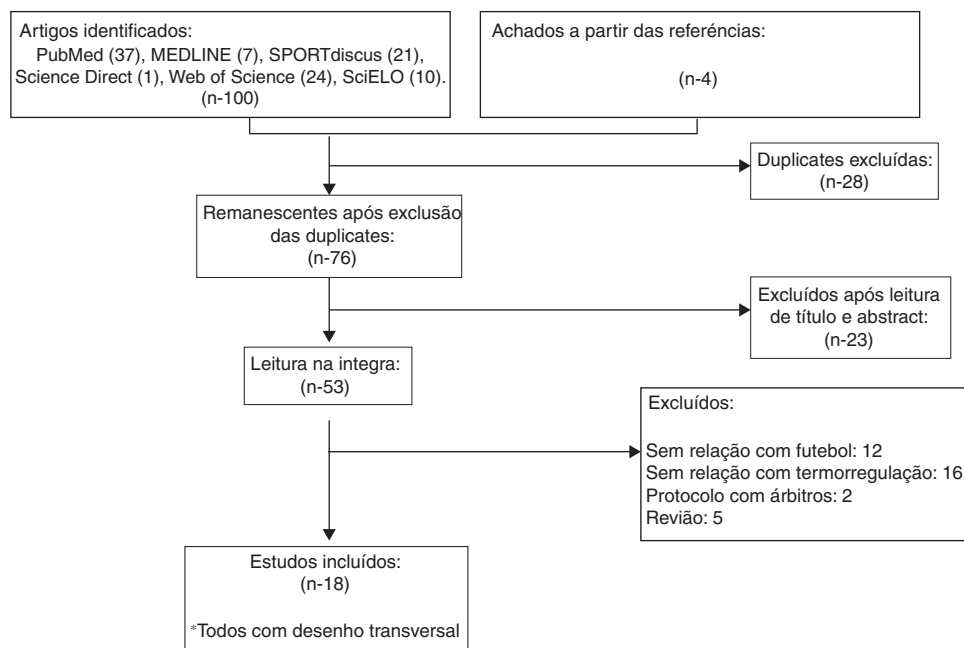


Figura 1 Fluxograma do processo de seleção dos artigos.

em um questionário composto por 10 itens, que são classificados em quatro categorias (informações descritivas, validade externa, validade interna e efeitos clínicos), os trabalhos recebem um descritor final: 0–20%, Ruim; 21–40%, Pobre; 41–60%, Moderado; 61–80%, Bom; 81–100%, Excelente.

Resultados

A [tabela 1](#) sumariza os 18 artigos selecionados. Após a leitura dos artigos e de acordo com os objetivos da presente revisão, os trabalhos foram agrupados na tabela em cinco eixos temáticos. Todos os artigos encontrados foram de caráter transversal.

1) *Estresse térmico ambiental* ($n = 6$). Em relação aos participantes, foi observado nos estudos o uso de jogadores semiprofissionais, profissionais e universitários. É importante ressaltar que não foram observados estudos com mulheres. Em relação aos protocolos/medidas, os trabalhos encontrados apresentaram protocolos de estresse térmico em ambientes abertos (sem controle), as temperaturas variaram de 5°C até 43°C. Foi observada nesse quesito a medida da temperatura central por meio de termossensores intramusculares e cápsulas ingeríveis. Em relação ao exercício, foram observados uma sessão de treinamento, jogos amistosos e jogos competitivos. Os principais resultados observados, quando analisados em conjunto, mostram que ao longo dos jogos e da sessão de treinamento houve diminuição da massa corporal. Um resultado importante foi que o ambiente quente levou a maiores valores de temperatura central e volume de suor. Além disso, o número de *sprints*, corridas de alta intensidade e distância total percorrida diminuiu. Um dado interessante é a observação

de que a taxa de sucesso nos passes foi maior nos ambientes quentes, embora o número de passes tenha sido semelhante. Por fim, foi observado que jogadores profissionais, consequentemente mais condicionados, apresentaram menores valores de temperatura central (intervalo e pós-jogo) durante os jogos, quando comparados com jogadores universitários.

2) *Estratégias de resfriamento* ($n = 5$). Em relação aos participantes, foi observado nos estudos o uso de jogadores profissionais e universitários. Foi encontrado um trabalho com mulheres. Em relação aos protocolos/medidas, os trabalhos encontrados usaram estratégias relacionadas ao uso de banho gelado, colete de resfriamento, toalha resfriada em água gelada e tenda climatizada. A maior parte das estratégias foi aplicada no momento pré-exercício. Não foram encontrados trabalhos que usaram o resfriamento pós-jogo. Em relação ao exercício, a maior parte dos trabalhos encontrados usou protocolos de exercícios intermitentes específicos do futebol, somente um avaliou o jogo completo. Os principais resultados observados, quando analisados em conjunto, mostram que o resfriamento, independentemente do tipo e apesar de ser uma estratégia interessante para a diminuição do estresse térmico, principalmente no calor, precisa ser mais bem estudado. Em relação às temperaturas centrais e da pele, os dados são inconclusivos, devido aos diferentes momentos de medidas e protocolos. Foram observadas melhorias na sensação térmica. Foi encontrado também que o resfriamento melhorou o desempenho cognitivo dos jogadores. No entanto, os resultados observados não mostram diferenças significativas de desempenho físico dos atletas.

3) *Estratégias de hidratação* ($n = 6$). Em relação aos participantes, foram encontrados trabalhos com amadores,

Tabela 1 Estudos com efeito de diferentes temperaturas sobre o comportamento termorregulatório e desempenho em jogadores de futebol

Estudo	Participantes	Desenho experimental	Protocolo/Medida/Tamb e URA	Exercício	Principais resultados
<i>Estresse térmico ambiental</i>					
Maughan et al. (2005)	Profissionais da Liga Holandesa (n = 17; 24,0 ± 4,0 anos). M	Transversal	Protocolo: -Uma sessão de treinamento. Tamb: 5,1 ± 0,7 °C; URA: 81 ± 6%. Medida: -Massa corporal.	Uma sessão de treinamento composta por aquecimento, corrida em volta do campo, exercícios com bola e um jogo com tempo reduzido.	↓ Massa corporal
Edwards e Clark (2006)	Universitários (n = 8; 20 ± 2 anos) Profissionais (n = 7; 24 ± 3 anos). M	Transversal	Protocolo: -Duas partidas completas. (1) Tamb: 16 °C; URA: 47%. (2) Tamb: 19 °C; URA: 53%. Medidas: -T _{gastrointestinal} (sensor ingerível - pílula) de forma contínua durante os jogos. -Volume plasmático – pré vs. pós. -Massa corporal- pré vs. pós. -Frequência cardíaca.	(1) Universitários - partida recreativa contra amigos e com poucos espectadores. (2) Profissionais - partida de pré-temporada contra um time da English Premier League com 14.853 espectadores.	(2): ↓ T _{gastrointestinal} (Intervalo e pós-jogo). Ambos os grupos: ↓ Massa corporal. ↓ Volume plasmático. ↓ FC no intervalo.
Mohr et al. (2012)	Profissionais das ligas irlandesa e dinamarquesa. (n = 17; 26,6 ± 1,2 anos). M	Transversal	Protocolo: -Dois jogos: (1) normal; Tamb 1: 21 °C; URA: 55%. (2) quente; Tamb 2: 43 °C; URA: 12%. Medidas: -T _{gastrointestinal} (sensor ingerível - pílula). -T _{muscular} (termistor tipo agulha inserido a 3 cm de profundidade) a partir do vasto lateral. -Volume de suor. -Frequência cardíaca. -Distância total percorrida. -Corrida de alta intensidade. -Número de sprint. -Taxa de sucesso nos passes. -Número de passes.	Dois jogos amistosos, um em cada ambiente.	# T _{muscular} . # Frequência cardíaca. # Número de passes. (2): ↑ T _{gastrointestinal} . ↓ Distância total percorrida. ↓ Número de sprints. ↓ Corrida de alta intensidade. ↑ Volume de suor. ↑ Taxa de sucesso nos passes.

Tabela 1 (Continuação)

Estudo	Participantes	Desenho experimental	Protocolo/Medida/Tamb e URA	Exercício	Principais resultados
Girard et al. (2015)	Profissionais (n = 17; 27 ± 1 anos) M	Transversal	Protocolo: -Duas partidas amistosas: (1) temperado; Tamb: 21°C ; URA: 55%. (2) quente; Tamb: 43°C ; URA: 12%. Medidas: - $T_{\text{gastrointestinal}}$ (sensor ingerível - pílula). -Massa corporal. -Volume de suor. -Atividade elétrica do sóleo.	Dois jogos amistosos, um em cada ambiente.	# Massa corporal. (2): $\uparrow T_{\text{gastrointestinal}}$. \uparrow Volume de suor. \uparrow Ativação do músculo sóleo 24h após o jogo.
Mohr et al. (2010)	Profissionais (n = 20; $19,3 \pm 0,3$ anos.) das 2 ^a e 3 ^a divisões espanholas M	Transversal	Protocolo: -Jogo amistoso- times da 2 ^a e 3 ^a divisões espanholas. Tamb: $31,2 - 31,6^{\circ}\text{C}$. Medidas: - T_{muscular} (termistor tipo agulha inserido a 3 cm de profundidade) a partir do vasto lateral. -Lactato sanguíneo. -Massa corporal. -Distância percorrida. -Velocidade e distância de sprint.	Um jogo amistoso.	$\uparrow T_{\text{muscular}}$ ($2,1^{\circ}\text{C}$; atingiu o pico após o fim do primeiro tempo- $40,05 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$). \downarrow Massa corporal. \uparrow Concentração de lactato. 15 minutos finais: \downarrow Distância percorrida. \downarrow Velocidade e distância de Sprint.
Özgülün et al. (2010)	Semiprofissionais. (n = 11; $20,4 \pm 2,1$ anos). M	Transversal	Protocolo: -Duas partidas competitivas: (1) junho; Tamb: $34,1 \pm 1^{\circ}\text{C}$; URA: $38 \pm 2\%$. (2) julho; Tamb: 36°C ; URA: $61 \pm 1\%$. Índice térmico: (2) > (1). Medidas: - $T_{\text{gastrointestinal}}$ (sensor ingerível - pílula). -Distancia total percorrida.	Dois jogos de futebol completos.	# $T_{\text{gastrointestinal}}$ (2): \downarrow Distância total percorrida.

Tabela 1 (Continuação)

Estudo	Participantes	Desenho experimental	Protocolo/Medida/Tamb e URA	Exercício	Principais resultados
<i>Estratégias de resfriamento</i>					
Drust, Cable e Reilly (2000)	Universitários. (n = 6; $27,0 \pm 2,0$ anos). M	Transversal	<p>Protocolo: -Três grupos: (1) ambiente termoneutro; Tamb: $20,5 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$; URA: $71,6 \pm 8,4\%$. (2) ambiente quente; Tamb: $26,0 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$; URA: $61,5 \pm 9,0\%$. (3) estratégia de pré-resfriamento por meio de banho gelado em ambiente termoneutro. Tamb: $20,5 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$; URA: $68,3 \pm 6,2\%$.</p> <p>Medidas: -T_{retal} (termosensor retal). -T_{pele} (sensores fixos a pele). -Taxa de suor.</p>	Exercícios intermitentes específicos do futebol (2 x 45 min separados por 15 min): Corridas em diferentes intensidades na esteira (ex. caminhada, corrida leve e <i>sprint</i>).	<p># Taxa de suor.</p> <p>(2) vs. (3): $\uparrow T_{\text{retal}}$.</p> <p>(3): $\downarrow T_{\text{retal}}$. $\downarrow T_{\text{pele}}$.</p>
Price et al. (2009)	Profissionais. (n = 8; $24,5 \pm 5,1$ anos). F	Transversal	<p>Protocolo: -Três sessões experimentais: (1) colete de resfriamento pré-exercício; (2) colete de resfriamento pré-exercício e no intervalo; (3) sem uso do colete. Tamb: $30,6 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$; URA: $63,5 \pm 2,1\%$.</p> <p>Medidas: -T_{retal} (termossensor retal). -T_{pele} (sensores fixos a pele). -Massa corporal. -Frequência cardíaca. -Taxa de sudorese</p>	Exercícios intermitentes específicos do futebol (2 x 45 min separados por 15 min): Corridas em diferentes intensidades na esteira (ex. caminhada, corrida leve e <i>sprint</i>).	<p>#Fc. #Massa corporal.</p> <p>(3): $\uparrow T_{\text{retal}}$.</p> <p>(1) e (2): $\downarrow T_{\text{pele}}$ (Após resfriamento inicial) $\downarrow T_{\text{retal}}$ (no intervalo).</p> <p>(2): \uparrow perda de massa corporal. \uparrow taxa de sudorese.</p>

Tabela 1 (Continuação)

Estudo	Participantes	Desenho experimental	Protocolo/Medida/Tamb e URA	Exercício	Principais resultados
Clarke et al. (2011)	Universitários. (n = 12; 25,0 ± 1,0 anos). M	Transversal	<p>Protocolo:</p> <p>-Quatro sessões: (1) Colete de resfriamento pré-exercício e no intervalo, além da ingestão de carboidrato a cada 15min; (2) Colete de resfriamento pré-exercício e no intervalo, além da ingestão de solução placebo a cada 15min; (3) Ingestão de carboidrato a cada 15min; (4) Ingestão de placebo a cada 15 min.</p> <p>Tamb: 30,5 ± 01 °C; URA: 42,2 ± 0,2%.</p> <p>Medidas:</p> <p>-T_{gastrointestinal} (sensor ingerível - pílula). -T_{muscular} (termistor tipo agulha inserido a 3 cm de profundidade) a partir do vasto lateral. -Sensação térmica. -Teste concentração mental. -Teste de velocidade.</p>	Exercícios intermitentes específicos do futebol (2 x 45 min separados por 15 min): Corridas em diferentes intensidades na esteira (ex. caminhada, corrida leve e <i>sprint</i>).	<p>(1) e (2):</p> <p>↓ T_{gastrointestinal}. ↓ T_{muscular} (Após resfriamento inicial). ↓ Sensação térmica (Após resfriamento inicial e intervalo).</p> <p>(1):</p> <p>↑ Velocidade atingida;</p> <p>(1) vs. (4):</p> <p>↑ Concentração mental.</p>
Duffield et al. (2013)	Jogadores da Liga Australiana (n = 9; 23,1 ± 3,2 anos) M	Transversal	<p>Protocolo:</p> <p>-Duas condições: (1) Colete de resfriamento. Toalha fria (embebida em água a 5 °C) em contato com a nuca e testa. Consumo de 350 ml de uma bebida esportiva parcialmente descongelada. Durante o intervalo, o colete foi reaplicado durante 5 min. (2) Sem resfriamento.</p> <p>(a) Treinamento; Tamb: 30 ± 2 °C; URA: 75 ± 5% (b) Partida oficial: Tamb: 27 ± 2 °C; URA: 80 ± 10%).</p> <p>Obs: Ambas as condições foram aplicadas durante uma sessão de treinamento e durante uma partida.</p> <p>Medidas:</p> <p>- T_{gastrointestinal} (sensor ingerível - pílula). -T_{pele} (sensores fixos à pele). -Massa corporal. -Taxa de percepção de esforço. -Estresse térmico. -Distância percorrida. -Velocidade atingida. -Número de <i>sprints</i> > 23kmh.</p>	<p>(a) Sessão de treinamento: 15 min de aquecimento: caminhada, movimentos de treino e <i>sprints</i> (Dvorak e Junge, 2005).</p> <p>Protocolo de exercício: 2 x 10 min de corrida intervalada (30'' em alta intensidade/ 30'' de recuperação aitorregulada), separados por 5 min de intervalo. Na sequência, 6 x 3 min de pequenos jogos (5 x 5).</p> <p>(b) Partida oficial.</p>	<p># Distância percorrida. # Velocidade atingida. # Número de sprints > 23kmh. # Massa corporal. # Taxa de percepção de esforço.</p> <p>(a) + (1):</p> <p>↓ T_{gastrointestinal} no aquecimento. # T_{gastrointestinal} após 10 min. ↓ T_{pele} no aquecimento. # T_{pele} após 10 min. ↓ Estresse térmico.</p> <p>(b):</p> <p># T_{gastrointestinal}. ↓ T_{pele} no aquecimento. # T_{pele} após o aquecimento.</p> <p>(b) + (1):</p> <p>↓ Estresse térmico.</p>

Tabela 1 (Continuação)

Estudo	Participantes	Desenho experimental	Protocolo/Medida/Tamb e URA	Exercício	Principais resultados
Bandelow et al. (2010) * Este trabalho abordou também o tópico de estratégias de hidratação	Universitários. (n = 20; 20,2 ± 2,0 anos). M	Transversal	Protocolo: -Três condições: (1) Resfriamento: uma tenda climatizada situada ao lado do campo. Os jogadores permaneceram no interior da tenda 15 min antes do jogo e 10 min durante o intervalo. Tamb: 34,3 ± 0,6 °C; URA: 64 ± 2,0%. (2) Hidratação: ingestão de água e bebida esportiva comercial à vontade. Tamb: 34,4 ± 0,6 °C; URA: 65 ± 3,0%. (3) Sem intervenção. Tamb: 33,8 ± 0,5 °C; URA: 62 ± 2,0%. Medidas: - T _{gastrointestinal} (sensor ingerível - pílula). -Massa corporal. -Bateria de testes cognitivos.	Três jogos completos.	(1): ↑Sensibilidade visual. ↑Teste visual-motor. (2): ↑Velocidade motora. (3): ↑T _{central} . ↓Desempenho cognitivo. ↑perda de massa corporal ↓massa corporal: ↓Velocidade motora fina. ↓Teste visual auditivo. ↑ T _{gastrointestinal} - ↓Desempenho cognitivo.
Ali et al. (2011)	Profissionais. (n = 10; 25,5 ± 5,2 anos). F	Transversal	<i>Estratégias de hidratação</i> Protocolo: -Duas sessões: (1) poderiam ingerir água; Tamb: 17,7 ± 1,4 °C; URA: 58 ± 9%. (2) não poderiam ingerir água. Tamb: 17,2 ± 1,4 °C; URA: 62 ± 8%. Medidas: - T _{gastrointestinal} (sensor ingerível - pílula). -Massa corporal. -Fc. -Teste de habilidade no passe (LSPT). -Desempenho de <i>sprint</i> . -Conforto térmico. -Taxa de percepção de esforço.	Aquecimento de 10 min, seguido do LSPT. Na sequência, 6 x15 min de exercícios intermitentes específicos do futebol (ex. caminhada, corrida leve e <i>sprint</i>), com intervalos de 4 min (LSPT) entre os blocos.	#LSPT. #Desempenho de <i>sprint</i> . (1): ↓T _{gastrointestinal} . (2): ↑Perda de massa corporal. ↑Fc. ↑ Taxa de percepção de esforço. ↑Conforto térmico (final do exercício).

Tabela 1 (Continuação)

Estudo	Participantes	Desenho experimental	Protocolo/Medida/Tamb e URA	Exercício	Principais resultados
Edwards et al. (2007)	Amadores. (n = 11; 24,4 ± 3,0 anos). M	Transversal	Protocolo: -Três condições: (1) ingestão de fluídos; (2) Fluido apenas para fazer bochecho; (3) sem contato com fluídos. Tamb: 19-21 °C; URA: 46-57%. Medidas: -T _{gastrointestinal} (sensor ingerível - pílula). -Acúmulo de calor. -Teste de concentração mental. -Massa corporal. -Taxa de percepção de esforço. -Taxa de sudorese. -Distância percorrida.	45 min em ciclo-ergômetro a 90% do limiar ventilatório, seguido de 15 min de repouso e uma partida de futebol de 45 min.	#Taxa de sudorese. #Acúmulo de calor. #Concentração mental. (2) e (3) > (1): ↓Massa corporal. (3) vs. (1): ↑ T _{gastrointestinal} . ↑Taxa de percepção de esforço. (3): ↑Distância percorrida.
Kurdak et al. (2010)	Jogadores profissionais da Liga Turca. (n = 22; 20,0 ± 2,0 anos).	Transversal	Dois protocolos: (1) todos os jogadores tinham acesso a água potável; Tamb: 34,3±0,6 °C; URA: 64 ± 2% (2) um time tinha acesso a água potável e o outro time tinha acesso a água potável + bebida esportiva. Tamb: 34,4±0,6 °C; URA: 65 ± 3%. Medida: -T _{central} (sensor ingerível - pílula). -Massa corporal; -Volume de suor.	Dois jogos de futebol completos.	#- T _{central} .
Rico-Sanz et al. (1996)	Profissionais de Porto Rico. (n = 8; 17,0 ± 0,6 anos). M	Transversal	Protocolo: -Dois grupos: (1) hiper-hidratados - consumo de 65 ml.Kg ⁻¹ .dia ⁻¹ de fluídos durante uma semana; (2) hidratação voluntária - com consumo livre de fluídos durante uma semana. Tamb: 26,8 °C; URA: 81%. Medidas: -T _{retal} - termossensor retal (pré e pós exercício). -Fc. -Massa corporal. -Volume de suor. -Pico de torque. -Fadigabilidade.	Um jogo oficial após uma semana de protocolo.	#Volume de suor. #Fc. #Pico de torque. #Fadigabilidade. #Massa corporal. (1): ↓ T _{retal} (pós jogo).

Tabela 1 (Continuação)

Estudo	Participantes	Desenho experimental	Protocolo/Medida/Tamb e URA	Exercício	Principais resultados
Guerra et al. (2004)	Jogadores da base do São Paulo Futebol Clube. (n = 20; 16,06 ± 1,11 anos). M	Transversal	Protocolo: -Dois grupos: (1) ingestão de bebida com carboidratos e eletrólitos (300ml) a cada 15 min de jogo; (2) poderiam ingerir somente água. Tamb: 28 °C; URA: NR. Medidas: -T _{gastrointestinal} (sensor ingerível - pílula). -Massa corporal. -Fc. -Número de <i>sprints</i> . -Tempo em <i>sprint</i> .	Um jogo composto por um tempo de 45 min, intervalo (15min) e segundo tempo de 30 min.	# T _{gastrointestinal} . #Fc. (1): ↑Tempo em sprint (primeiro tempo). ↑Número de sprints (primeiro tempo). (2): ↑perda de massa corporal.
<i>Estratégias de aclimação</i>					
Kelly et al. (2016)	Profissionais (n = 14; (1): 21,7 ± 2,8 anos/(2): 20,6 ± 2,2 anos) M	Transversal	Protocolo: -Dois grupos: (1) Controle- exercício em ambiente temperado; Tamb: 22,3 ± 0,2 °C; URA: 38,5- 39,1%. (2) Aclimatado- exercício em ambiente quente. 5 sessões de HIIT distribuídas em 9 dias. Tamb: 38,7 ± 0,5 °C; URA: 22,0 – 22,7%. Medidas: -T _{gastrointestinal} (sensor ingerível - pílula). -T _{pele} (sensores fixos a pele). -Fc. -Taxa de percepção de esforço. -Conforto térmico.	HIIT: 3 min a 60% do VO _{2pico} em cicloergômetro. 3 x 5 min alternando períodos de 30 e 90% de intensidade do VO _{2pico} . Recuperação ativa de 3 min a 50% entre os períodos. Tempo total: 27 min. 5 sessões.	# T _{gastrointestinal} . (2) sessão 5 vs (2) sessão 1: ↑ Fc. ↓ Taxa de percepção do esforço. ↓ Taxa de conforto térmico. (2) vs. (1): ↓ Taxa de percepção do esforço ↓ Taxa de conforto térmico.
<i>Estratégias de aquecimento</i>					
Lovell et al. (2007)	Jogadores da base de um time da Inglaterra. (n = 7; 17,4 ± 0,5 anos). M	Transversal	Protocolo: -Estratégias: (1) Repouso sentado; Tamb: 19,6 ± 0,8 °C. (2) aquecimento passivo em piscina; Tamb: 19,3 ± 0,5 °C. (3) aquecimento ativo não específico; Tamb: 20,6 ± 1,1 °C. (4) aquecimento ativo específico. Tamb: 20,0 ± 1,0 °C. URA: NR. Medidas: -T _{gastrointestinal} (sensor ingerível - pílula). -Fc. -Distância percorrida. -Volume de suor.	Exercícios intermitentes específicos do futebol (2 x 45 min separados por 15 min): circuito composto por tarefas como “tiros” de alta intensidade; corrida de baixa intensidade; corrida em diferentes direções; período de repouso.	Todas as estratégias: #T _{gastrointestinal} . #Volume de suor. (3) e (4): ↑Fc (intervalo). (4): ↑Distância percorrida (segundo tempo).

#, ausência de diferença; ↑, aumento; ↓, diminuição; F, sexo feminino; Fc, frequência cardíaca; M, sexo masculino; NR, não relatado; Tamb, temperatura ambiente; T_{gastrointestinal}, temperatura gastrointestinal; T_{muscular}, temperatura muscular; T_{retal}, temperatura retal; URA, umidade relativa do ar.

Tabela 2 Score de qualidade metodológica para estudos transversais

	Relatório							Validade externa		Validade interna		Força	Score	Descritor
	1	2	3	4	5	6	7			8	9	10	%	
Edwards e Clark (2006)	1	1	1	1	1	0	1			1	1	1	90	Excelente
Mohr et al. (2010)	1	1	1	0	1	0	1			1	1	1	80	Bom
Özgünen et al. (2010)	0	1	1	1	0	0	1			1	1	1	70	Bom
Mohr et al. (2012)	1	1	1	1	1	0	1			1	1	1	90	Excelente
Girard et al. (2015)	1	1	1	1	1	0	1			1	1	1	90	Excelente
Maughan et al. (2005)	1	0	1	0	0	1	0			1	1	1	60	Moderado
Drust, Cable e Reilly (2000)	1	1	0	1	1	0	0			1	1	1	70	Bom
Price et al. (2009)	1	1	1	1	1	1	0			1	1	1	90	Excelente
Clarke et al. (2011)	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	100	Excelente
Duffield et al. (2013)	0	1	1	1	1	1	1			1	1	1	90	Excelente
Bandelow et al. (2010)	1	1	1	1	1	0	1			1	1	1	90	Excelente
Rico-Sanz et al. (1996)	1	1	1	1	0	0	1			1	1	1	80	Bom
Guerra et al. (2004)	0	1	1	1	1	0	1			1	1	1	80	Bom
Edwards et al. (2007)	0	1	1	1	1	0	1			1	1	1	80	Bom
Kurdak et al. (2010)	0	0	1	1	0	1	1			1	1	0	60	Moderado
Ali et al. (2011)	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	100	Excelente
Kelly et al. (2016)	1	1	1	1	0	1	1			1	1	1	90	Excelente
Lovell et al. (2007)	1	1	1	1	0	1	1			1	0	0	70	Bom

1, objetivo/hipótese claros; 2, principais resultados a serem medidos claros; 3, clara explicação das características dos participantes; 4, clara descrição do desenho experimental; 5, clara descrição dos principais achados; 6, valores reais de probabilidade relatados (exceto $p < 0,001$); 7, amostra representativa; 8, análise estatística adequada; 9, resultados válidos e confiáveis; 10, força suficiente para detectar um importante efeito clínico, onde o valor de probabilidade foi menor do que 5%.

Descritores = 0–20%, Ruim; 21–40%, Pobre; 41–60%, Moderado; 61–80%, Bom; 81–100%, Excelente.

profissionais e jogadores de categorias de base. Em relação aos protocolos/medidas, foram encontrados trabalhos que usaram ingestão controlada de água, hiper-hidratação, bebida com carboidratos e eletrólitos. Foi encontrado um trabalho com mulheres. Em relação aos protocolos/medidas, os trabalhos encontrados usaram protocolos de exercícios intermitentes específicos do futebol, exercício em cicloergômetro, jogo oficial e jogo adaptado. Os principais resultados observados, quando analisados em conjunto, mostram que a ingestão de água pode auxiliar na melhoria do desempenho e evitar principalmente a desidratação e a perda de massa corporal. Tais resultados foram associados à melhoria do conforto térmico e da percepção do esforço, com menores valores de temperatura central. O único trabalho que usou a ingestão de carboidratos e eletrólitos mostrou uma melhoria nos *sprints* no primeiro tempo de jogo.

4) *Estratégias de aclimação* ($n = 1$). Em relação aos participantes, foram usados jogadores profissionais. Em relação aos protocolos/medidas, o trabalho encontrado fez a aclimação ao ambiente quente ($38,7^{\circ}\text{C}$) durante cinco sessões de treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT). Os principais resultados observados, quando analisados em conjunto, mostram que a aclimação melhorou a termorregulação dos jogadores durante um exercício de HIIT e a percepção do esforço e o conforto térmico.

5) *Estratégias de aquecimento* ($n = 1$). Em relação aos participantes, foram usados jogadores de categorias de base. Em relação aos protocolos/medidas, os jogadores

permaneceram em repouso ou fizeram três tipos de aquecimento prévio, passivo em piscina, ativo não específico do futebol e ativo específico do futebol. A temperatura ambiental usada foi de aproximadamente 19°C . Foi aplicado um protocolo de exercícios intermitentes específicos do futebol. Os principais resultados observados, quando analisados em conjunto, mostram que os grupos que fizeram aquecimento ativo apresentaram maiores frequências cardíacas no intervalo de jogo. O grupo que fez aquecimento ativo específico do futebol percorreu uma maior distância no segundo tempo.

A [tabela 2](#) apresenta os resultados da análise de qualidade metodológica dos trabalhos, classificados como: a) Moderado ($n = 2$); b) Bom ($n = 7$); c) Excelente ($n = 9$).

Discussão

O presente trabalho teve como objetivo fazer uma revisão sistemática acerca dos efeitos do estresse térmico ambiental sobre a termorregulação em jogadores de futebol. A partir da seleção ([figura 1](#)) e da leitura dos artigos, esses foram agrupados em cinco eixos temáticos ([tabela 2](#)).

1) *Estresse térmico ambiental*. É bem conhecido na literatura esportiva que o estresse térmico ambiental é um fator que irá interferir diretamente no desempenho, principalmente nos ambientes quentes ([Gonzalez-Alonso, 1999](#); [Tatterson et al., 2000](#)). No presente trabalho foi observado

que esse padrão de perda de desempenho, até o momento, foi medido somente no ambiente quente em jogadores de futebol (Ozgunen et al., 2010; Mohr et al., 2012; Mohr et al., 2010). No entanto, os trabalhos apresentam características muito diferentes entre si, em relação aos ambientes usados, índices de medida da temperatura central, amostra e variáveis medidas. Tais fatores fazem com que a comparação e interpretação dos resultados encontrados deva ser feita com cautela.

Em um estudo classificado como excelente (tabela 2), foram encontradas uma maior temperatura central ($39,6 \pm 0,1$ vs. $38,7 \pm 0,1^\circ\text{C}$), uma redução de 7% da distância total percorrida e uma menor distância total percorrida em corridas de alta intensidade (43°C : 883 ± 45 m vs. 21°C : 978 ± 97 m) em jogadores de elite durante o jogo em ambiente quente (43°C), quando comparado com o ambiente temperado (21°C) (Mohr et al., 2012). Um trabalho classificado como moderado (tabela 2) usou uma sessão de treinamento no frio ($5,1^\circ\text{C}$) para avaliar o balanço de fluidos e eletrólitos em jogadores de elite (Maughan et al., 2005). Embora esse trabalho tenha encontrado um resultado interessante de que a perda de suor pode ser substancial no frio, algumas considerações metodológicas levam à cautela na interpretação desses resultados. Destaca-se o fato de que não houve padronização das vestimentas durante o treinamento. Sabe-se que a área de superfície exposta estará diretamente associada à perda úmida de calor durante o exercício (Nakamura et al., 2008), isso pode ter gerado diferentes níveis de perda de massa corporal durante o treinamento.

Em relação aos mecanismos autonômicos, os trabalhos mostraram que as maiores temperaturas centrais observadas foram relacionadas a maiores valores de volume de suor (maiores desidratação e perda de massa corporal) e lactato plasmático, observadas já no fim do primeiro tempo de jogo (Mohr et al., 2012; Mohr et al., 2010; Girard et al., 2015). Associado a isso, foram notadas importantes alterações em índices comportamentais, principalmente a perda de desempenho no segundo tempo de jogo (Mohr et al., 2010). Um dado interessante e ainda pouco explorado na literatura é o fato de que, apesar da perda de desempenho físico observada, o desempenho técnico (sucesso em passes) foi maior no calor (Mohr et al., 2012). Provavelmente, no jogo em ambiente quente os atletas tenham se deslocado menos e tenham surgido mais espaços. Essas características foram exacerbadas nos 15 min finais de jogo (Ozgunen et al., 2010; Mohr et al., 2012; Mohr et al., 2010).

Por fim, destaca-se o fato de que nesse tópico não foram encontrados trabalhos com o futebol feminino ou que tenham associado o estresse térmico ambiental a variáveis táticas, além das respostas de sensação térmica e percepção do esforço, apontadas na literatura como índices importantes de estresse térmico e de intensidade do esforço relacionados diretamente à perda de desempenho (Lago et al., 2010).

2) *Estratégias de resfriamento.* Embora o resfriamento corporal seja uma técnica com alta aplicabilidade e bastante difundida na prática profissional esportiva, na presente revisão foram encontrados somente cinco trabalhos acerca do tema no futebol (Drust et al., 2000; Price et al., 2009; Clarke et al., 2011; Duffield et al., 2013; Bandelow et al., 2010). Entre as técnicas usadas foram encontradas a imersão em

água gelada (Drust et al., 2000), o resfriamento pelo uso de vestimenta (colete) (Price et al., 2009; Clarke et al., 2011; Duffield et al., 2013) e o uso de tenda climatizada (Bandelow et al., 2010). Cabe ressaltar que os resultados dos trabalhos encontrados devem ser analisados com cautela, principalmente em função das diferenças metodológicas observadas em relação aos protocolos de resfriamento, temperaturas ambientes, amostras e protocolos de exercícios. Em relação ao exercício, somente um trabalho mediu os efeitos do resfriamento durante o jogo completo em ambiente quente (Bandelow et al., 2010), esse também não usou um ambiente temperado ou frio como controle. Os resultados observados, no que tange às respostas autonômicas termorregulatórias, são inconclusivos, uma vez que foram encontradas respostas variadas para a taxa de sudorese e a frequência cardíaca, bem como para as temperaturas interna e da pele. Um dado interessante e que precisa ser mais bem explorado é o fato de que o resfriamento melhorou a função cognitiva (Clarke et al., 2011), embora um trabalho não tenha encontrado diferenças na percepção subjetiva do esforço (Duffield et al., 2013).

Por fim, esse tópico, embora seja importante e de grande aplicabilidade, precisa ser mais bem avaliado do ponto de vista científico para alcançar conclusões acerca das estratégias de resfriamento adequadas ao futebol.

3) *Estratégias de hidratação.* Os efeitos e as estratégias de hidratação durante a prática esportiva são fatores amplamente discutidos na literatura científica (Casa et al., 2000; Bandelow et al., 2010; Millard-Stafford et al., 2007; Ali et al., 2011). Em relação ao futebol, esse tópico tem muito que avançar, uma vez que foram encontrados somente cinco trabalhos na presente revisão (Ali et al., 2011; Edwards et al., 2007; Rico-Sanz et al., 1996; Kurdak et al., 2010; Guerra et al., 2004), e somente um avaliou um jogo completo (Rico-Sanz et al., 1996), o que representa uma importante limitação metodológica dos protocolos usados. Um trabalho avaliou as respostas em um protocolo de intensidade fixa (Edwards et al., 2007) e outros três estudos através de jogos adaptados (Ali et al., 2011; Kurdak et al., 2010; Guerra et al., 2004). Sabe-se que no jogo de futebol o jogador irá ajustar a intensidade e, portanto, a cadência de exercício, de acordo com alguns fatores, entre eles a percepção subjetiva do esforço (Nassis et al., 2015; Coutts et al., 2009). Dessa forma, trabalhos futuros deverão desenvolver protocolos de exercício autorregulado que simulem de maneira mais próxima a situação de jogo. Um resultado comum entre trabalhos encontrados foi a perda de peso significativa durante nos diferentes ambientes (Shirreffs et al., 2005; Guerra et al., 2004).

Um trabalho avaliou os efeitos da hidratação e das respostas de sudorese em dois jogos em ambiente quente ($\sim 34^\circ\text{C}$) (Kurdak et al., 2010). Foi usada uma estratégia de ingestão de água em um jogo e de bebida esportiva hidro-eletrolítica comercial. Não houve diferenças nas respostas da temperatura gastrointestinal ao longo dos jogos. Um estudo encontrado avaliou os efeitos de diferentes estados prévios de hidratação sobre o desempenho de jogadores de futebol profissionais jovens durante um jogo oficial ($23,0^\circ\text{C}$) (Rico-Sanz et al., 1996). Os autores aplicaram um protocolo de hiper-hidratação (H: ingestão de $65\text{ mL}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$ de água durante uma semana), enquanto o grupo controle (CON) teve livre consumo de líquidos durante o período. Foi

observada uma menor perda de massa corporal ($H: 1,77 \pm 0,24 \text{ kg}$ vs. $CON: 1,89 \pm 0,27 \text{ kg}$; $p < 0,05$) e menores aumentos da temperatura central ($\Delta H: 1,71 \pm 0,17$ vs. $\Delta CON: 2,04 \pm 0,31$ °C) no grupo H durante o jogo. Ali et al. (2011) estudaram a influência da ingestão de fluidos sobre as respostas termorregulatórias de jogadoras de futebol em uma partida simulada (90 min). Os autores encontraram que a reposição de fluidos preveniu a desidratação, bem como atenuou o aumento da temperatura central e o estresse cardiovascular. Um dado importante desse trabalho foi a maior percepção do esforço observada no grupo que não ingeriu água. Além disso, a reposição de fluidos não foi capaz de contrapor a redução do desempenho na realização de *sprints* e nenhuma diferença foi observada no teste de habilidade na prática de passes.

4) *Estratégias de aclimação*. A aclimação é um dos mecanismos mais potentes de adaptação do ser humano aos diversos ambientes térmicos, sejam eles quentes ou frios (Fox et al., 1963). No entanto, somente um trabalho foi encontrado acerca do tema no futebol (Kelly et al., 2016). Cabe destacar que não foram encontrados trabalhos que avaliassem os efeitos naturais da aclimatização.

O estudo encontrado avaliou se cinco sessões de HIIT (27 min p/ sessão; ambiente quente: 38,7 °C) poderiam induzir aclimação em jogadores profissionais australianos. Os autores encontraram adaptações limitadas a partir do protocolo aplicado. O HIIT no calor foi capaz de provocar diminuições significativas na percepção do esforço e no conforto térmico dos atletas, apesar de não terem sido observadas diferenças na temperatura central. No entanto, os resultados desse trabalho devem ser analisados com cautela, uma vez que as respostas não foram avaliadas no jogo ou num protocolo similar ao jogo.

5) *Estratégias de aquecimento*. Assim como no tópico anterior, somente um trabalho foi encontrado na presente revisão acerca desse tópico (Lovell et al., 2007). Os autores concluíram que o aquecimento passivo no intervalo de jogo reduziu a temperatura central e o desempenho de *endurance* específico do futebol no segundo tempo. Além disso, concluíram também que tais efeitos deletérios foram revertidos pelo aquecimento ativo. Essa é uma conclusão com aplicação prática importante e esse trabalho chama a atenção por isso. No entanto, os resultados encontrados não dão suporte para a conclusão dos autores e fazem com que o principal resultado deva ser interpretado com cautela. Foram usadas quatro estratégias de intervenção no intervalo de jogo: 1) CON – repouso; 2) PH – aquecimento passivo com imersão em água a 40 °C; NSAH – aquecimento ativo não específico do futebol – cicloergômetro; 4) SSAH – aquecimento ativo com movimentos específicos do futebol. Um dado importante é que não foram observadas diferenças significativas na temperatura central. Isso faz com que haja um primeiro questionamento: os protocolos de aquecimentos passivo ou ativo geraram efeitos? Houve estresse termorregulatório? Além disso, a temperatura ambiente usada foi de 20 °C. Esse é um ponto crucial, pois a generalização para outros ambientes pode não ser adequada.

Limitações

Não foram encontrados estudos voltados para o ambiente frio durante o jogo. A maioria dos trabalhos avaliou o futebol masculino, a extrapolação para o futebol feminino deve ser feita com cautela. Também não foram encontrados dados relacionados à associação entre os treinamentos e suas variações com os diferentes ambientes térmicos. Uma limitação importante na interpretação e comparação dos resultados encontrados diz respeito à grande variabilidade dos protocolos aplicados para avaliar as respostas termorregulatórias dos jogadores, como diferentes modalidades de exercícios, ambientes, amostras e medidas.

Conclusão

O presente trabalho fez uma revisão sistemática acerca dos efeitos do estresse térmico ambiental sobre a termorregulação em jogadores de futebol. Foi observado que os ambientes quentes representam um estresse térmico significativo, determinante para a queda do desempenho físico dos jogadores. Em relação às estratégias encontradas, ou seja, resfriamento, hidratação, aclimação, aquecimento, o pequeno número de trabalhos encontrado e os resultados observados fazem com que mais pesquisas sejam necessárias acerca desses temas. Por fim, a maior parte dos trabalhos encontrados foi relacionada a variáveis físicas de desempenho e à termorregulação autonômica. Trabalhos futuros deverão avaliar o jogo nos diversos ambientes e a termorregulação comportamental, bem como fazer associações com os aspectos táticos.

Financiamento

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig).

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Adams WC, Fox RH, Fry AJ, MacDonald IC. Thermoregulation during marathon running in cool, moderate, and hot environments. *J Appl Physiol* 1975;38:1030–7.
- Ali A, Gardiner R, Foskett A, Gant N. Fluid balance, thermoregulation and sprint and passing skill performance in female soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2011;21:437–45.
- Argaud L, Ferry T, Le QH, Marfisi A, Ciorba D, Achache P (ET-AL). Short- and long-term outcomes of heatstroke following the 2003 heat wave in Lyon France. *Arch Intern Med* 2007;167:2177–83.

- Bandelow S, Maughan R, Shirreffs S, Ozgunen K, Kurdak S, Ersoz G (ET-AL). The effects of exercise, heat, cooling and rehydration strategies on cognitive function in football players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2010;148–60.
- Carling C, Dupont G, Le Gall F. The Effect of a Cold Environment on Physical Activity Profiles in Elite Soccer Match-Play. *International Journal of Sports Medicine* 2011;32:542–5.
- Casa DJ, Armstrong LE, Hillman SK, Montain SJ, Reiff RV, Rich BS (ET-AL). National athletic trainers' association position statement: fluid replacement for athletes. *J Athl Train* 2000;35:212–24.
- Cheung SS, McLellan TM. Heat acclimation, aerobic fitness, and hydration effects on tolerance during uncompensable heat stress. *J Appl Physiol* (1985)1998 May;84:1731–9.
- Clarke ND, Maclaren DPM, Reilly T, Drust B. Carbohydrate ingestion and pre-cooling improves exercise capacity following soccer-specific intermittent exercise performed in the heat. *European Journal of Applied Physiology* 2011;111:1447–55.
- Commission IT. Glossary of terms for thermal physiology - Third edition (Reprinted from the Japanese Journal of Physiology). *Journal of Thermal Biology* 2003;28:75–106.
- Coutts AJ, Rampinini E, Marcora SM, Castagna C, Impellizzeri FM. Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *J Sci Med Sport. [Validation Studies]* 2009;12:79–84.
- Drust B, Cable NT, Reilly T. Investigation of the effects of the pre-cooling on the physiological responses to soccer-specific intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 2000;81:11–7.
- Duffield R, Coutts A, McCall A, Burgess D. Pre-cooling for football training and competition in hot and humid conditions. *European Journal of Sport Science* 2013;13:58–67.
- Ebi KL, Exuzides KA, Lau E, Kelsh M, Barnston A. Weather changes associated with hospitalizations for cardiovascular diseases and stroke in California 1983-1998. *International journal of biometeorology. [Research Support, Non-U.S. Gov't]* 2004;49:48–58.
- Edwards AM, Clark NA. Thermoregulatory observations in soccer match play: professional and recreational level applications using an intestinal pill system to measure core temperature. *British Journal of Sports Medicine* 2006;40:133–8.
- Edwards AM, Mann ME, Marfell-Jones MJ, Rankin DM, Noakes TD, Shillington DP. Influence of moderate dehydration on soccer performance: physiological responses to 45 min of outdoor match-play and the immediate subsequent performance of sport-specific and mental concentration tests. *British Journal of Sports Medicine* 2007;41:385–91.
- Fox RH, Goldsmith R, Kidd DJ, Lewis HE. Blood flow and other thermoregulatory changes with acclimatization to heat. *J Physiol* 1963;166:548–62.
- Girard O, Nybo L, Mohr M, Racinais S. Plantar flexor neuromuscular adjustments following match-play football in hot and cool conditions. *Scand J Med Sci Sports* 2015;25(Suppl 1):154–63.
- Gonzalez-Alonso J, Teller C, Andersen SL, Jensen FB, Hyldig T, Nielsen B. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *J Appl Physiol* (1985)1999 Mar;86(3):1032–9.
- Guerra I, Chaves R, Barros T, Tirapegui J. The influence of fluid ingestion on performance of soccer players during a match. *J Sports Sci Med* 2004;3:198–202.
- Hanna JN, Mc NHP, Sinclair JD. Human cardiorespiratory responses to acute cold exposure. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 1975;2:229–38.
- Hinckson EA, Curtis A. Measuring physical activity in children and youth living with intellectual disabilities: a systematic review. *Res Dev Disabil. [Review]* 2013;34:72–86.
- Kelly M, Gastin PB, Dwyer DB, Sostaric S, Snow RJ. Short Duration Heat Acclimation in Australian Football Players. *J Sports Sci Med* 2016;15:118–25.
- Kurdak SS, Shirreffs SM, Maughan RJ, Ozgunen KT, Zeren C, Korkmaz S (ET-AL). Hydration and sweating responses to hot-weather football competition. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(Suppl 3):133–9.
- Lago C, Casais L, Dominguez E, Sampaio E. The effects of situational variables on distance covered at various speeds in elite soccer. *European Journal of Sport Science* 2010;10:103–9.
- Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gotzsche PC, Ioannidis JPA (ET-AL). The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *Annals of Internal Medicine* 2009;151:W65–94.
- Lovell RJ, Kirke I, Siegler J, McNaughton LR, Greig MP. Soccer half-time strategy influences thermoregulation and endurance performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 2007;47:263–9.
- Maughan RJ, Shirreffs SM, Merson SJ, Horswill CA. Fluid and electrolyte balance in elite male football (soccer) players training in a cool environment. *Journal of Sports Sciences* 2005;23:73–9.
- Millard-Stafford ML, Cureton KJ, Wingo JE, Trilk J, Warren GL, Buyckx M. Hydration during exercise in warm, humid conditions: effect of a caffeinated sports drink *Int J Sport Nutr Exerc Metab [Randomized Controlled Trial. Research Support, Non-U.S. Gov't]* 2007;17:163–77.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *J Clin Epidemiol. [Guideline. Research Support, Non-U.S. Gov't]* 2009;62:1006–12.
- Mohr M, Mujika I, Santisteban J, Randers MB, Bischoff R, Solano R (ET-AL). Examination of fatigue development in elite soccer in a hot environment: a multi-experimental approach. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(Suppl 3):125–32.
- Mohr M, Nybo L, Grantham J, Racinais S. Physiological responses and physical performance during football in the heat. *PLoS One* 2012;7:e39202.
- Nakamura M, Yoda T, Crawshaw LL, Yasuhara S, Saito Y, Kasuga M (ET-AL). Regional differences in temperature sensation and thermal comfort in humans. *Journal of Applied Physiology* 2008;105:1897–906.
- Nassis GP, Brito J, Dvorak J, Chalabi H, Racinais S. The association of environmental heat stress with performance: analysis of the 2014 FIFA World Cup Brazil. *Br J Sports Med* 2015;49:609–13.
- No M, Kwak HB. Effects of environmental temperature on physiological responses during submaximal and maximal exercises in soccer players. *Integr Med Res* 2016;5:216–22.
- Nybo L, Kjellstrom T, Bogataj LK, Flouris AD. Global heating: Attention is not enough; we need acute and appropriate actions. *Temperature (Austin). [Editorial]* 2017;4:199–201.
- Ozgunen KT, Kurdak SS, Maughan RJ, Zeren C, Korkmaz S, Yazici Z (ET-AL). Effect of hot environmental conditions on physical activity patterns and temperature response of football players. *Scand J Med Sci Sports* 2010;20(Suppl 3):140–7.
- Price MJ, Boyd C, Goosey-Tolfrey VL. The physiological effects of pre-event and mid-event cooling during intermittent running in the heat in elite female soccer players. *Appl Physiol Nutr Metab* 2009;34:942–9.
- Rico-Sanz J, Frontera WR, Rivera MA, Rivera-Brown A, Mole PA, Meredith CN. Effects of hyperhydration on total body water, temperature regulation and performance of elite young soccer players in a warm climate. *Int J Sports Med* 1996;17:85–91.
- Schladerer ZJ, Stannard SR, Mundel T. Evidence for thermoregulatory behavior during self-paced exercise in the heat. *Journal of Thermal Biology* 2011;36:390–6.
- Shirreffs SM, Aragon-Vargas LF, Chamorro M, Maughan RJ, Serratos L, Zachwieja JJ. The sweating response of elite professional soccer players to training in the heat. *International Journal of Sports Medicine* 2005;26:90–5.

- Tatterson AJ, Hahn AG, Martin DT, Febbraio MA. Effects of heat stress on physiological responses and exercise performance in elite cyclists. *J Sci Med Sport*. [Research Support, Non-U.S. Gov't] 2000;3:186-93.
- Veicsteinas A, Ferretti G, Rennie DW. Superficial shell insulation in resting and exercising men in cold water, *Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology*. [Research Support, Non-U.S. Gov't. Research Support U.S. Gov't, P.H.S.] 1982;52:1557-64.
- Werner J, Reents T. A contribution to the topography of temperature regulation in man. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. [Research Support. Non-U.S. Gov't] 1980;45:87-94.