



CENTRO UNIVERSITÁRIO FAMETRO  
CURSO DE BACHARELADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

ANTONIO JOSÉ CORDEIRO DE SOUZA

A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA E O DANO TECIDUAL OCACIONADO PELO  
EXERCÍCIO FÍSICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.

**FORTALEZA**

**2020**

ANTONIO JOSÉ CORDEIRO DE SOUZA

A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA E O DANO TECIDUAL OCACIONADO PELO  
EXERCÍCIO FÍSICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao curso de Bacharelado em  
Educação Física da Centro Universitário  
Fametro - UNIFAMETRO sob orientação da  
Professor Me. Bruno Nobre Pinheiro, como  
parte dos requisitos para a conclusão do  
curso.

FORTALEZA

2020

ANTONIO JOSÉ CORDEIRO DE SOUZA

A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHO E O DANO TECIDUAL OCACIONADO PELO  
EXERCÍCIO FÍSICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.

Este artigo foi apresentado no dia 10 de junho de 2020 como requisito para obtenção do grau de Bacharelado do Centro Universitário Fametro - UNIFAMETRO, tendo sido aprovada pela banca examinadora composta pelos professores

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Me. Bruno Nobre Pinheiro

Orientador- FAMETRO

---

Prof. Me. Paulo André Gomes Uchoa

Membro- FAMETRO

---

Prof. Me. Lino Delcio Gonçalves Scipiao Junior

Membro- FAMETRO

# A TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA E O DANO TECIDUAL OCACIONADO PELO EXERCÍCIO FÍSICO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.

*Antonio José Cordeiro de Souza<sup>1</sup>*

*Bruno Nobre Pinheiro<sup>2</sup>*

## RESUMO

A termografia tem se popularizado no meio esportivo por ser um instrumento de fácil utilização e seguro no acompanhamento do nível da temperatura da pele em decorrência do estímulo recebido, assim possibilita minimizar os riscos de lesões e monitorar a evolução do tratamento de atletas lesionados. Os marcadores indiretos de dano muscular (CPK, LDH e CK), são utilizados para mensurar o nível da lesão muscular ocasionada pelo exercício ou prática esportiva. O presente estudo utilizou as plataformas de dados Pubmed e Google acadêmico na busca por artigos que tratassem de ambos os métodos e da correlação entre a termografia infravermelho e marcadores indiretos do dano tecidual, contudo a pequena quantidade de artigos encontrados (5 artigos), e somente um artigo demonstrou correlação da temperatura com marcadores indiretos de dano tecidual, entretanto esse estudo utilizou um protocolo específico para atletas de judô o que dificulta a replicação para outros esportes ou prática de exercício.

**Palavras-chave:** Termografia infravermelho, dano tecidual, exercício físico.

## ABSTRACT

Thermography has become popular in sports because it is an easy-to-use and safe instrument to monitor the level of skin temperature due to the stimulation received, thus minimizing the risks of injuries and monitoring the evolution of treatment of injured athletes. Indirect markers of muscle damage (CPK, LDH and CK) are used to measure the level of muscle injury caused by exercise or sports practice. The present study used the pubmed and google academic data platforms in the search for articles that dealt with both methods and the correlation between infrared thermography and indirect markers of tissue damage, however, the small number of articles found (5 articles), and only one article found correlation of temperature with indirect markers of tissue damage, however this study used a specific protocol for judo athletes which hinders replication to other sports or practice of Exercise.

**Keywords:** Infrared thermography, tissue damage, physical exercise.

---

<sup>1</sup>Graduando No Curso De Educação Física Do Centro Universitário Fametro - UNIFAMETRO

<sup>2</sup> Mestre em Ciências do Desporto. Professor docente Do Centro Universitário Fametro- UNIFAMETRO

## 1 INTRODUÇÃO

A prática regular de exercícios físicos é destacada como um importante fator na promoção de saúde, além de favorecer uma melhora nos componentes da aptidão física, redução da gordura corporal, aumento da massa magra e diminuição dos riscos de doenças crônicas-degenerativas. Caracterizada pela intencionalidade e programação sistematizada e tem como objetivo a manutenção e aprimoramento do condicionamento físico (WOLFE, 2014; COSTA, 2010).

Dentre os exercícios físicos existentes encontram-se como mais populares os treinamentos aeróbicos e resistidos, no qual o aeróbico é caracterizado por utilizar uma grande quantidade de grupamentos musculares recrutados de forma cíclica em intensidades leves a moderadas por um período longo (MEDINA, 2010).

O treinamento de força que pode ser descrito como a capacidade do músculo ou grupamento muscular de gerar tensão máxima ou submáxima voluntária com a finalidade de vencer uma suposta carga/resistência oposta (MCARDLE; KATCH, 2011 e MAIOR, 2011).

Contudo, vale ressaltar que além dos princípios do treinamento desportivo as variáveis do treinamento como: volume, intensidade, frequência, ordem dos exercícios, também são responsáveis pelo nível de dano muscular e conseqüentemente repostas adaptativas ao exercício (GUETHS, 2003 e HOWE, 2017).

Segundo Silva (2016) e Fleck e Kraemer (2017), a intensidade pode ser descrita pelo tempo sobre tensão em um determinado período ao qual o músculo estará sujeito ou resistência imposta ao trabalho muscular, onde a carga pode ser expressa em quilogramas ou na quantidade de esforço realizado no exercício ou na sessão de treino (GEARHART ET AL., 2009, NAKAMURA; MOREIRA; AOKI, 2010).

A demanda exigida pelo treinamento desencadeia uma série de repostas fisiológicas nas quais podem ser destacadas: isquemia, hipóxia, acúmulo de lactato e

H+, diminuição da quantidade de fibras musculares recrutadas, entretanto há diferenças nas respostas agudas e crônicas entre o treinamento aeróbico e anaeróbico, em destaque ao tipo de fibra muscular recrutada e atividade enzimática (SCHOELFEND, 2013 e SELUIANOV; DIAS; ANDRADE, 2008).

Nos últimos anos a utilização da termografia como instrumento para diagnosticar e minimizar os riscos de lesões causadas pelo esporte e o nível de tensão decorrente das sessões de treinamento, tem sido bem aceita no campo da medicina esportiva devido a sua fácil aplicabilidade, indolor, sem ionização de radiação e baixo custo. O método consiste na detecção da radiação infravermelha emitida pela pele e analisa as funções fisiológicas correspondentes a temperatura da pele (CUEVAS ET AL., 2015 E UCHOA ET AL., 2018)

Baseado no conhecimento empírico do pesquisador, formulou-se a hipótese de que quanto maior o nível de intensidade aplicada no treinamento, maior será o dano tecidual, e produção de calor e conseqüentemente a correlação entre a termografia e dano muscular.

O trabalho se justificou pela hipótese empírica levantada pelo pesquisador em descobrir como a termografia infravermelha tem sido associada com os biomarcadores do dano muscular ocasionados pelo exercício físico e se a termografia pode ser utilizada como marcador indireto de dano tecidual.

Cientificamente o estudo se justificou por uma busca nos sítios eletrônicos Pubmed e Google acadêmico com os descritores: "infrared thermography" or "thermography" and "skin temperature" and "exercise" or "strength training", onde foram encontrados 921 e 120 artigos nas plataformas, respectivamente. Todavia, nenhum artigo foi ambientado no município de Fortaleza – Ce.

O presente estudo poderá vir a ter relevância para pesquisadores da área do treinamento físico, profissionais da educação física, estudantes de educação física.

Trata-se de uma pesquisa descritiva com abordagem qualitativa. O objetivo do estudo baseou-se na verificação de artigos que abordem a relação entre a utilização da termografia infravermelha com a correlação do dano muscular ocasionado pelo exercício físico mensurados por marcadores indiretos.

## 2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

### 2.1 Treinamento aeróbico e resistido, características e diferenças

O exercício físico além do seu caráter fitness e de melhora na performance, é considerado como uma ferramenta no combate a diversas patológicas, acessível e eficiente para a manutenção e promoção de saúde. Destaque para os seus benefícios como melhoras cardiorrespiratória, metabólicas, melhora na coordenação motora, ganhos e manutenção da força muscular, além da reduzir os riscos de doenças relacionadas ao sedentarismo e crônicas-degenerativas tanto em idosos como em pessoas jovens (COSTA, 2010).

Quando ao treinamento aeróbico é caracterizado como exercício que pode ser mantido e repetido por períodos longos em baixas intensidades, sua produção de força é em torno de 30% da contração muscular máxima, o que favorece mudanças na F.C, redução do lactato muscular, biogênese mitocondrial como reposta crônica, aumento da captação de gordura com fonte energética (AGL) e elevação da proteína mediadora do transporte de glicose (GLUT-4) no tecido adiposo (QAISAR; BHASKARAN; VAN REMMEN, 2016).

Endurance, que também pode ser descrito como aeróbico de alta intensidade, eleva o potencial oxidativo e regenerativo dos músculos, aumento na capilaridade sanguínea e mitocôndrias, o que permite ao atleta realizar movimentos por mais tempo em determinadas intensidades e maior eficácia na utilização energética e melhora nos parâmetros de limiar ventilatório, captação máxima de oxigênio ( $Vo_{2máx}$ ) e economia de energia (MILANOVIĆ; SPORIL; WESTON, 2015).

Contudo, o treinamento resistido possui uma maior produção de força para a realização do movimento, é um grande estimulador do aumento da secção transversa, entretanto depende de outros fatores como nutrição e descanso para se obter maiores resultados. Sua predominância energética é anaeróbica láctica com exercícios contra uma resistência que se opõem ao músculo recrutado (FLECK & KRAEMER, 2017).

O treino resistido visa a hipertrofia muscular, resistência muscular localizada e aumento no nível de força, o que destaca as cargas de treinamento dentro de um padrão médio a alto em torno de 60 a 80% de 1Rm. Quando a aplicabilidade é

reconhecida no ambiente de atletas como praticantes recreacionais. Seus resultados podem ser potencializados, quando prescrito e supervisionado por um profissional de educação física (GENTIL; BOTTORA, 2010).

Quando falamos sobre hipertrofia alguns aspectos devem ser levados em consideração como possíveis mecanismos de potencial de ação no desenvolvimento da hipertrofia muscular, sendo, recrutamento de fibras musculares, sistema hormonal, alterações nas miosinas locais, aumento da produção de espécies reativas de oxigênio e inchaço celular (HOWE ET AL., 2017).

O recrutamento das fibras musculares será proporcional a intensidade proposta pelo exercício, onde uma quantidade específica de unidades motoras será ativadas, contudo o nível de ativação será maior ou menor dependendo do nível de adaptação ao treinamento. Em exercícios mantidos em esforços submáximos a quantidade de fibras musculares recrutadas se torna maiores devido ao surgimento da fadiga muscular o que é mais característico do treinamento de força (HOUTMAM, 2003 E KRAEMER; RATAMESS, 2004).

## **2.2 Fatores decorrentes do dano tecidual**

A adaptação ao treinamento pode ser mensurada através de diversos processos, catabolismo e anabolismo, caracterizado por ações bioquímicas, metabólicas, hormonais, seguido de supercompensação e melhora do indivíduo frente ao exercício. O sistema cardiovascular e muscular são os mais afetados com esse processo (LAPIN, 2007).

O exercício físico é considerado como um agente estressor ao sistema muscular, no qual ocasiona diversas micro lesões no musculo e conseqüentemente desencadeia uma serie de reações fisiológicas, tais como: dosagens séricas de creatina-quinase (CPK), lactato desidrogenase (LDH), mioglobinas (MB), aumento nas concentrações de espécies reativa de oxigênio, no qual inicia o processo inflamatório para regeneração nos tecidos musculares exercitados (MAKOWSKI, 2012 E OLIVEIRA, 2018).

Entretanto, a via energética predominante no tipo de exercício, demanda uma reposta aguda diferente. O ATP-CP, predomina nos 10 segundos iniciais, aumento do



tempo sobre estímulo, passa a predominar o sistema glicolítico, aproximadamente em 60 segundos ocorre em torno de 70% a 30% para anaeróbico e aeróbico, respectivamente, acima de 10 minutos mais de 90% depende do metabolismo oxidativo (FLECK & KRAEMER, 2017).

O lactato é gerado a partir do sistema glicolítico, no qual é formado pelo processo de degradação dos substratos energéticos, o acúmulo de  $H^+$  reduz a contração muscular fazendo com que o lactato vire ácido láctico, redução do pH, inibição das ligações de  $Ca^{+2}$ , impedindo a capacidade de geração de força muscular. A liberação de ácido láctico na corrente sanguínea através dos (MCTs), permite com que o ácido láctico seja mensurado como preditor da intensidade do exercício (LAPIN, 2007).

Todavia, os exercícios de predominância via aeróbica, eleva a produção de radicais livres espécie reativa de oxigênio e espécie reativa de nitrogênio responsáveis pela oxidação de lipídios, o exercício agudo realizado por pessoas destreinadas aumenta o estresse oxidativo, contudo a regularidade na prática de exercício é responsável pela diminuição dos agentes oxidativos e elevação de enzimas antioxidantes (MCARDLE; KATCH; 2011).

As concentrações sanguíneas de CK, tem sido utilizada como indicador de estresse fisiológico causado por estresse mecânico, presente no meio celular e pode ser encontrado na corrente sanguínea pela alteração da permeabilidade da membrana do tecido muscular, considerada como indicadora de proteólise muscular relacionada com o aumento da intensidade e duração do exercício (RAMALLO, 2013 e KOCH; PEREIRA; MACHADO, 2014).

A interação entre os estados de anabolismo e catabolismo, influencia o eixo GH, IGF-I e testosterona, os quais são mediadores, receptores e proteínas ligantes que modulam o desenvolvimento tecidual. A elevação aguda hormonal é essencial para o crescimento tecidual e remodelamento de mudanças crônicas nas concentrações hormonais. Picos desses hormônios tem sido demonstrado efeitos positivos na síntese de proteína pós-exercício (SCHOENFELD, 2013 e LUK, 2019).

Durante o exercício a liberação de catecolaminas pode ser mensurada como fonte de informação quanto a carga interna (alterações bioquímicas) diante da

exposição a uma carga de treino externa (intensidade do treinamento). A noradrenalina descreve o nível de ativação do sistema simpático e a adrenalina a atividade da medula adrenal, ambas relacionadas com o estresse. As quais podem correlacionar com o aumento de lactato sanguíneo (TERRA; SILVA; PINTO; DUTRA, 2012).

Entretanto, o aumento desses processos inflamatórios é diretamente influenciado pelas variáveis do treinamento, como: intensidade, número de repetições, tempo de recuperação, duração da sessão e escolha dos exercícios. O arranjo ideal dessas variáveis é necessário para que o exercício possa causar adaptações adequadas aos praticantes (HOWE; 2017 e BARBOZA; 2019).

### **2.3 Aplicabilidade da termografia infravermelha**

A termorregulação é o processo fisiológico responsável pelo controle da temperatura corporal. A regulação da temperatura da pele é um sistema complexo que depende do nível do fluxo sanguíneo, das estruturas do tecido subcutâneo e ativação do sistema nervoso simpático, sendo o SNS o regulador primário da circulação sanguínea na pele e consequente regulação térmica (KELLOG, 2000).

As imagens térmicas têm sido utilizadas para o estudo de várias doenças, no qual a temperatura da pele reflete a presença de inflamação tecidual, sendo realizada para acompanhamento evolutivo da patologia e diversas aplicações no campo da medicina. Contudo, essas medidas estabelece um mapeamento visual da distribuição da temperatura corporal, entretanto não é aconselhável o uso unicamente da termografia como ferramenta diagnóstica (HILDEBRANT, 2010).

O ser humano libera constantemente energia como efeito do metabolismo natural e essa mensuração pode ser avaliada em forma de calor através de onda infravermelho. A termografia infravermelha é um instrumento de análise não invasiva, não radioativo, baixo custo e seguro se comparado a outras medidas com análise de imagens (UCHÔA, 2018).

Seu objetivo é avaliar as funções fisiológicas relacionadas ao controle da temperatura da pele, importante órgão responsável nessa regulação. A termografia

detecta a luz infravermelha emitida pelo corpo e alterações na temperatura corporal relacionada ao fluxo sanguíneo (CÔRTE, 2016).

Na medicina esportiva o uso pode ser benéfico aos atletas por identificar os riscos de lesões e sua prevenção, e permitir o acompanhamento das sobrecargas decorrentes do esforço físico. Os atletas são submetidos a grandes estresses físicos tanto no treinamento, quanto nas competições. Um diagnóstico precoce é fundamental no tratamento adequado de futuras lesões (NEVES, 2014).

A circulação sanguínea periférica tem importante papel no tratamento de lesões e na termorregulação, entretanto a compreensão das diferentes respostas fisiológicas das estruturas envolvidas é necessária. A utilização da termografia também possibilita o monitoramento da temperatura superficial antes, durante e após sessões de treinamento com a finalidade de detectar mudanças na temperatura causada pelo exercício ou competição (MERLA, 2009).

Uma lesão causa alterações no fluxo sanguíneo que por sua vez afeta a temperatura da pele, condições como vasodilatação ou vasoconstricção local, hiperfusão, hipervascularização e hipermetabolismo são fatores relacionados com o aumento da temperatura superficial da pele, o que permite que a termografia seja utilizada como meio de intervenção prática no diagnósticos de riscos de lesões, além disso, o acompanhamento na evolução do tratamento também pode ser feito através das imagens termográficas (KORMAN, 2016).

Contudo para um trabalho seguro com a termografia e avaliação das imagens termográficas é necessário o controle de alguns fatores, os quais podem prejudicar os resultados obtidos. Fatores ambientais (temperatura ambiente, humidade do ar, local da avaliação), fatores técnicos (protocolo, validação, confiabilidade, configuração da câmera e software) e fatores individuais intrínsecos (idade, sexo, taxa metabólica e tecido adiposo) e extrínsecos (Ingestão de bebidas estimulantes e alcoólicas, drogas e medicamentos, uso de cosméticos, práticas terapêuticas e exercício físico) (FERNÁNDEZ-CUEVAS, 2015).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Tipo de Estudo**

A pesquisa se classifica como um estudo de revisão sistemática. De acordo com Ramos, Farias e Farias (2014), a revisão sistemática tem como objetivo a junção de estudos científicos que fornece informações para a construção do novo estudo. Um estudo de revisão sistemática foi realizado para abordar a seguinte questão do PICO: existe correlação na termografia infravermelho com marcadores indiretos de dano muscular?

Segundo Santos (2007), o uso da estratégia PICO para a construção da pergunta e busca bibliográfica, no qual a pergunta bem construída permite a definição correta de quais evidências são necessárias para solucionar a questão da pesquisa.

#### **3.2 Período e local da pesquisa**

As buscas foram realizadas no período entre março a junho de 2020.

#### **3.3 Amostra**

O processo de seleção dos artigos deu-se a partir de uma sequência de passos: 1) Análise baseada nos títulos e resumos dos artigos nas bases de dados relatadas; 2) Identificação das pesquisas que possivelmente cumpram com os critérios do objeto de estudo, através da leitura dos resumos, o que possibilitou a exclusão dos trabalhos que não se encaixavam na pesquisa; 3) Por fim, a leitura completa dos artigos permitiu a aplicação dos critérios de inclusão, exclusão e elegibilidade.

As buscas de dados foram realizadas em duas bases de dados: Pubmed e Google acadêmico. Os descritores utilizados foram: "infrared thermography" or "thermography" and "skin temperature" and "exercise" or "strength training". Foram encontrados 1.041, resultando em 5 artigos que completava o tema proposto.

### **3.4 Critérios de Inclusão / Exclusão**

A pesquisa se baseou no delineamento de estudo com característica de pesquisas como ensaios clínicos, e artigos que utilizassem pelo menos um tipo de marcador indireto de dano tecidual e estudos publicados em língua inglesa e portuguesa e como critério de exclusão corte temporal de estudos publicados entre (2010 a 2020), artigos indisponíveis nas bases de dados utilizadas, capítulos de livros, palestras e resumo de congressos.

### **3.5 Análise dos dados**

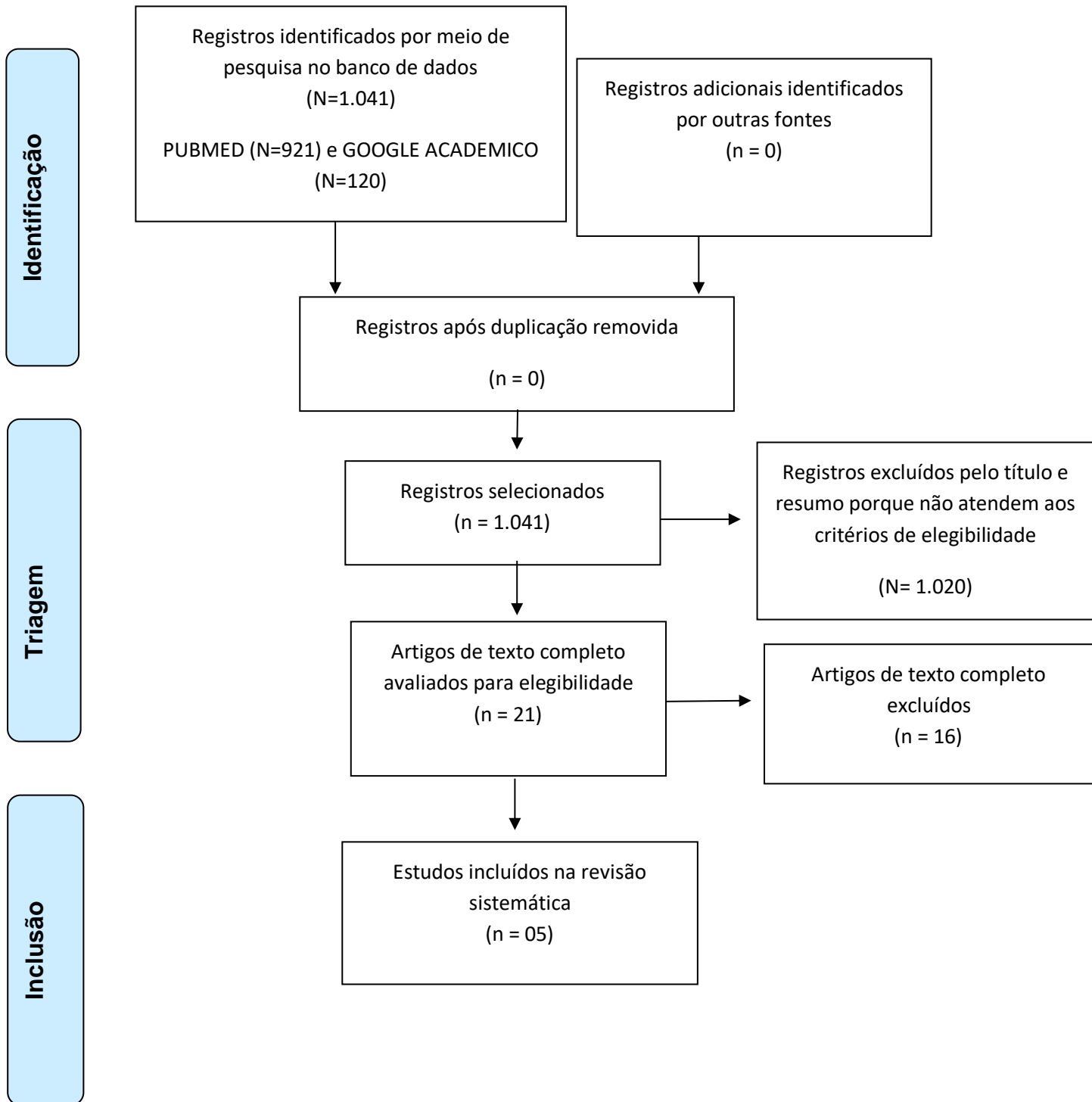
Os resultados foram descritos e analisados através de um quadro explicativo com os tópicos: nome do autor, ano de publicação do estudo, tamanho da amostra, objetivo da pesquisa, protocolo de análise, exercício utilizado e resultados, onde foram comparados entre si e confrontados com os estudos existentes na literatura sobre o tema abordado.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O fluxograma a seguir, apresenta com mais clareza, todos os processos de inclusão dos estudos na revisão sistemática, desde a sua identificação nas bases de dados até a seleção final.

As estratégias de busca encontraram inicialmente 1.041 estudos em potencial. Após a triagem de duplicatas e a elegibilidade por título e resumo um total de 1.020 estudos foram excluídos. Foram elegíveis para análise de texto completo 21 estudos, seguindo de exclusão por texto completo 16 artigos e apenas 5 estudos foram incluídos nessa revisão (figura1).

**Figura 1.** Baseado no modelo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) o fluxograma da pesquisa foi elaborado.



Os artigos selecionados são mostrados no quadro 1, nos quais demonstrou haver correlação com o tema proposto pelo artigo, com os principais resultados encontrados.

### Quadro 01.

Autor/ Ano	Amostra	Objetivo da pesquisa	Protocolo de análise	Exercício utilizado	Resultado
Silva (2018)	n = 20, indivíduos não treinados. Idade $24 \pm 5$ , altura $174 \pm 6$ , M. corporal $75 \pm 8$ , IMC $24,8 \pm 2$ .	Investigou a relação entre a temperatura da pele e a indução do dano muscular ocorrido através do exercício físico.	Escala visual de dor (0 a 10) Amostra de sangue: Pré-teste, 0' e 48h após teste; termográficas: Pré-teste, 0' e 48h após teste; Creatina-quinase (Ck); Acetilcolinesterase (AChE).	Flexão plantar, peso do próprio corpo.	O nível de dor 48h: 6,5 pontos, (P <0,01); CK ↑ 48h após o exercício, (P <0,01); AChE não diferiu entre os momentos; $\Delta T$ perna anterior e posterior ↓ e ↑, respectivamente, com o exercício ( $\Delta T_0$ : $-0,8 \pm 1,4$ e $0,9 \pm 1,1^\circ\text{C}$ (P <0,01); 48h, a temperatura $\equiv$ ( $\Delta T_{48}$ : $-0,6 \pm 1,4$ e $-0,3 \pm 1,1^\circ\text{C}$ , (P = 0,23).
Drzazga (2018)	n = 10, atletas de elite. (n = 6, atletas de esqui cross-country) idade $23 \pm 2,65$ , Altura $179,07 \pm 3$ , M. corporal $73,47 \pm 3,16$ , IMC $22,93 \pm 1,03$ e (n = 4, atletas de natação endurance) idade $21,5 \pm 2,08$ , altura $185,25 \pm 4,57$ , M. corporal $80,75 \pm 6,73$ ,	Avaliou a contribuição de fatores fisiológico e marcadores bioquímico em determinar as mudanças da temperatura da pele pós-teste.	Termografia: Pré e 0'; Vo2max; Lactato, limiar de lactato; Amostra de sangue: CK; LDH; Hb; F.C.	Corrida em esteira incremental	$\Delta T$ ↑ Mmii de ND ( $1,06 - 2,63^\circ\text{C}$ ) e $\Delta T$ ↓ Mmss de ES ( $0,66$ a $-2,02^\circ\text{C}$ ) Carga de trabalho: ES > ND; LC: ES < ND ( $2.6 \pm 0.8$ e $3.41 \pm 3.01$ ); $\Delta\text{CK}$ : ND > ES ( $70.7 \pm 70.19$ e $68.8 \pm 46$ ); LDH ↑ 21% ND e ↑ 18% ES; Pequena correlação da %G com a $\Delta T_0'$ ES (r= 9, p= 0.85) e ND (r= 0.99, p= 0.01).

	IMC 23,55 ± 2,08.				
Moreira (2019)	n = 23 atletas de judô homens. Idade 20,1 ± 4,7, Altura 173,1 ± 8,1, M. corporal 71,1 ± 8,1, IMC 23,9 ± 1,6.	Analizou a resposta da temperatura da pele e medidas fisiológicas podem ser explicadas pela variação da temperatura da pele.	F.C máx. (Tanaka) PSE (6 – 20) 48h; Vo2pico; Lactato; termografia e temperatura auricular, coletadas pré-teste, 0', 5', 10' e 15' após teste.	Teste incremental específico (2' de esforço e 1' descanso).	Media de etapas completas (7.0 6 ± 1.0); Media de esforço (20.0' ± 3.0'); Vo2 pico 48.7 ± 5.3 ml·kg <sup>1</sup> /m <sup>1</sup> ; Lactato pré-teste e 0' (5.3 mmol/L <sup>1</sup> ), 0'e 15' (2.5 Mmol/L <sup>1</sup> ). Tau ↑ pré e 0' (0,89°C) e ↓ nos demais minutos (0'37°C); ΔT pré-5': ↑ 7 R.I, ΔT pré-15' ↓ 0,7°C, IC 95% (0,22-1,14). ΔT5' e LAC (r= 0.66, p=0.001) e ΔT10' e LAC (r= 0,55, p= 0.001).
Barboza (2019)	n = 30 homens, Ativos, divididos em 2 grupos (baixo dano muscular) e (alto dano muscular). Faixa etária 18 a 30 anos, altura 165 a 185, M. corporal 18,5 a 25 kg/m <sup>2</sup> .	Avaliou o dano muscular induzido em intensidade baixa e alta nos flexores de cotovelo e a relação da temperatura com os marcadores indiretos do dano muscular.	Amostra sanguínea e termografia: 48h pré-teste, 0', 30', 24h, 48 e 72h após teste; Pico de torque; Escala de dor (EVA: 0 a 100 mm) e extensão passiva; CK; ADM e circunf. do braço.	Flexão de cotovelo maquina isocinética.	ΔT 0' ↑, somente; P.T (GAD) ↓ em todos os momentos; EVA: (GAD) > (GBD), ↑ pós - 72h e limiar de dor a pressão não diferiu entre grupos; CK: ↑ em ambos pós – 24h, 48h e 72h ↑ (GAD); ADM ↓ (GAD).
Oliveira (2018)	n = 12 homens saudáveis e fisicamente ativos. Idade 22,17 ± 2,86, altura 173 ± 0,07, M. corporal 70,92 ± 6,49, %G 9,41 ± 5,45.	Verificou se diferentes intensidades de corrida influenciam nas mudanças da temperatura da pele e biomarcadores.	Vo <sub>2</sub> Máx e limiares; Termografia e Amostra de sangue (20 ml) para CPK, IL-6, creatinina e ureia, ambos pré-teste, 0', 24h e 48h após o teste.	Teste de corrida em esteira em duas intensidades: (ABL) (ACL).	LAC: ABL = 2,89 e ACL = 7,57 mmol/L; ΔT.Pré: ABL ≡ ACL ΔT24h-48h ABL < ACL, ΔT Coxa A: ACL > ABL (0,73°C), ΔT Coxa P: ACL ↑ 0,6°,



de dano muscular.	$\Delta T$ Perna P: $\uparrow 0,2^{\circ}\text{C}$ , sem diferenças entre ABL e ACL; CPK: Pré: ABL = ACI, Pré – 24h: (ACL > ABL); Sem diferenças em CREATININA, UREIA e IL-6.
-------------------	---

Fonte: Dados da pesquisa

Durante o repouso a temperatura corporal é mantida em níveis normais  $36,5^{\circ}$  a  $37^{\circ}$ , contudo com a prática de exercício associado ao aumento no trabalho metabólico (transformação de energia química em energia mecânica) tendem a elevar a taxa de produção de calor desta forma a temperatura corporal também se eleva (TANDA, 2017).

A temperatura da pele corresponde as principais mudanças observadas nos estudos, no qual responde ao nível de esforço aplicado, desta forma o estudo de Oliveira (2018), ocorreu aumento progressivo entre 24 para 48h, no qual o teste foi realizado acima do limiar anaeróbico (ACL), contudo os momentos pré-teste para as duas intensidade foram semelhantes, observando que o tempo de recuperação de um teste para o outro configurou-se como ideal, desta maneira não interferiu o teste seguinte.

Em destaque para o estudo de Drzazga (2018), realizou um teste de corrida incremental para esquiadores de *Cross-Country* e nadadores de endurance, pode ser percebido a diminuição da temperatura para esquiadores nos membros superiores e aumento da temperatura do membros inferiores para nadadores, demonstrando assim a aproximação com a especificidade da prática esportiva dos esquiadores.

No caso apresentado por Moreira (2019), foram avaliadas 26 regiões de interesse, na qual foi possível observar o aumento da temperatura em sete regiões de interesse no minuto cinco pós-teste, sem aumento significativo na temperatura corporal total nesse momento, entretanto no minuto quinze, houve decréscimo de 19

regiões de interesse. O protocolo utilizado se baseou na especificidade do combate dos judocas.

Entretanto, o nível de condicionamento em especial ( $Vo_{2max}$ ) reflete na quantidade de calor gerado, pois um indivíduo com melhor capacidade aeróbica tende a demonstrar uma melhor dissipação de calor através do fluxo sanguíneo. A transpiração é um processo termorregulatório que permite ao corpo manter o balanço da temperatura corporal e dissipação de calor mais eficiente, mas para indivíduos destreinados observou que a temperatura foi mantida por mais tempo (FORMENTI et.al., 2012).

A creatina-quinase no tecido muscular tem a função de auxiliar na ressíntese de ATP, responsável por hidrolisar a CP e liberar fosfato para se ligar a uma molécula de ADP, formando em ATP. Concentrações de CK estão sujeitas a diversos fatores: massa corporal, sexo e exercício físico. Assim com mioglobinas e lactato desidrogenase são moléculas citoplasmáticas e não consegue atravessar a membrana citoplasmática (BANDEIRA ET AL., 2012 e SILVA; MACEDO, 2011).

A sobrecarga imposta pelo exercício induz ao dano muscular que ocorre a fase de degeneração, recuperação e remodelamento, todavia a presença de CPK, CK, LDH demonstra o tamanho do dano sofrido pelo musculo exercitado, como foi descrito nos estudos de Silva (2018) foi elevado no período de 48 após o teste, e Barboza (2019) no qual o grupo que realizou 30 repetições demonstrou aumento até 72 horas pós teste, e grau de amplitude articular reduzido e pico de torque reduzidos no mesmo período.

Para oliveira (2018), o teste realizado acima do limiar anaeróbico também demonstrou alto em relação ao teste realizado abaixo do limiar, para Moreira (2018), houve aumento no minuto inicial comparado com os valores de pré-teste, porem foram necessários apenas quinze minutos para os valores diminuírem. Drzazga (2018), demonstrou aumento nos níveis de LDH nos grupos avaliados, contudo foi mais expresso para o grupo de nadadores no qual pode destacar o tamanho do dano ocorrido, quando comparado entre grupos.

A termografia infravermelho, tem ganhado mais atenção nos últimos anos por ser um instrumento não invasivo, baixo custo, não radioativo, contudo seguir um

padrão na coleta das imagens se faz necessário como: câmera utilizada, software análise, protocolo para a captura das imagens, controle da temperatura ambiente, umidade do ar, além de fatores individuais intrínsecos, extrínsecos. Os quais podem trazer viés a pesquisa (FERNÁNDEZ-CUEVAS, 2015).

A termografia é um método não invasivo que permite obter informações sobre o nível de adaptação do corpo ao esforço físico. O exercício desencadeia o processo inflamatório no músculo em decorrência do tamanho da lesão muscular, alterando o metabolismo local e hipertermia (CORTE; HERNANDEZ, 2016).

Contudo a possibilidade do uso da termografia como único instrumento de análise de dano muscular indireto não é comprovado. O estudo de Silva (2018), a temperatura aumento somente no momento pós-teste, e não foi possível correlacionar a mudança da temperatura com a creatina-quinase marcador de dano muscular.

Consequente, Barboza (2018), não obteve correlação da temperatura com marcadores indiretos de dano muscular, também para Oliveira (2018), concluiu que a termografia não obteve resultado significativo para correlacionar com biomarcadores, tendo em vista ter apresentado somente diferença significativa da temperatura da coxa anterior.

O estudo de Drzazga (2018), demonstrou discrepância nas temperaturas da pele dos músculos alvos entre os grupos, contudo houve pequena correlação de parâmetros fisiológicos como carga de treino,  $Vo_{2max}$  e fatores bioquímicos quando comparados com a temperatura da pele, correlações de gordura % em relação à temperatura média após o treinamento para o músculo em especial ao músculo sóleo que apresentou para esquiadores ( $r = 9$  e  $p = 0.85$ ) e nadadores ( $r = 0.99$  e  $p = 0.01$ ).

Segundo Moreira (2019), apresentou correlação entre as medias de temperatura nos momentos de cinco minutos e dez minutos com os níveis de lactato através da regressão linear ( $\Delta T5'$   $r = 0.66$ ,  $p = 0.001$ ) e ( $\Delta T10'$   $r = 0,55$ ,  $p = 0.001$ ), assim a possibilidade de aplicação da termografia como método pode ser aplicado após exercício como indicação da intensidade exercida.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da pesquisa realizada que teve como objetivo verificar a correlação da termografia infravermelho com os marcadores indiretos de dano muscular, pesquisados nas bases de dados Pubmed e Google acadêmico. Desta forma foi possível notar a escassez de artigos que tratassem do tema abordado nesse estudo, segundo os dados obtidos não justificaram que os danos musculares avaliados por marcadores indiretos poderiam ser associados com a avaliação da temperatura da pele.

A pergunta geradora da pesquisa, foi investigar como a termografia tem sido utilizada e como ela pode ser associada com o dano muscular e qual parâmetro de confiabilidade ela possui com marcadores fisiológico e bioquímicos, contudo os estudos demonstraram heterogeneidade, apesar de dois estudos abordarem exercício de característica resistido, dois com exercício de corrida em esteira e o outro realizou um protocolo específico que se assemelhava com o gesto competitivo. Desta maneira observou a falta de resultados confiável entre os estudos que abordaram protocolos semelhantes e entre os demais.

todavia a quantidade de artigos encontrados denota a lacuna de estudos sobre o tema abordado, levando em conta que o assunto escolhido termografia, nas últimas décadas tem ganhado espaço, associados a temas como dano tecidual e exercício físico que já possuem uma ampla quantidade de artigo publicado, no qual é possível observar na quantidade total de estudos encontrados sobre cada tema.

O presente artigo teve como objetivo principal encontrar estudos que tratassem do uso da termografia e marcadores indiretos de dano tecidual e suas correlações, contudo, demonstrou haver poucos estudos. As sugestões para estudos futuros: aumentar a base de dados, estudos que utilizem controladores de carga de treino interno como percepção subjetiva de esforço e escala de dor.

## REFERÊNCIAS

- BANDEIRA, Fábio; MOURA, Marcos Antônio Muniz de; SOUZA, Mauren Abreu de; NOHAMA, Percy; NEVES, Eduardo Borba. Pode a termografia auxiliar no diagnóstico de lesões musculares em atletas de futebol? **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [s.l.], v. 18, n. 4, p. 246-251, ago. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-86922012000400006>.
- BARBOZA, Jean Artur Mendonça. **ANÁLISE TERMOGRÁFICA DO DANO MUSCULAR INDUZIDO DE DIFERENTES MAGNITUDES NOS FLEXORES DE COTOVELO EM INDIVÍDUOS FÍSICAMENTE ATIVOS**. 2019. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Fisioterapia, Centro de Ciências da Saúde Programa de Pós-graduação em Fisioterapia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, rn, 2019.
- CÔRTE, Ana Carolina Ramos e; HERNANDEZ, Arnaldo José. TERMOGRAFIA MÉDICA INFRAVERMELHA APLICADA À MEDICINA DO ESPORTE. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [s.l.], v. 22, n. 4, p. 315-319, ago. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1517-869220162204160783>.
- COSTA, Luciano Silva da. EFEITO DO EXERCÍCIO AERÓBICO SOBRE O DESEMPENHO DA FORÇA DE MEMBROS INFERIORES. **Brazilian Journal Of Sports And Exercise Research**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 1, p. 118-121, 2010
- DRZAZGA, Zofia; BINEK, Mariusz; POKORA, Ilona; SADOWSKA-KRĘPA, Ewa. A preliminary study on infrared thermal imaging of cross-country skiers and swimmers subjected to endurance exercise. **Journal Of Thermal Analysis And Calorimetry**, [s.l.], v. 134, n. 1, p. 701-710, 7 maio 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10973-018-7311-y>.
- FERNÁNDEZ-CUEVAS, I. et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. **Infrared Physics & Technology**, v. 71, p. 28-55, 2015.
- FAROOQUI, T. Iron-induced oxidative stress modulates olfactory learning and memory in honeybees. **Behavioral neuroscience**, v. 122, n. 2, p. 433, 2008.
- FERNÁNDEZ-CUEVAS, I. et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. **Infrared Physics & Technology**, v. 71, p. 28-55, 2015.
- FLECK, Steven J.; KRAEMER, William J. **Fundamentos do treinamento de força muscular**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.
- FORMENTI, Damiano; LUDWIG, Nicola; GARGANO, Marco; GONDOLA, Marco; DELLERMA, Nicoletta; CAUMO, Andrea; ALBERTI, Giampietro. Thermal Imaging of Exercise-Associated Skin Temperature Changes in Trained and Untrained Female Subjects. **Annals Of Biomedical Engineering**, [s.l.], v. 41, n. 4, p. 863-871, 11 dez. 2012. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10439-012-0718-x>.

GEARHART, JR, Randall. F. et al. Strength tracking using the OMNI resistance exercise scale in older men and women. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 3, p. 1011-1015, 2009.

GENTIL, Paulo; BOTTARO, Martim. Influence of Supervision Ratio on Muscle Adaptations to Resistance Training in Nontrained Subjects. **Journal Of Strength And Conditioning Research**, [s.l.], v. 24, n. 3, p. 639-643, mar. 2010. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health).  
<http://dx.doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181ad3373>.

GUETHS, Marcos. As características e prescrições de um exercício aeróbico. **Lecturas: Educación Física y Deportes**, Buenos Aires, v. 69, n. 9, p. 49-49, dez. 2003.

HILDEBRANDT, Carolin; RASCHNER, Christian; AMMER, Kurt. An overview of recent application of medical infrared thermography in sports medicine in Austria. **Sensors**, v. 10, n. 5, p. 4700-4715, 2010.

HOUTMAN, C. J. et al. Changes in muscle fiber conduction velocity indicate recruitment of distinct motor unit populations. **Journal of Applied Physiology**, v. 95, n. 3, p. 1045-1054, 2003.

HOWE, Louis P.; READ, Paul; WALDRON, Mark. Muscle Hypertrophy. **Strength And Conditioning Journal**, [s.l.], v. 39, n. 5, p. 72-81, out. 2017. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1519/ssc.0000000000000330>.  
 ISHIDO, M.; Nakamura, T. The expression of aquaporin-4 is regulated based on innervation in skeletal muscles. **Journal of muscle research and cell motility**, v. 39, n. 1-2, p. 17-23, 2018.

KRAEMER, W.J.; RATAMESS, N. A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, n. 4, p. 674-688, 2004.

KELLOGG, D. L.; PÉRGOLA, P. Skin responses to exercise and training. **Exercise and Sport Science**, p. 239-250, 2000.

KORMAN, P. ET AL. Possible uses of infrared thermography in sport. 2016.

LAPIN, Livia Pascoti. RESPOSTAS METABÓLICAS E HORMONAIS AO TREINAMENTO FÍSICO. **Revista Brasileira de Educação Física, Esporte, Lazer e Dança**, São Paulo, v. 2, n. 4, p. 115-124, dez. 2007.

LUK, H.Y. ET AL. Resistance exercise-induced hormonal response promotes satellite cell proliferation in untrained men but not in women. **American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism**, v. 317, n. 2, p. E421-E432, 2019.

MAIOR, A. S. Fisiologia dos exercícios resistidos. **Phorte Editora LTDA**, 2011

MAKOWSKI, G. S. **Advances in clinical chemistry**. 56. ed. San Diego, CA, USA: Academic Press Publications, 2012.

MCARDLE, W. D., KATCH, F. I., KATCH, V. L. **Fisiologia do exercício: Nutrição. Energia e Desempenho humano**, Traduzido por Giuseppe Taranto. 7ª ed. Rio Janeiro: Guanabara Koogan, v. 8, 2011.

MEDINA, Fabio Leandro. Atividade física: impacto sobre a pressão arterial: physical activity: impact on blood pressure. : Physical activity: impact on blood pressure. **Rev Bras Hipertens**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 103-106, 24 maio 2010.

MERLA, A. et al. Thermal imaging of cutaneous temperature modifications in runners during graded exercise. **Annals of biomedical engineering**, v. 38, n. 1, p. 158-163, 2010.

MILANOVIĆ, Zoran; SPORIŁ, Goran; WESTON, Matthew. Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for VO<sub>2</sub>max Improvements: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. : A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. **Sports Medicine**, [s.l.], v. 45, n. 10, p. 1469-1481, 5 ago. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-015-0365-0>.

MOREIRA, Danilo Gomes; BRITO, Ciro José; FERREIRA, José Jamacy de Almeida; MARINS, João Carlos Bouzas; DURANA, Alfonso López Díaz de; CANALEJO, Jorge Couceiro; REVENGA, Javier Butragueño; SILLERO-QUINTANA, Manuel. Lactate Concentration Is Related to Skin Temperature Variation After a Specific Incremental Judo Test. **Journal Of Strength And Conditioning Research**, [s.l.], p. 1, mar. 2019. Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health). <http://dx.doi.org/10.1519/jsc.0000000000003095>.

NAKAMURA, Fábio Yuzo; MOREIRA, Alexandre; AOKI, Marcelo Saldanha. Monitoramento da carga de treinamento: a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável?. : a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável?. **Revista da Educação Física/uem**, [s.l.], v. 21, n. 1, p. 1-11, 27 mar. 2010. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/reveducfis.v21i1.6713>.

NEVES, E. B.; REIS, V. M. Fundamentos da termografia para o acompanhamento do treinamento desportivo. **Revista Uniandrade**, v. 15, n. 2, p. 79-86, 2014.

OLIVEIRA, Samuel Angelo Ferreira. **COMPORTAMENTO DA TEMPERATURA DA PELE POR TERMOGRAFIA E DE BIOMARCADORES DE SOBRECARGA MUSCULAR EM DUAS INTENSIDADES DE CORRIDA**. 2018. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Educação Física, Pós-graduação em Educação Física, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/mg, 2018.

QAISAR, Rizwan; BHASKARAN, Shylesh; VAN REMMEN, Holly. Muscle fiber type diversification during exercise and regeneration. **Free Radical Biology And Medicine**, [s.l.], v. 98, p. 56-67, set. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2016.03.025>.

RAMALLO, Bianca Trovello. MAGNITUDE DO DANO MUSCULAR INDUZIDO PELO EXERCÍCIO EM MULHERES TREINADAS E DESTREINADAS. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, São Paulo, v. 7, n. 40, p. 398-405, jul. 2013.

RAMOS, Altina; FARIA, Paulo M.; FARIA, Ádila. Revisão sistemática de literatura: contributo para a inovação na investigação em ciências da educação. **Revista Diálogo Educacional**, [s.l.], v. 14, n. 41, p. 17, 12 jul. 2014. Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR. <http://dx.doi.org/10.7213/dialogo.educ.14.041.ds01>.

SANTOS, Cristina Mamédio da Costa; PIMENTA, Cibele Andrucioli de Mattos; NOBRE, Moacyr Roberto Cuce. The PICO strategy for the research question construction and evidence search. **Revista Latino-americana de Enfermagem**, [s.l.], v. 15, n. 3, p. 508-511, jun. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-11692007000300023>.

SILVA, Willian et al. Can exercise-induced muscle damage be related to changes in skin temperature?. **Physiological measurement**, v. 39, n. 10, p. 104007, 2018.

SILVA, Fernando Oliveira Catanho da; MACEDO, Denise Vaz. Exercício físico, processo inflamatório e adaptação: uma visão geral. doi. : uma visão geral. DOI. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, [s.l.], v. 13, n. 4, p. 320-328, 4 ago. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.5007/1980-0037.2011v13n4p320>.

SCHOENFELD, Brad J.. Potential Mechanisms for a Role of Metabolic Stress in Hypertrophic Adaptations to Resistance Training. **Sports Medicine**, [s.l.], v. 43, n. 3, p. 179-194, 22 jan. 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-013-0017-1>.

SELUIANOV, V. N.; DIAS, S. B. C.; ANDRADE, S. L. F. **Musculação**. Jurua Editora, 2009.

SILVA, A.N. Estudo do papel das espécies reativas de oxigênio (ROS) na resposta inflamatória induzida pelo exercício físico em camundongos. 2014.

SILVA, Willian et al. Can exercise-induced muscle damage be related to changes in skin temperature?. **Physiological measurement**, v. 39, n. 10, p. 104007, 2018.

TANDA, Giovanni. Total body skin temperature of runners during treadmill exercise. **Journal Of Thermal Analysis And Calorimetry**, [s.l.], v. 131, n. 2, p. 1967-1977, 28 ago. 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10973-017-6634-4>.

TERRA, Rodrigo; SILVA, Sílvia Amaral Gonçalves da; PINTO, Verônica Salerno; DUTRA, Patrícia Maria Lourenço. Efeito do exercício no sistema imune: resposta, adaptação e sinalização celular. : resposta, adaptação e sinalização celular. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, [s.l.], v. 18, n. 3, p. 208-214, jun. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-86922012000300015>.



UCHÔA, Paulo; MATOS, Filipe; NEVES, Eduardo Borba; SAAVEDRA, Francisco; ROSA, Claudio; REIS, Víctor Machado; VILAÇA-ALVES, José. Evaluation of two different resistance training volumes on the skin surface temperature of the elbow flexors assessed by thermography. **Infrared Physics & Technology**, [s.l.], v. 93, p. 178-183, set. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2018.07.038>.

WOLFE, B. L.; LEMURA, L. M.; COLE, P. J. Quantitative analysis of single-vs. multiple-set programs in resistance training. 2004.