



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

KARINA ALVES DA SILVA

**RELAÇÃO ENTRE OS GENÓTIPOS DA *ALFA-ACTININA 3* E  
ENZIMA CONVERSORA DE ANGIOTENSINA COM  
INDICADORES DE DESEMPENHO EM CORREDORES  
RECREACIONAIS QUANDO SUBMETIDOS AO  
TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE**

---

Londrina  
2022

KARINA ALVES DA SILVA

**RELAÇÃO ENTRE OS GENÓTIPOS DA *ALFA-ACTININA 3* E  
ENZIMA CONVERSORA DE ANGIOTENSINA COM  
INDICADORES DE DESEMPENHO EM CORREDORES  
RECREACIONAIS QUANDO SUBMETIDOS AO  
TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto-Sensu em Educação Física associado UEM-UEL, da Universidade Estadual de Londrina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Educação Física.

Orientador: prof. Dr. Marcos Doederlein Polito

Londrina  
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de

Silva, Karina.

RELAÇÃO ENTRE OS GENÓTIPOS DA ALFA-ACTININA 3  
E ENZIMA CONVERSORA DE ANGIOTENSINA COM  
INDICADORES DE DESEMPENHO EM CORREDORES  
RECREACIONAIS QUANDO SUBMETIDOS AO  
TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE  
/ Karina Silva. - Londrina,  
2022.66 f. : il.

Orientador: Marcos Doederlein  
Polito. Coorientador: Ricardo  
Brandt.

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

Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

KARINA ALVES DA SILVA

**RELAÇÃO ENTRE OS GENÓTIPOS DA *ALFA-ACTININA 3* E  
ENZIMA CONVERSORA DE ANGIOTENSINA COM  
INDICADORES DE DESEMPENHO EM CORREDORES  
RECREACIONAIS QUANDO SUBMETIDOS AO  
TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto-Sensu em Educação Física associado UEM-UEL, da Universidade Estadual de Londrina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Educação Física.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Marcos Doederlein Polito  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Profa.Dra. Solange de Paula Ramos  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dra. Carla Cristiane da Silva  
Universidade Estadual do Norte do Paraná -  
UENP

---

Prof. Dr. Lucinar Jupir Forner Flores  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná -  
UNIOESTE

---

Prof. Dr. Sidney Barnabé Peres  
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Londrina, 04 de outubro de 2022.

## DEDICATÓRIA

Dedico a realização deste trabalho primeiramente à Deus, por me permitir acreditar que eu seria capaz de concretizá-lo, me dando forças nos momentos mais difíceis.

À minha querida mãe Isaura, por me acompanhar em todo esse processo me sustentando com as suas palavras de apoio, carinho e conforto quando eu mais precisei.

Ao meu querido pai Daniel, que apesar das dificuldades da vida não mediu esforços para que eu pudesse chegar até aqui.

À minha estimada irmã Horianna, por ser o ombro amigo com quem compartilhei minhas alegrias, raivas e tristezas ao longo desse tempo.

Vocês são essenciais na minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Sou grata aos estimados companheiros do mestrado: Juliana Astolpho Lopes e Edirley Guimarães de Souza, pessoas que percorreram mais essa árdua, porém, satisfatória etapa ao meu lado.

Aos estimados colegas de Pós-Graduação os quais tive o prazer de conhecer e/ou conviver: Aline Campos, Jéssica Pinesso, Susana Padoim, Lilian Barazetti. Ainda que por algum tempo, essas pessoas tornaram esse período um pouco mais especial pelos momentos vividos...

Agradeço aos queridos amigos que a UEL me proporcionou: Miriam Missawa e Wallace Cardoso. Guardo-os com carinho em meu coração.

Aos meus queridos ex-alunos e ao mesmo tempo amigos da Unioeste que se fizeram presentes nas coletas de dados, auxiliando no que fosse preciso: Victória Dal-Molin, Camila Redigolo, Bruna Emell, Klaryslaine Bresolin, Mateus Panazzolo e Maria Eduarda. Meu sincero obrigada. Desejo sucesso na vida de cada um de vocês.

À Letícia Bossa e Matheus Mertz, por me auxiliarem com os procedimentos bioquímicos e se colocarem sempre à disposição e paciência em me auxiliar.

Ao meu orientador do mestrado, Prof. Dr. Luiz Cláudio Stanganelli que, embora não tenha participado diretamente desse processo, foi parte fundamental para que eu pudesse chegar a iniciá-lo. Sou muito grata por tudo o que me ensinou.

Ao Prof. Dr. Emerson José Venâncio por colaborar com o processo de genotipagem dos participantes deste estudo.

À querida Profa. Dra. Carla Cristiane da Silva por me direcionar ao professor Emerson e contribuir para que as análises pudessem ser realizadas.

À estimada Profa. Dra. Daniele Sartori, por se colocar sempre à disposição em me auxiliar com a parte genética desde o primeiro momento. Sou muito grata pela paciência e aprendizado.

À Prof. Dra. Solange de Paula Ramos, por acreditar em mim, me auxiliar, me direcionar os meios e pessoas que pudessem contribuir para que esse trabalho se concretizasse. Meu sincero agradecimento e admiração.

Ao meu estimado co-orientador e colega de trabalho Prof. Dr. Ricardo Brandt, por acreditar em mim e aceitar o desafio de colaborar com a realização do meu projeto, se colocando sempre à disposição em me auxiliar.

Ao meu querido orientador Prof. Dr. Marcos Doederlein Polito, pela oportunidade, tempo, paciência, aprendizado e suporte ao longo do processo. Minha profunda gratidão.

Aos docentes que aceitaram o convite em fazer parte da banca de avaliação, contribuindo com os seus conhecimentos.

Aos integrantes do projeto de extensão Unioeste *Runners*.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste estudo.

Vocês foram essenciais nesse processo....

***“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez.”  
(George Bernard Shaw)***

SILVA, Karina Alves. **Relação entre os genótipos da *alfa-actinina 3* e enzima conversora de angiotensina com indicadores de desempenho em corredores recreacionais quando submetidos a um treinamento intervalado de alta intensidade.** 2022. 66 f. Tese (Doutorado em Educação Física) – Centro de Educação Física e Esporte. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

## RESUMO

**Introdução:** O desempenho esportivo tem sido relacionado com os genes da alfa actinina (*ACTN-3*) e enzima conversora de angiotensina (*ECA*). A literatura tem apresentado que os genótipos RR e RX do *ACTN-3* estão relacionados com a formação de fibras musculares do tipo II e, conseqüentemente, melhor associados com esportes que requerem força e potência. Por outro lado, o genótipo XX relaciona-se à completa deficiência de *ACTN-3* e parece demonstrar melhor associação com atividades que envolvam resistência aeróbia. Quanto ao gene da *ECA*, enquanto o alelo I tem sido associado a uma maior proporção de fibras musculares de contração lenta, em atividades esportivas, o alelo D tem sido verificado juntamente com uma maior atividade tecidual da *ECA* e, portanto, presente em indivíduos com maior proporção de fibras musculares de contração rápida, os quais tendem a apresentar maiores níveis de volume e força muscular.

**Objetivo:** Investigar a relação entre os genótipos do gene *ACTN-3* e da *ECA* com indicadores de desempenho em corredores recreacionais moderadamente treinados quando submetidos a um protocolo de treinamento *SIT* “*all out*”.

**Metodologia:** a amostra foi composta por 41 indivíduos, 15 homens e 26 mulheres com idades entre 23 e 56 anos, integrantes de um projeto de extensão da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Os participantes realizaram duas etapas de avaliações consistindo em duas visitas cada. Na primeira visita, os participantes foram orientados a assinarem um termo de consentimento livre e esclarecido e preencherem uma ficha de anamnese. Em seguida, amostras salivares foram coletadas para o processo de genotipagem. Posteriormente foi realizada uma avaliação antropométrica. A segunda visita consistiu na familiarização dos indivíduos com a placa de salto e, logo em seguida, na realização de séries de saltos verticais contramovimento e saltos com agachamento. Por fim, aplicou-se o *Shuttle run test* de 20 m. Após as avaliações iniciais os participantes foram submetidos durante doze semanas a um protocolo de *SIT* numa frequência de duas sessões semanais. Foi utilizado o software SPSS versão 20.0. Foi aplicado o teste de normalidade de *Kolmogorov Smirnov* e o teste de *Levene* para homogeneidade das variâncias. A ANOVA de uma entrada foi utilizada para comparar o desempenho nos testes em função dos diferentes grupos genéticos, seguido pelo post-hoc de *Tukey*.

**Resultados:** Não foi encontrada uma relação estatisticamente significativa entre os genótipos do *ACTN-3* e *ECA* com os resultados dos testes de desempenho físico; corredores que apresentaram o genótipo DD da *ECA* obtiveram maior média significativa ( $P=0,02$ ) na altura no salto CMJ ( $23,9\pm 2,9$  cm) em comparação com o genótipo II ( $17,2\pm 3,1$  cm).

**Conclusão:** não houve relação entre os genótipos do *ACTN-3* e da *ECA* com as variáveis de desempenho físico de corredores recreacionais moderadamente treinados após a aplicação de um programa de treinamento de *SIT*. Observou-se que indivíduos com o genótipo DD da *ECA* apresentaram maior altura no teste de salto com contramovimento em comparação com o genótipo II.

**Palavras-chave:** genótipo; desempenho atlético; corrida.

SILVA, Karina Alves. **Relationship between alpha-actinin 3 and angiotensin-converting enzyme genotypes with performance indicators in recreational runners when submitted to high-intensity interval training.** 2022. 66 p. Thesis (Doctorate in Physical Education) – Center for Physical Education and Sport. State University of Londrina, Londrina, 2022.

## ABSTRACT

**Introduction:** Sports performance has been related to alpha actnin (*ACTN-3*) and angiotensin-converting enzyme (*ACE*) genes. The literature has shown that the RR and RX genotypes of *ACTN-3* are related to the formation of type II muscle fibers and, consequently, better associated with sports that require application of force and power. In contrast, the XX genotype is related to complete *ACTN-3* deficiency and seems to show a better association with activities involving aerobic resistance. As for the *ACE* gene, while the I allele has been associated with a greater proportion of slow-twitch muscle fibers, demonstrating to be better associated with aerobic performance in sports activities, the D allele has been verified together with a greater tissue activity of the *ACE* and, therefore, present in individuals with a higher proportion of fast-twitch muscle fibers, who tend to have higher levels of muscle volume and strength. **Objective:** To investigate the relationship between *ACTN-3* and *ACE* genotypes with performance indicators in moderately trained recreational runners when submitted to an “all out” *SIT* training protocol. **Methodology:** The sample consisted of 41 individuals, 15 men and 26 women aged between 23 and 56 years, members of the Unioeste runners extension project from the State University of Western - Paraná. Participants performed two evaluation stages (pre- and post-training) consisting of two visits each to the physical performance laboratory (LADESP) and to the Unioeste athletics track. On the first visit, the participants were instructed to sign an informed consent form and fill out an anamnesis form. Then, salivary samples were collected for the genotyping process. Subsequently, an anthropometric assessment (body mass, height) was performed. The second visit consisted of familiarizing the subjects with the jumping board and, shortly thereafter, performing a series of countermovement vertical jumps and squat jumps. Finally, the Shuttle run test of 20 m was applied. After the initial evaluations, the participants were submitted for twelve weeks to a protocol of *SIT* in a frequency of two weekly sessions. SPSS software version 20.0 was used. Kolmogorov Smirnov's normality test and Levene's test for homogeneity of variances were applied. One-way ANOVA was used to compare test performance across different genetic groups, followed by Tukey's post-hoc. **Results:** No statistically significant relationship was found between *ACTN-3* and *ACE* genotypes with the results of physical performance tests; runners who presented the *ACE* DD genotype had a significantly higher mean ( $P=0.02$ ) in CMJ jump height ( $23.9\pm 2.9$  cm) compared to genotype II ( $17.2\pm 3.1$  cm). **Conclusion:** there was no relationship between *ACTN-3* and *ACE* genotypes with physical performance variables of moderately trained recreational runners after the application of a *SIT* training program. It was observed that individuals with *ACE* DD genotype had greater height in the countermovement jump test compared to genotype II.

**Key words:** genotype; athletic performance; running.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	– Descrição das características dos participantes do estudo de acordo com o genótipo ACTN-3.....	28
<b>Tabela 2</b>	– Características descritivas dos participantes do estudo de acordo com o genótipo da ECA.....	29
<b>Tabela 3</b>	– Relação entre os genótipos do ACTN-3 com as variáveis de desempenho físico.....	30
<b>Tabela 4</b>	– Relação entre os genótipos da ECA com as variáveis de desempenho físico.....	30
<b>Tabela 5</b>	– Relação entre os genótipos do ACTN-3 e ECA com as variáveis de desempenho físico.....	31

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACTN'S	Alfa actninas
$\alpha$ actina	Alfa actina
ACTN	Alfa actnina
%	Percentual
ECA	Enzima conversora de angiotensina
$\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$	Consumo máximo de oxigênio
HIIT	High intensity interval training
SIT	Sprint interval training
EC	Economia de corrida
Kg	Quilogramas
cm	Centímetros
min	Minutos
km	Quilmetros
m	Metros
h	Horas
$\mu$ l	Microlitros
mM	Milimolar
EDTA	cido Etilenodiamino Tetra-Acético
Rpm	Repetições por minuto
TAE	Tris-Acetato-EDTA
DNA	cido desoxirribunocleico
ng	Nanograma
nm	Nanmetro
$\mu$ M	Micrmetro
PCR	Reação em cadeia da polimerase
qPCR	Reação em cadeia da polimerase em tempo real
C	Grau Clsius
s	Segundos
$\mu$ L	Microlitro
pMol	Picomol
pb	Par de base
CMJ	Countermovement Jump

SJ	Squat Jump
CAE	Ciclo alongamento-encurtamento
TUE	Taxa de utilização excêntrica
ml.kg.min <sup>-1</sup>	Mililitros por quilo por minuto
Km/h <sup>-1</sup>	Quilômetros por hora
v $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$	Velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
1.2	OBJETIVO .....	20
<b>2</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	21
2.1	POPULAÇÃO E AMOSTRA .....	21
2.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	21
2.3	GENÉTICA .....	22
2.3.1	Extração dos Ácidos Nucléicos .....	22
2.3.2	Genotipagem do Polimorfismo R577X do Gene ACTN3 .....	23
2.3.3	Genotipagem do Polimorfismo I/D do Gene da Enzima Conversora de Angiotensina (ECA) .....	24
2.4	AVALIAÇÕES ANTROPOMÉTRICAS E DE DESEMPENHO FÍSICO.....	25
2.4.1	Avaliação Antropométrica .....	25
2.4.2	Determinação da Força Explosiva de Membros Inferiores (Salto Contramovimento) .....	25
2.4.3	Determinação da Força Explosiva de Membros Inferiores (Salto com Agachamento) .....	25
2.4.4	Determinação da Taxa de Utilização Excêntrica (Capacidade de Utilização do CAE).....	26
2.4.5	Estimativa do Consumo Máximo de Oxigênio ( $\dot{V}O_{2max}$ ) .....	26
2.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	27
<b>3</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	28
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	32
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	40
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	41
	<b>APÊNDICES</b> .....	51
	APÊNDICE A - Termo de consentimento livre e esclarecido.....	51

APÊNDICE B – Ficha de identificação (anamnese) .....54

**ANEXOS** .....59

## 1. INTRODUÇÃO

O desempenho físico é determinado por vários aspectos estabelecidos a partir da interação entre elementos fisiológicos e ambientais (BRAY et al., 2009; TUCKER e COLLINS, 2012). Dentre os elementos fisiológicos, fatores genéticos têm se apresentado como um campo recente de investigações por influenciar as respostas fisiológicas do organismo. Em relação às diversas possibilidades de influência genética no desempenho, aquelas que ocorrem em nível muscular esquelético têm impacto direto nas respostas geradas pelo treinamento (BEUNEN e THOMIS, 2004; OGURA et al., 2009).

A literatura aponta que as *alfa actininas* (ACTN's) configuram-se como um conjunto de proteínas associadas à distrofina que se unem à actina, apresentando importante papel na junção e fixação dos miofilamentos (MCAULEY, MANTANA e FOLLAND, 2010; MACARTHUR e NORTH, 2011). As ACTN's podem ser encontradas de quatro formas nos seres humanos, são elas: *α actina-1*, *α actina-2*, *α actina-3* e *α actina-4*, codificadas pelos seus respectivos genes (*ACTN-1*, *ACTN-2*, *ACTN-3* e *ACTN-4*). Enquanto as *ACTN-1* e *ACTN-4* fazem parte de um conjunto de proteínas não musculares, as isoformas *ACTN-2* e *ACTN-3* constituem as miofibrilas do tecido muscular (PASQUA et al., 2011; DOGAN, ASLAN e ULUCAN, 2022), estando essa última isoforma expressa somente nas fibras musculares do tipo II (MACARTHUR e NORTH 2011).

A alteração no aminoácido 577, codificado pelo gene *ACTN-3* é resultante da substituição do nucleotídeo citosina por timina (C - T), na posição 1747 do éxon 16. Esta alteração resulta numa proteína *alfa-actina 3* com códon de parada prematuro, no lugar de uma arginina, resultando no polimorfismo r577x de *ACTN-3*, originando uma proteína não funcional ou truncada da *alfa-actina 3*. (NORTH et al., 1999). Desse modo, indivíduos heterozigotos e homozigotos para o alelo R expressam uma forma funcional da *α actina-3*, enquanto homozigotos para o alelo X expressam a forma truncada (PASQUA et al., 2011).

Os genótipos heterozigotos e homozigotos de *ACTN-3*, representados pelos genótipos RX e RR, respectivamente, tem apresentado melhor associação com esportes cujas capacidades baseiam-se no predomínio da potência e velocidade (MORAN et al., 2007; WALSH et al., 2008; RUIZ et al., 2010; MA et al., 2013; ORTIZ, LAGUARTA-VAL e VARILLAS-DELGADO, 2021; JACOB et al., 2022), incluindo a

realização de *sprints* (WEYERSTRAß et al., 2018), e está presente em mais de 70% da população mundial (GARTON e NORTH, 2016). Algumas investigações estimam que a herdabilidade seja responsável por 44 a 58% da variação da capacidade de geração de força muscular entre os indivíduos (BEUNEN e THOMIS, 2004; TIAINEN et al., 2009).

Por outro lado, o genótipo XX refere-se à completa deficiência da  $\alpha$ -actinina, o qual tem sido associado a atividades de resistência aeróbia (SAUNDERS et al., 2007; CHAN et al., 2008) e aparentemente está presente entre 18% e 25% da população mundial (MILLS et al., 2011). Contudo, ainda que a ausência de  $\alpha$ -actinina 3 não esteja relacionada a nenhum fenótipo aparente, parece que a sua deficiência não apresenta comprometimento da função muscular (NORMAN et al., 2009), sendo compensada pela isoforma  $\alpha$  actinina 2, expressa no tecido muscular (PASQUA et al., 2011).

Ainda em relação aos aspectos genéticos capazes de influenciar o desempenho físico, o gene da enzima conversora de angiotensina (*ECA*) tem sido um dos mais investigados ao longo dos anos (JUFFER et al., 2009). Esse gene é responsável por codificar a proteína *ECA* a partir da catálise da angiotensina 1 inativa em angiotensina 2 (KIZI et al., 2020). As principais funções do gene da *ECA* consistem em regular a pressão arterial, manter o equilíbrio eletrolítico (em especial durante os esforços físicos) e promover a vasodilatação sobre o sistema cardiovascular e renal (KIZI et al., 2020). Localizado no cromossomo 17q23, é composto por 26 éxons e 25 íntrons, uma variação comum no gene da *ECA* dá origem ao polimorfismo de inserção (I) ou deleção (D). Enquanto o alelo I tem sido associado a uma menor atividade sérica e tecidual da *ECA* além de uma maior proporção de fibras musculares lentas (tipo 1), demonstrando estar mais bem associado ao desempenho aeróbio em atividades esportivas (CIESZCZYK et al., 2009; GUTH e ROTH 2013; GOLEVA, 2015); a presença do alelo D tem sido verificada juntamente com uma maior atividade tecidual da *ECA* e, portanto, presente em indivíduos com maior proporção de fibras musculares de contração rápida (tipo 2), os quais tendem a apresentar maiores níveis de volume e força muscular (ZHANG et al., 2003; GOLEVA, 2015).

Estudos prévios apontam que o alelo I tem sido mais associado ao desempenho de atletas de elite que competem em provas de longas distâncias, como por exemplo, corredores, montanhistas, ciclistas de estrada e remadores,

independentemente da nacionalidade (GAYAGAY et al., 1998; SCANAVINI et al., 2002; CIESZCZYK et al., 2009; SHENOY et al., 2010; TOBINA et al., 2010). Somado a isso, de acordo com a literatura, a frequência do alelo I pode ser verificada em maior proporção em praticantes de modalidades de resistência aeróbia à medida em que se elevam as distâncias de prova, em especial corredores e nadadores (MYERSON et al., 1999; TSIANOS et al., 2004). Em paralelo, a presença do alelo D tem sido observada em esportes individuais e coletivos que envolvam predomínio das capacidades físicas de força, velocidade e explosão (AHMETOV et al., 2010; CIESZCZYK et al., 2016).

Nesse sentido, um estudo de revisão sistemática conduzido por Jones, Montgomery e Woods (2002) evidenciou que dentro de uma população caucasiana a distribuição dos genótipos da eca (II, ID e DD) ocorrem aproximadamente na proporção de 25, 50 e 25%, respectivamente. Essa informação é sustentada por Wang et al., 2013, os quais comprovaram que em um grupo (n:200) de atletas de nado caucasianos (curta, média e longa distância), houve a distribuição de 24,20% com a variante II, 47% DI e 28,20% DD. Ambos os autores também encontraram uma maior prevalência da variante DI para outro grupo de nadadores asiáticos (curta, média e longa distância) (n:326), embora houvesse maior diferença percentual entre as variantes em comparação com os caucasianos, constatando, portanto, a presença de 43,10% de atletas com genótipo II, 49,50% DI e 7,50% DD. Da mesma forma, ao genotipar corredores de elite caucasianos em função do tipo de prova (curta, média e longa duração), Papadimitriou et al., (2018) observaram que, dentre o sexo masculino, 21% (n:204) apresentavam a variante II da *ECA*, 46,6% (n:452) tinham a variante DI e 32,4% (n:314) a DD. Para o sexo feminino esses valores corresponderam a 20,4% II (n:91), 51,2% ID (n:229) e 28,4 DD (n:127). Porém, é importante ressaltar que existem exceções. Em relação ao trabalho conduzido por Amir et al., (2007) constatou-se uma maior frequência do alelo D e genótipo DD com um grupo de corredores maratonistas em função de velocistas, sugerindo a possibilidade de uma relação positiva entre a presença do alelo D a atletas de elite de longas distâncias de determinados grupos étnicos.

Considerando o contexto do treinamento de corredores, é consenso que dentre as estratégias voltadas à melhora do desempenho, a combinação entre os modelos de treinamento aeróbio contínuo e treinamentos intervalados de alta intensidade consiste em uma importante tática aplicada ao aumento do

rendimento (LAURSEN e JENKINS, 2002; TSCHAKERT e HOFMANN, 2013). Enquanto o treinamento aeróbio contínuo eleva os valores de consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ ) e melhora a capacidade oxidativa do músculo por meio do aumento do volume de sangue, capilares sanguíneos e enzimas oxidativas (JONES e CARTER, 2000), a literatura aponta que essas modificações são limitadas a indivíduos com maior tempo de treinamento (LAURSEN e JENKINS, 2002).

Nos últimos anos uma nova categoria de treinamento intervalado de alta intensidade (*high intensity interval training - HIIT*) conhecida como treinamento intervalado de *sprints* repetidos (*sprint interval training -SIT*) que envolve esforços supra máximos “all out”, em virtude de se tratar de um método de treino que visa ser aplicado considerando a capacidade de esforço máximo individual tem sido utilizado em uma variedade de investigações (BAYATI et al., 2011; HAZELL et al., 2010), demonstrando ser uma ótima estratégia com eficiência de tempo capaz de gerar inúmeras adaptações metabólicas e sistêmicas (SLOTH et al., 2013; ). Duas a três sessões semanais de treinamento intervalado de *sprints* repetidos (*SIT “all-out”*) associadas ao treinamento aeróbio contínuo apresentam benefícios adicionais sobre o  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , economia de corrida (EC) e demais adaptações musculares e metabólicas (OLEK et al., 2018; FERNÁNDEZ, SANTOS-CONCEJERO, GRIVAS, 2016). Embora ambos os modelos de treinamento (aeróbio e anaeróbio) sejam capazes de promover o aperfeiçoamento no desempenho da corrida, sabe-se que enquanto alguns indivíduos respondem de forma positiva a um determinado modelo de treinamento físico (alta resposta), outros podem responder de forma pequena ou moderada a um treino similar (SKINNER et al., 2001). Essas variações demonstram relação com os polimorfismos para *ACTN-3*, os quais podem impactar diretamente à medida com que o treinamento é capaz de promover respostas no organismo (como alterações de processos inflamatórios e melhora do rendimento esportivo) (BAUMERT et al., 2016).

Exercícios extenuantes que envolvam contrações musculares excêntricas durante as ações de aceleração e desaceleração na realização de *sprints* em alta velocidade (OPAR et al.,2012), como o *SIT*, são capazes de alterar a resposta inflamatória (ZWETSLOOT et al., 2014), impactando em maior grau a capacidade de recuperação e predispor a maior suscetibilidade de lesões, relacionadas principalmente ao tecido muscular (REILLY e WILLIAMS, 2003).

Embora esse tipo de exercício seja capaz de promover importantes adaptações metabólicas no organismo, certos indivíduos quando submetidos a esse modelo podem apresentar menor propensão a lesões, menor dano muscular e melhor recuperação, sendo que, essa variação interindividual demonstra estar relacionada a determinados polimorfismos genéticos (SCALCO et al., 2015; LARRUSKAIN et al., 2018) capazes de alterar a estrutura muscular e impactarem diretamente as respostas oriundas do treinamento (BEUNEN e THOMIS, 2004; OGURA et al., 2009).

Apesar de o fator genético influenciar diretamente a magnitude das respostas oriundas do treinamento esportivo, a identificação genética no esporte ainda é considerada um campo recente de investigações. Enquanto a maioria dos estudos se concentraram em investigar a frequência dos polimorfismos do *ACTN-3* e da *ECA* em atletas de diferentes esportes (SAUNDERS et al., 2007; PAPADIMITRIOU et al., 2018; ROCHA et al., 2020; RIBAS et al., 2020; ALMEIDA 2021; PASQUALETTI et al., 2022; CABRERA et al., 2022) outros objetivaram investigar a prevalência desses polimorfismos em determinados grupos étnicos (YANG et al., 2007; FATTAHI e NAJMABADI, 2012; YUSOF et al., 2017). Em menor proporção algumas poucas investigações pautaram-se em investigar os fenótipos musculares associados a esses polimorfismos em praticantes de diferentes modalidades (GOH et al., 2009; DAROS 2014; DIONÍSIO et al., 2017) e indivíduos não atletas (SANTIAGO et al., 2010; ERSKINI et al., 2014; MORAES et al., 2018).

Enquanto a maioria dos estudos que se propuseram investigar a relação entre aspectos genéticos e o desempenho esportivo dedicaram-se a estudar atletas de alto rendimento, ainda são escassos os estudos que dizem respeito à genômica esportiva de esportistas recreacionais (DEL COSO et al., 2019). Não foi encontrado nenhum estudo que verificasse a influência dos polimorfismos do *ACTN-3* e *ECA* sobre o desempenho de corredores recreacionais moderadamente treinados quando submetidos ao *SIT*. Desse modo, existe a necessidade de conhecer como os diferentes polimorfismos desses genes se relacionam a esse tipo de exercício, a partir da compreensão das alterações sobre as variáveis de desempenho.

Considerando que os genótipos RR e RX do gene *ACTN-3* e DD e DI da *ECA* apresentam associação com uma série de eventos de curta duração, enquanto o XX e II, respectivamente do *ACTN-3* e *ECA* demonstram estar relacionados a atividades de longa duração, questiona-se: os genótipos do *ACTN-3* (RR, RX e XX) e da *ECA*

(DD, DI e II) influenciam o desempenho físico de corredores recreacionais quando submetidos ao treinamento intervalado de sprints repetidos (*SIT "all out"*)?

De acordo com as informações disponíveis na literatura, hipotetizamos que os diferentes genótipos do *ACTN-3* e *ECA* sejam capazes de influenciar em maior ou menor magnitude as adaptações ao treinamento e, conseqüentemente as variáveis de desempenho investigadas. Acreditamos que os genótipos XX do *ACTN-3* e/ou II da *ECA* estejam mais bem relacionados ao incremento da capacidade aeróbia, enquanto os genótipos RR do *ACTN-3* e/ou DD da *ECA* estejam mais bem relacionados à benefícios na capacidade anaeróbia (força muscular, velocidade e explosão). Em relação aos genótipos RX do *ACTN-3* e/ou ID da *ECA*, nossa hipótese é que as adaptações geradas pelo treinamento e o resultado dos testes de desempenho sejam semelhantes aos homozigotos (RR do *ACTN-3* e/ou DD da *ECA*).

Os resultados obtidos podem trazer informações importantes à área do esporte em relação ao planejamento e aplicação das cargas de treino para essa população, uma vez que a identificação da relação entre fenótipos musculares e genótipos específicos favorecem a identificação de determinados padrões na magnitude das respostas geradas frente a esse tipo de exercício específico, podendo contribuir com técnicos e praticantes de corrida na individualização do treinamento, a partir da maximização do processo de adaptação e recuperação frente ao *SIT*, reduzindo o risco de lesões por sobrecarga a determinados grupos específicos.

## **1.2 OBJETIVO**

Investigar a relação entre os genótipos do gene *ACTN-3* e da *ECA* com indicadores de desempenho em corredores recreacionais quando submetidos a um protocolo de treinamento *SIT "all out"*.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os participantes foram informados previamente sobre os procedimentos do estudo e assinaram a um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (apêndice A). A presente investigação foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, sob o parecer número: 5.258.910 (anexo A), sendo conduzido a partir dos princípios éticos da Declaração de Helsinki.

### 2.1 POPULAÇÃO E AMOSTA

A população foi caracterizada por corredores recreacionais. A amostra foi composta por 15 homens ( $42 \pm 6,9$  anos,  $80 \pm 10$ kg e  $163,9 \pm 45,4$  cm) e 26 mulheres ( $37,8 \pm 8,8$  anos,  $63,7 \pm 9,4$ kg e  $150,3 \pm 44,1$  cm) de etnia caucasiana, integrantes do projeto de extensão Unioeste *Runners*, vinculado ao curso de Educação Física da Universidade Estadual do Oeste do Paraná da cidade de Marechal Cândido Rondon- PR. Para a seleção da amostra foi adotado o procedimento de amostragem intencional não probabilística por conveniência.

Foram considerados como critérios de inclusão a experiência de no mínimo seis meses na modalidade; mínimo de duas sessões de treinamento de corrida por semana; ritmo entre 4 e 6 min por km para corridas de 5 km; serem isentos de limitações físicas, doenças respiratórias, cardiovasculares, diabetes e hipertensão. Adotou-se como critérios de exclusão a participação inferior a 75% nas sessões *SIT* durante o período de intervenção.

### 2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O estudo consistiu em uma pesquisa de natureza longitudinal. Todos os participantes foram incluídos de forma voluntária no estudo. Em um primeiro momento, os indivíduos foram contactados pessoalmente na pista de atletismo onde treinavam regularmente e informados sobre os procedimentos. Em datas pré-agendadas com os voluntários do estudo, estes foram orientados a se dirigirem ao laboratório de avaliação do desempenho no esporte (LADESP) da Universidade

Estadual do Oeste do Paraná e na pista de atletismo da instituição para a primeira etapa de avaliações, mantendo um tempo prévio de jejum de pelo menos uma hora.

A 1ª visita foi composta pelo preenchimento do termo de consentimento livre e esclarecido (apêndice A), uma ficha de anamnese (apêndice B). Foram coletadas ainda amostras salivares para o processo de genotipagem do *ACTN-3* e gene da *ECA*, além de serem aferidos os valores de massa corporal total e estatura. Na 2ª visita, os indivíduos foram familiarizados com a placa de salto. Posteriormente, foram executadas séries de saltos verticais contramovimento e saltos com agachamento. Em seguida, aplicou-se o “20 m *Shuttle run test*” para determinar os valores relativos ao consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ).

Todos os participantes foram instruídos a realizar os testes motores na maior intensidade possível, além de serem informados a absterem-se do consumo de álcool e cafeína por pelo menos 48 horas antes dos testes físicos, evitando também a prática de exercícios extenuantes durante esse período.

A partir de então, os participantes foram submetidos durante o período de doze semanas ao modelo de treinamento *SIT “all out”*, mantendo a frequência de duas sessões por semana e um intervalo mínimo de 48 h entre elas. As sessões consistiram na aplicação de três e seis séries de 5 a 10 *sprints* cobrindo as distâncias de 40, 60, 80 e 140 metros de esforços individuais, compreendidas por

O volume semanal variou entre aproximadamente 5 e 14 quilômetros. Ao final do programa de treino as avaliações iniciais foram reaplicadas. Salienta-se que durante todo o protocolo de intervenção, a pesquisadora acompanhou todas as sessões de treinamento dos indivíduos, monitorando a presença dos participantes bem como as cargas aplicadas.

## 2.3 GENÉTICA

### 2.3.1 Extração de ácidos nucleicos

Foi orientado aos participantes do estudo pelo menos 1h após a escovação dos dentes, enxaguar a boca com 5 ml de solução de sacarose (3%) por 60 segundos. Com a solução na boca, esfregaram a língua sobre a mucosa bucal e dentes. Em seguida, depositaram a solução de sacarose com a saliva em tubos de 15ml.

Posteriormente, foi adicionado ao tubo 3µl da solução TNE (17mM de Tris/HCl pH8.0, NaCl 50mM e 7mM de EDTA) diluída em 66% de etanol e homogeneizado. Em seguida, centrifugou-se durante 10 min a 3000rpm a temperatura ambiente e, logo após, retirou-se o sobrenadante e as células foram ressuspendidas em 1µl de TNE. Posteriormente, centrifugou-se novamente os tubos a 2000 rpm por 5 min e verteu-se o sobrenadante.

Foi adicionado 1,3µl de solução de lise (Tris 10mM pH8.0, 0,5% de SDS, EDTA 5mM) e 10 µl de proteinase K (20mg/mL) e vortexado vigorosamente durante 5 s. A mistura foi incubada *overnight* a 55°C e, após esse período, transferida 1,4µl para um microtubo de 2 µl.

No dia seguinte, foi adicionado 500µl de solução contendo 8M acetato de amônio, 1mM EDTA, seguido por vórtex vigoroso por 5s com posterior centrifugação a 14.000rpm durante 10 min. Posteriormente, retirou-se 900µl do sobrenadante que foram distribuídos em dois microtubos contendo 540 µl de isopropanol e misturado suavemente (invertendo) por aproximadamente 20 vezes. Logo após, centrifugou-se a 14000 rpm por 5 min.

Por fim, o sobrenadante foi retirado por inversão do tubo. Adicionou-se um volume de 2µl de etanol 70% e centrifugou-se a 14000 rpm por 5 min. Em seguida foi descartado o sobrenadante. Após secagem do *pellet* por 45 a 60 min, o DNA foi ressuspendido em 100µl de tampão TAE (10mM Tris pH7.8 e EDTA1mM).

A concentração de DNA (ng/µl) foi estimada por comparações com o DNA do fago lambda (DNA Lambda; Invitrogen) na concentração de 50 ng/µl. A pureza das amostras foi verificada por avaliações espectrofotométricas (razões entre A260nm/A230nm e A260nm/A2380nm) utilizando o BioDrop µLITE. Na figura 1 é possível observar a obtenção do *pellet* e sobrenadante a partir da etapa de centrifugação.

### 2.3.2 Genotipagem do polimorfismo R577X do gene ACTN3

A genotipagem foi conduzida a partir do uso de sonda TaqMan (Applied Biosystems ID rs 1815739). A sonda marcada com o fluoróforo VIC foi capaz de detectar o polimorfismo T (X), enquanto a sonda marcada com fluoróforo FAM, detectou o polimorfismo C (R).

As reações foram conduzidas com volume final de 10 µL. Em cada reação houve a presença da sonda TaqMan 20x (rs1815739) (Applied Biosystems, Foster City, CA, USA), 0,25 µM de dNTPs (Ludwig, Biotec), 3 mM de MgCl<sub>2</sub>, tampão da PCR 1x (20mM Tris-HCl pH 8,4; 50 mM KCl) e 0,25U de Taq DNA polimerase (Ludwig, Biotec, Porto Alegre, RS, BRA) e 100ng de DNA genômico. Em seguida, as reações de qPCR foram conduzidas em termociclador Lightcycler® Nano (Figura 2), com prévia desnaturação inicial de 95°C por 5 min. seguidas por 40 ciclos de 94°C por 10s, 60°C por 15s, 72°C por 10s. Os dados da genotipagem foram analisados com o software LightCycler Nano versão 1.1.

### 2.3.3 Genotipagem do polimorfismo I/D do gene da enzima conversora de angiotensina (*ECA*)

Para a análise do polimorfismo da *ECA* (I/D), foram seguidas as diretrizes do estudo conduzido por Lindpaintner et al. (1995), a partir do qual os alelos I e D foram identificados com base na amplificação da Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), considerando a amplificação dos respectivos fragmentos no íntron 16 do gene da *ECA* e fracionando a amostra. A visualização ocorreu por eletroforese.

As reações de amplificação de um fragmento do intron 16 do gene *ECA* foram realizadas com volume final de 25 µL, utilizando 2,5 µL de tampão de PCR 1x (20mM Tris-HCl pH 8,4; 50 mM KCl) e 0,25U de Taq DNA polimerase (Ludwig, Biotec), 0,25 µM de dNTPs (Ludwig, Biotec), 3 mM de MgCl<sub>2</sub>, 0,4 pMoL de cada oligonucleotídeo (hace 3s 5' TGGGACCACAGCGCCCGCCACTAC 3' e hace 3as 5' TCGCCAGCCCTCCCATGCCCATAA 3') e 100ng de DNA genômico. As reações de PCR foram conduzidas em um termociclador T100 (Bio-Rad), com prévia desnaturação inicial de 94°C por 5min. seguidas por 35 ciclos de 94°C por 30s, 56°C por 45s, 72°C por 2min., e extensão final de 72°C por 7 min. Os produtos amplificados foram visualizados por eletroforese 1% e as imagens capturadas por fotodocumentador Quantum ST4 (Biosystems). Os produtos amplificados referentes aos alelos D e I foram observados pela presença de amplicons de 318pb e 597pb, respectivamente.

Em amostras heterozigotas o alelo D é preferencialmente amplificado e devido a este fato foi realizada uma segunda reação de PCR em todas as amostras dos indivíduos analisados. Nesta etapa foram utilizados os seguintes

oligonucleotídeos 5' TGGGACCACAGCGCCCGCCACTAC 3' e 5' TCGCCAGCCCTCCCATGCCATAA 3' descritos por Lindpaintner et al. (1995). As condições de reação foram as mesmas citadas acima, com exceção da temperatura de anelamento de 67°C. Na presença do alelo I foi observado um único amplicon de 335pb e este mesmo amplicon foi ausente na presença do alelo D em homozigose.

## **2.4 AVALIAÇÕES ANTROPOMÉTRICAS E DE DESEMPENHO FÍSICO**

### **2.4.1 Avaliação antropométrica**

A massa corporal dos indivíduos foi mensurada por meio da utilização de uma balança digital (Omron, HBF-514C, Kyoto, Japão). Para a obtenção da medida da massa corporal, os participantes do estudo foram orientados a retirarem o calçado, usarem o mínimo de vestimenta possível e permanecerem em pé sobre a balança, mantendo o corpo ereto (ROCHA; GUEDES JUNIOR, 2013).

A estatura foi determinada a partir de um estadiômetro portátil com precisão de 0,1 cm. Os participantes foram orientados a não utilizarem o calçado no momento da avaliação, além de se posicionarem com os pés encostados à parede, manterem-se em apnéia e com a posição da cabeça no plano de Frankfurt (ROCHA; GUEDES JUNIOR, 2013).

### **2.4.2 Determinação da força explosiva de membros inferiores (salto contramovimento)**

Essa variável foi determinada a partir da realização da técnica de salto vertical contramovimento (CMJ) (BOSCO, 1993). O sujeito, inicialmente, manteve-se na posição em pé com as mãos fixas à cintura pélvica e os pés paralelos e separados aproximadamente à largura dos ombros. Posteriormente, ao comando do avaliador, efetuou um movimento de agachamento seguido por um movimento de salto sobre uma plataforma de salto sensorizada conectada ao *software Jump System 1.0* (CEFISE®, São Paulo, Brasil), visando atingir a maior altura possível sem retirar as mãos da cintura e/ou recolher os pés ou jogá-los à frente. A força foi expressa em

cm e obtida através da altura alcançada na melhor das três tentativas de salto com intervalos de 30 s entre elas.

#### 2.4.3 Determinação da força explosiva de membros inferiores (salto com agachamento)

A técnica de salto vertical com agachamento (*squat jump* - SJ) foi executada de acordo com o protocolo proposto por Bosco (1993). Para realização do salto, o indivíduo manteve-se inicialmente na posição em pé com as mãos fixas à cintura sobre uma plataforma sensorizada conectada ao *software Jump System 1.0* (CEFISE®, São Paulo, Brasil). Ao comando do avaliador, realizou um movimento de meio agachamento flexionando joelhos, quadris e tornozelos, sem, no entanto, retirar o calcanhar do solo, mantendo os joelhos em um ângulo de aproximadamente 90° durante cinco segundos. Após esse tempo, o avaliador deu o comando para que o indivíduo realizasse o salto sobre a plataforma. Foram realizadas três tentativas de salto com 30 s de intervalo entre elas a partir da utilização de um *software*. O melhor resultado obtido em cm foi selecionado para expressar o valor de força evidenciado.

#### 2.4.4 Determinação da taxa de utilização excêntrica (capacidade de utilização do CAE)

Esse índice foi expresso por meio da relação entre a altura do salto em posição agachada (SJ) e a altura obtida no salto contramovimento (CMJ), conforme proposto por McGuigan et al., (2006). Para obtenção dessa medida, dividiu-se a altura obtida pelo indivíduo no SJ pela altura no CMJ. Quando o valor encontrado para a taxa de utilização excêntrica (TUE) foi maior de 1, melhor foi a capacidade de utilização do CAE. Quanto mais distantes do valor 1, no sentido negativo, menor foi a capacidade de utilização do CAE.

#### 2.4.5 Estimativa do consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ )

A estimativa do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  foi realizada a partir do teste de 20m – *Shuttle Run Test* (vai-e-vem) proposto por Léger e Lambert (1982) e validado por Duarte e Duarte (2001). Este foi realizado por meio de corridas progressivas de idas e voltas em uma distância de 20m, delimitado em cada ponto por 2 cones. O ritmo foi controlado por um sinal sonoro “bip” que indica a velocidade a ser percorrida em

cada estágio. O teste iniciou a uma velocidade de 8,5 km/h, sendo que, a cada minuto foi aumentado 0,5 km/h até a exaustão voluntária do indivíduo. Portanto, o último estágio foi anotado para se obter o  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  em ml.kg.min<sup>-1</sup> por meio da fórmula para pessoas  $\geq 18$  anos:  $y = - 24,4 + 6,0 (X)$ , sendo que y se refere ao  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  (ml.kg.min-1) e X a velocidade em km/h<sup>-1</sup> (final do estágio).

## 2.5 Análise estatística

Para as análises estatísticas, foi utilizado o software SPSS versão 20.0. Inicialmente, foi aplicado o teste de normalidade de *Kolmogorov Smirnov* e o teste de *Levene* para homogeneidade das variâncias. A ANOVA de uma entrada foi utilizada para comparar o desempenho nos testes em função dos diferentes grupos genéticos. Posteriormente, o post-hoc de *Tukey* foi aplicado quando foram verificados valores significativos para as variáveis. O valor de significância adotado foi  $P < 0,05$ .

### 3 RESULTADOS

A descrição das características dos participantes deste estudo bem como em função dos genótipos RX e XX do *ACNT-3* são apresentadas na tabela 1. Não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre as variantes genotípicas e as variáveis investigadas.

**Tabela 1** –Descrição das características dos participantes do estudo no período pré-treino de acordo com o genótipo *ACTN-3*.

Variáveis	Total (n=41)	RX (n=32)	XX (n=9)
<b>Sexo</b>	F=26; M=15	F=19; M=13	F=7; M=2
<b>Idade (anos)</b>	39,5±8,4 [23-56]	39,9±8,3 [23-56]	37,6±8,8 [26-49]
<b>Estatura (cm)</b>	155,3±44,5 [164-187]	156±41,7 [167-187]	149,6±55,8 [164-180]
<b>Massa corporal (kg)</b>	69,8±12,4 [49,7-97,7]	69,2±12,2 [49,7-97,7]	72,1±13,9 [54,1-92]
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	24,5±2,8 [19,6-2,5]	24,4±2,5 [19,6-29,2]	24,9±3,7 [21,1-32,5]
<b>Tempo de prática</b>			
< 6 meses	29,3%	29%	33,3%
6 meses – 1 ano	31,7%	33,1%	22,2%
> 1 ano	39,0%	37,8	44,4%
<b>VO<sub>2máx</sub> (ml.kg.min<sup>-1</sup>)</b>	37,6±5,3 [29,6-50,6]	37,8±5,7 [29,6-50,6]	37±3,7 [31,7-42,4]
<b>CMJ (cm)</b>	22±5,4 [10,5-40,7]	22,4±5,9 [10,5-40,7]	20,7±2,9 [14,9-24,1]
<b>SJ (cm)</b>	19,3±4,9 [11,4-36,5]	19,8±5,4 [11,4-36,5]	17,8±1,8 [15,3-20,2]
<b>TUE</b>	0,8±0,1 [0,6-1,2]	0,8±0,1 [0,6-1,2]	0,8±0,1 [0,7-1]

[ ]:valores mínimos e máximos; cm: centímetros; kg: quilogramas; ml.kg.min<sup>-1</sup>: mililitros por quilograma por minuto; %: percentual; IMC: índice de massa corporal; kg/m<sup>2</sup>: quilogramas por metro ao quadrado; VO<sub>2máx</sub>: consumo máximo de oxigênio; CMJ: salto contramovimento; SJ: salto com agachamento; TUE: taxa de utilização excêntrica.

A descrição das características da amostra total no período pré-treinamento e de acordo com os genótipos DI, DD e II da *ECA* pode ser verificada na tabela 2 abaixo. Não foi verificada nenhuma diferença estatisticamente significativa entre as variantes genotípicas e as variáveis investigadas.

**Tabela 2** – Características descritivas dos participantes do estudo de acordo com o genótipo da *ECA* no período pré-treinamento.

Variáveis	Total (n=41)	DI (n=14)	DD (n=22)	II (n=5)
<b>Sexo</b>	F=26; M=15	F=10; M=4	F=12; M=10	F=4; M=1
<b>Idade (anos)</b>	39,5±8,4 [23-56]	38,5±9,5 [26-56]	38,9±7,9 [23-53]	44±6,5 [39-55]
<b>Estatuta (cm)</b>	155,3±44,5 [164-187]	165±9,7 [156-181]	169,6±9,1 [153-187]	167,2±6,7 [158-174]
<b>Massa corporal (kg)</b>	69,8±12,4 [49,7-97,7]	64,3±10 [52,7-82,3]	72,4±13,3 [49,7-97,7]	76,4±13,1 [59,6-91,9]
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	24,5±2,8 [19,6-2,5]	23,4±2,4 [19,6-27,5]	24,7±2,5 [21,2-29,7]	27,1±3,7 [23,6-32,5]
<b>Tempo de prática</b>				
< 6 meses	29,3%	14,2%	36,8%	60%
6 meses – 1 ano	31,7%	42,8%	21%	40%
> 1 ano	39,0%	42,8%	42,1%	
<b>VO<sub>2máx</sub> (ml.kg.min<sup>-1</sup>)</b>	37,6±5,3 [29,6-50,6]	37,8±5,8 [29,6-44,6]	38,8±5,5 [29,6-50,6]	37,4±4,4 [32,6-43]
<b>CMJ (cm)</b>	22±5,4 [10,5-40,7]	22,4±3,5 [16,6-29,4]	23,5±5,8 [16,2-40,7]	21,3±4 [10,5-24,8]
<b>SJ (cm)</b>	19,3±4,9 [11,4-36,5]	19,8±3,2 [16,1-27,7]	20,5±6 [11,4-36,5]	18,6±3,6 [13-22,7]
<b>TUE</b>	0,8±0,1 [0,6-1,2]	0,8±0,1 [0,7-1]	0,8±0 [0,6-0,9]	0,9±0 [0,9-1]

[ ]:valores mínimos e máximos; cm: centímetros; kg: quilogramas; ml.kg.min<sup>-1</sup>: mililitros por quilograma por minuto; %: percentual; IMC: índice de massa corporal; kg/m<sup>2</sup>: quilogramas por metro ao quadrado VO<sub>2máx</sub>: consumo máximo de oxigênio; CMJ: salto contramovimento; SJ: salto com agachamento; TUE: taxa de utilização excêntrica.

A relação entre os genótipos do *ACTN-3* com o desempenho nos testes físicos aplicados pode ser observada na tabela 3 a seguir. Não foram evidenciadas diferenças estatisticamente significativas ao comparar as variáveis de desempenho com os genótipos.

**Tabela 3** – Relação entre os genótipos do *ACTN-3* com as variáveis de desempenho físico no período pós-treino

Variável	Genótipo	Média±DP	P
VO <sub>2</sub> máx (ml.kg.min <sup>-1</sup> )	RX	39,8±4,4	0,99
	XX	39,8±4,1	0,99
CMJ (cm)	RX	21,1±2,3	0,32
	XX	23,1±2,4	0,32
SJ (cm)	RX	18,9±1,8	0,29
	XX	20,8±2	0,29

cm: centímetros; ml.kg.min<sup>-1</sup>: mililitros por quilograma por minuto; VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxigênio; CMJ: countermovement jump; SJ: squat jump; DP: desvio padrão.

A relação entre os genótipos da *ECA* e os indicadores de desempenho físico pode ser verificada na tabela 4 abaixo. Diferenças estatisticamente significativas (P:0.02) foram observadas na altura do salto contramovimento ao comparar o desempenho dos participantes com o genótipo DD (23,9±2,9) e II (17,2±3,1) da *ECA* após período de treinamento.

**Tabela 4** – Relação entre os genótipos da *ECA* com as variáveis de desempenho físico

Variável	Genótipo	Média±DP	P
VO <sub>2</sub> máx (ml.kg.min <sup>-1</sup> )	DI	40,8±3,1	0,80
	DD	40,3±3,5	0,80
	II	36,4±5,7	0,87
CMJ (cm)	DI	22,8±3,3	0,64
	DD	23,9±2,9	0,02*
	II	17,2±3,1	0,02*
SJ (cm)	DI	20,9±2,7	0,91
	DD	21,1±2,1	0,08
	II	16,7±3	0,15

cm: centímetros; ml.kg.min<sup>-1</sup>: mililitros por quilograma por minuto; VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxigênio; CMJ: salto contramovimento; SJ: salto com agachamento; DP: desvio padrão; \*: diferença estatisticamente significativa.

A relação entre genótipos do *ACTN-3*, *ECA* e os resultados dos testes de desempenho físico é apresentada na tabela 5. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes.

**Tabela 5** – Relação entre os genótipos do *ACTN-3* e *ECA* com as variáveis de desempenho físico

Variável	Genótipo ACTN3	Genótipo ECA	Média±DP	P
<b>VO<sub>2</sub>máx</b> (ml.kg.min <sup>-1</sup> )	<b>RX</b>	<b>DI</b>	38,8±2,2	0,98
		<b>DD</b>	41,1±1,4	0,57
		<b>II</b>	36,3±2,6	0,30
	<b>XX</b>	<b>DI</b>	44±1,2	0,33
		<b>DD</b>	39,8±1,7	0,40
		<b>II</b>	36,6±3,1	0,20
<b>CMJ (cm)</b>	<b>RX</b>	<b>DI</b>	22,6±1,7	0,46
		<b>DD</b>	24,4±1,2	0,05
		<b>II</b>	18±1	0,05
	<b>XX</b>	<b>DI</b>	22±2,1	0,19
		<b>DD</b>	24,2±1,4	0,71
		<b>II</b>	17±1,1	0,19
<b>SJ (cm)</b>	<b>RX</b>	<b>DI</b>	21,6±1	0,80
		<b>DD</b>	21±1,1	0,80
		<b>II</b>	17,7±1,2	0,67
	<b>XX</b>	<b>DI</b>	19,7±1,3	0,93
		<b>DD</b>	20,2±2,1	0,67
		<b>II</b>	12,7±1,1	0,22

cm: centímetros; ml.kg.min<sup>-1</sup>: mililitros por quilograma por minuto; VO<sub>2</sub>máx: consumo máximo de oxigênio; CMJ: salto contramovimento; SJ: salto com agachamento; DP: desvio padrão.

## 4 DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi investigar a relação entre os genótipos do gene *ACTN-3* e da *ECA* com indicadores de desempenho em corredores recreacionais quando submetidos a um protocolo de treinamento *SIT* “all out”. Para nosso conhecimento, este é o primeiro estudo que comparou as variantes genóticas do *ACTN-3* e *ECA* com o desempenho de corredores recreacionais moderadamente treinados quando submetidos a um protocolo de treino de *sprints* repetidos (*SIT*). Em virtude das poucas investigações disponíveis na literatura visando identificar a relação entre genótipo e fenótipo de esportistas recreacionais, esse tipo de estudo visa auxiliar a compreender melhor a distribuição dos polimorfismos genéticos com essa população e a relação com as possíveis adaptações fisiológicas frente a um programa de treino, o que pode contribuir futuramente para o estabelecimento de treinamentos físicos personalizados (PASQUALETTI et al., 2022).

Nossos resultados mostraram dois principais achados: (1) não houveram diferenças significativas entre os genótipos do *ACTN-3* e *ECA* com os resultados dos testes de desempenho físico; (2) corredores que apresentaram o genótipo DD da *ECA* obtiveram maior altura no salto CMJ em comparação com o genótipo II. Desse modo, as informações evidenciadas sugerem que o treinamento conduzido com corredores recreacionais deste estudo demonstrou não impactar em diferenças nos resultados dos testes físicos dos participantes quando estes foram relacionados aos genótipos do *ACTN-3* ou *ECA*. Esses resultados refutam a hipótese inicial do nosso estudo e o relato de outros, os quais não encontraram nenhuma relação entre atividades predominantemente aeróbias com os genótipos XX do *ACTN-3* e/ou II da *ECA* (AHMETOV et al., 2010; DÖRING et al., 2010; RANKINEN et al., 2000; GARRET et al., 2011; PAPADIMITRIOU et al., 2018) e atividades de força ou potência muscular com os genótipos RR e/ou DD para o *ACTN-3* e *ECA*, respectivamente (LEVI et al., 2011; ERSKINI et al., 2014; LI et al., 2015; AKKOÇ et al., 2020). Diante das divergências observadas na literatura, é importante frisar que a maioria dos estudos que investigaram a relação entre os polimorfismos do *ACTN-3* e/ou *ECA* com o desempenho foram conduzidos com atletas de elite.

Considerando o *SIT*, enquanto estudos prévios demonstram que protocolos com esforços com intensidades muito altas  $\leq 30$  s intercalados com períodos de

recuperação relativamente longos (~ 4 min) foram capazes de gerar uma série de adaptações metabólicas (incrementos na potência aeróbia, melhora da potência pico, potência média e redução no desempenho contrarrelógio, por exemplo) em atletas de modalidades individuais (GIBALA e McGEE, 2008; PSILANDER et al., 2010; BURGOMASTER et al., 2007; BUCHAN et al., 2011), algumas investigações, como o estudo de Burgomaster et al. (2005), não identificaram incrementos na mesma proporção para os índices fisiológicos investigados em indivíduos recreacionalmente ativos mas não treinados. Apesar de utilizar o mesmo protocolo de *SIT* dos estudos citados anteriormente (intensidade muito altas  $\leq 30$  s intercalados com períodos de recuperação relativamente longos ~ 4 min), os autores evidenciaram que após duas semanas houve aumentos significativos no potencial oxidativo muscular e que a capacidade de atividade de resistência no desempenho aeróbio de ciclismo do grupo dobrou em relação ao momento inicial, sem, no entanto, verificar qualquer alteração sobre o pico no consumo máximo de oxigênio.

Conforme apontado por Markovic e Mikulic, (2010); Laia et al., (2018) indivíduos menos experientes na prática de exercícios físicos tendem a estar mais propensos às sensíveis adaptações cardiorrespiratórias promovidas pelos modelos de treinamento de *HIIT* quando em comparação com atletas de maior desempenho sugerindo, portanto, que em indivíduos treinados essas modificações possam ser limitadas (LAURSEN e JEKINS, 2002). Desse modo era de se esperar que indivíduos menos experientes e com menor nível de treinamento quando submetidos por exemplo ao *SIT* apresentassem melhores adaptações quanto às variáveis fisiológicas em comparação com indivíduos mais experientes. Assim, é difícil explicar por que não houve alteração no pico de consumo máximo de oxigênio dos indivíduos incluídos no estudo de Burgomaster et al., 2005, mas sim, alterações positivas nas demais variáveis investigadas.

Em contrapartida, outras investigações com atletas experientes e moderadamente treinados que fizeram uso de modelos de *SIT* com esforços de maior duração (>30 s) e menor intensidade (potência mínima) executados até a exaustão em potência máxima (LAURSEN et al., 2002) ou (> 30 s) e manutenção da intensidade da velocidade de corrida associada ao consumo máximo de oxigênio ( $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ ) até o tempo em exaustão em  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  (ESFARJANI e LAURSEN, 2007) demonstraram ser capazes de promover adaptações fisiológicas positivas

respectivamente nas variáveis de potência pico e desempenho contrarrelógio; incremento nos índices de  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ ,  $v\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  e redução do tempo de exaustão em  $v\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ . Esses achados levam a crer que, para indivíduos com certo tempo de treinamento sistematizado na modalidade praticada, protocolos de *SIT* com esforços de curta duração ( $\leq 30$  s) e recuperação prolongada ( $\sim 4$ min) ou esforços superiores a 30 s e tempo de recuperação proporcional à duração do esforço têm sido mais eficazes em induzir adaptações metabólicas que, por sua vez, se relacionam ao incremento dos índices fisiológicos determinantes no desempenho físico. Tal informação é reforçada por Gibala et al., (2012) e Verney, Duclos e Thivel, (2017) ao afirmarem que protocolos longos de *SIT* ( $\geq 30$ s) são difíceis de serem executados por indivíduos inexperientes ou com pouca experiência de treino devido ao fato de demandar grande esforço físico para poderem ser executados.

Nesse sentido, os estudos parecem demonstrar que em indivíduos com certo tempo de experiência de prática, tanto protocolos de *SIT* consistindo em ( $\leq 30$  s) ou ( $> 30$  s) com recuperação longa ( $\sim 4$ min) ou proporcional à duração dos esforços (1:1) durante 2 semanas têm sido capazes de gerar adaptações positivas quanto aos índices fisiológicos associados ao desempenho físico. Considerando essa informação, era de se esperar que a duração dos esforços dos *sprints* aplicadas com os sujeitos deste estudo (teoricamente entre 0 a  $\sim 30$  s, já que eles não foram controlados por tempo e sim por distâncias supostamente equivalentes) no decorrer de 12 semanas fosse capaz de promover incrementos significativos nas variáveis analisadas, os quais pudessem ser associadas significativamente às variantes genótípicas do *ACTN-3* e *ECA*. No entanto, isso não foi constatado. Somado ao fato que aproximadamente 60% (n:24) da amostra tinham entre 6 e 12 meses de treinamento em corridas de rua, era de se esperar que o protocolo de treino pudesse favorecer em maior magnitude as adaptações fisiológicas associadas ao desempenho em comparação com indivíduos mais avançados no treinamento (JONES e CARTER, 2000) porém, isso também não foi confirmado. Como os testes aplicados com os participantes deste estudo constituem testes de campo, devido à praticidade e boa aplicabilidade nessa modalidade, é importante observar que os resultados encontrados podem ter sofrido alguma variação em função de estarem mais suscetíveis à forma de execução pelos participantes (por exemplo: pequenas variações no ângulo de flexão dos joelhos é capaz de interferir na altura de salto) em

comparação com testes laboratoriais, os quais podem controlar melhor essas variações (GUEDES, 2006).

Nas últimas duas décadas foram relatadas centenas de variações genéticas que podem afetar o desempenho físico humano (ARSH, DARAIN e AL-KITANI 2020). Apesar da herdabilidade de variantes genéticas associadas ao desempenho (EYNON et al; 2013), recentemente alguns estudos têm sugerido que a ausência de uma relação entre esses aspectos também possa estar relacionada à complexa interação entre gene-gene e gene-ambiente (RUIZ et al., 2011; KOLIFARHOOD, et al. 2019; MURTAGH et al., 2020), reforçando a complexidade no estabelecimento de consensos acerca da influência dos polimorfismos do *ACTN-3* e da *ECA* sobre o desempenho. Assim, é importante considerar que o desempenho esportivo está relacionado a fatores de ordem biológica e ambiental, sendo que a análise de um ou outro gene não é o suficiente para se determinar necessariamente o fenótipo de um indivíduo (SAUNDERS et al., 2007).

Em relação ao gene da *ECA*, ao comparar corredores de curtas, médias e longas distâncias, a literatura tem apontado que existe uma relação entre o alelo I com a duração da atividade, sendo este alelo mais frequente em corredores de média e longas distâncias. Assim, estudos sugerem que a presença do genótipo II é capaz de promover adaptações fisiológicas capazes de contribuir para o incremento da capacidade aeróbia de atletas de resistência (SCANAVINI et al.,2002; COSTA et al., 2009; RALEIGH, 2012). Por outro lado, o genótipo DD demonstra estar associado com o desempenho em corridas de curta duração em função da relação exercida no incremento no percentual de fibras de contração rápida, o volume e a força muscular (AHMETOV et al., 2006). No entanto, conforme relatado por alguns estudos (TANRIVERDI et al., 2005; AMIR et al., 2007; CHIU et al., 2019), a presença do alelo D em corredores de médias e longas distâncias é capaz de conferir uma melhor contração muscular, gerando um maior recrutamento de fibras musculares e eficiência neuromuscular em atividades de resistência (FLÜCK et al., 2019).

Nesse sentido, a relação significativa evidenciada entre indivíduos com o genótipo DD da *ECA* e maiores alturas no teste de salto contramovimento com os participantes deste estudo vai ao encontro de investigações anteriores que relataram influência entre a presença do alelo D e o desempenho de força muscular. Por exemplo, ao investigar a associação entre o alelo D da *ECA* e a força muscular de

atletas de elite de ambos os sexos em modalidades de curta e média distância, Costa et al., (2009) constataram que a presença desse alelo estava associada significativamente ao melhor desempenho no salto contramovimento e, portanto, a maiores índices de força explosiva. Da mesma forma, ao avaliar a força isométrica dos membros inferiores de atletas de modalidades de *endurance*, força e esportes com características intermitentes a partir de um dinamômetro isocinético, Yusof et al., (2015) constataram que o genótipo DD da *ECA* estava associado significativamente a um maior nível de força muscular ( $113,8 \pm 36,2$ ) quando comparado ao genótipo ID ( $112,2 \pm 33,5$ ) ou II ( $96,2 \pm 28,0$ ). Assim, é importante ressaltar que, embora a literatura científica tenha evidenciado uma associação positiva entre a presença do alelo D ou genótipo DD com o desempenho em atividades que exigem força ou potência muscular (PAPADIMITRIOU et al., 2016; JEREMIC et al., 2019; ORTIZ, LAGUARTA-VAL, VARILLAS-DELGADO 2021), outros estudos não foram capazes de confirmar essa associação (LEVI et al., 2011; LI et al., 2015; AKKOÇ et al., 2020).

Sabe-se que os parâmetros de força explosiva de membros inferiores estão relacionados ao desempenho dos saltos verticais, particularmente o salto contramovimento e salto com agachamento (KRASKA et al., 2009). Enquanto no primeiro a eficiência do salto está relacionada tanto ao recrutamento neural como a energia elástica produzida a partir do ciclo de alongamento-encurtamento no segundo, esse desempenho é atribuído basicamente à capacidade de recrutamento neural das fibras musculares (BOSCO et al., 2007).

Ao analisar os resultados do presente estudo, era de se esperar que a associação significativa evidenciada entre o genótipo DD da *ECA* e o desempenho no teste de salto contramovimento pudesse ser verificada também para os demais testes neuromusculares aplicados, uma vez que essa variante demonstra estar associada com o maior percentual de fibras de contração rápida, favorecendo o ganho de volume e força muscular (GOLEVA, et al., 2015) porém, isso não foi observado. Como a eficiência do salto contramovimento se relaciona tanto à melhora do recrutamento neural como à energia elástica produzida a partir do CAE, a diferença estatisticamente significativa na altura de salto entre corredores que tinham o genótipo DD da *ECA* em comparação com o genótipo II poderia ser mais bem atribuída à melhora do componente neural, caso essa diferença tivesse sido

observada para o salto com agachamento, no entanto, isso não foi constatado. Em contrapartida, a melhora da capacidade de utilização do CAE a partir de diferenças estatisticamente significativas para os valores de TUE em relação aos genótipos DD e II era esperada, uma vez que essas diferenças foram evidenciadas para o salto contramovimento, procedimento o qual uma parte da energia para execução é proveniente do CAE (BOSCO, 2007).

Embora tenha sido observada associação entre a altura do salto CMJ e os genótipos II e DD da *ECA*, indo ao encontro com os achados de pesquisas anteriores, como não foram evidenciadas alterações significativas nos índices dos demais testes neuromusculares aplicados, não é possível afirmar que tal resultado esteja diretamente relacionado ao genótipo investigado. Apesar da genética ser determinante na composição das fibras musculares, fatores de ordem mecânica, estrutural e funcional dos músculos estão intimamente relacionados ao desempenho dos saltos verticais (KOMI, 1992). A rigidez dos tendões, a massa corporal magra de membros inferiores e a execução do próprio teste se inter-relacionam com o desempenho dessas variáveis (PEREZ-GOMEZ et al., 2008), bem como as características dos treinamentos aplicados (KOLLIAS et al., 2001).

Quanto ao modelo de treino desenvolvido com os corredores deste estudo, não é possível afirmar que este tenha sido ou não capaz de promover adaptações relevantes no componente força muscular. Nossa principal hipótese é que os estímulos executados pelos indivíduos possam não ter sido realizados em intensidades suficientes para promover essas adaptações. Como não foi realizada avaliação do nível de ativação muscular não podemos afirmar que a associação entre a altura do salto CMJ e os genótipos da *ECA* possa estar relacionada à melhora da capacidade neuromuscular. Embora suspeitemos que esse achado possa estar relacionado à fatores coordenativos relacionados à própria execução do teste (estratégia de execução), uma vez que para os demais testes que avaliaram essa capacidade não foi verificada nenhuma alteração estatisticamente significativa, não podemos desconsiderar o fato de que os parâmetros neuromusculares foram avaliados a partir de teste de campo e, portanto, tendem a apresentar maior variabilidade de medidas em comparação com testes laboratoriais onde há maior controle na obtenção das mesmas.

Assim, embora na prática em ambiente real de treino de corredores recreacionais (pista de atletismo ou rua, por exemplo) a realização de protocolos de *SIT* a partir da demarcação de distâncias seja uma estratégia comumente utilizada em programas de treinamento devido à praticidade, dispensando muitas vezes o uso de cronômetro/ relógio para executar as distâncias relativas à duração do esforço, bem como testes de campo sejam mais práticos de serem aplicados na avaliação do desempenho; para que seja possível entender de modo mais preciso a associação entre os genótipos do *ACTN-3* (RR, RX e XX) e da *ECA* (DD, DI e II) com o desempenho físico de corredores amadores quando submetidos ao treinamento intervalado de sprints repetidos, sugerimos que futuras investigações façam uso de testes considerados “padrão ouro” para a obtenção de medidas mais precisas. Além disso é importante considerar a investigação e controle de variáveis associadas, tais como massa corporal magra, rigidez do tendão, ativação muscular, entre outras.

#### Limitações

Ainda que as investigações conduzidas com atletas de alto nível geralmente apresentem maior rigor quanto aos métodos aplicados na avaliação dos fenótipos de exercício ou incluam indivíduos com níveis de aptidão física muito semelhantes, fatores capazes de melhor determinar o efeito dos genótipos sobre o desempenho físico, a utilização de um pequeno número amostral e participantes com ampla faixa etária nos estudos são condições que podem dificultar a determinação dessa relação (DEL COSO et al., 2019). Chen et al., (2017) e Silva et al., (2018) corroboram com essa informação acrescentando que o pequeno tamanho amostral dos estudos que não conseguiram confirmar uma associação de genes e variantes com o desempenho físico constitui um fator limitante na obtenção de resultados precisos pois, como os efeitos dos polimorfismos genéticos tendem a ser pequenos, um grande tamanho amostral é necessário para que se possa detectar com segurança tais efeitos.

Portanto, é possível que devido à heterogeneidade da amostra deste estudo em relação ao tempo de prática de corrida; aos resultados dos testes físicos; ao tamanho amostral (n: 41) bem como a ampla faixa etária dos participantes (23-56 anos) possam ser aspectos que tenham interferido na identificação de uma relação entre os polimorfismos do *ACTN-3* e da *ECA* com o desempenho nos testes físicos, fatores os quais também poderiam explicar a ausência de associação desses

mesmos polimorfismos com o desempenho em investigações prévias, independentemente do tipo de amostra recrutada (atletas amadores ou elite).

## 5 CONCLUSÃO

Não foram encontradas relações entre os genótipos do *ACTN-3* e da *ECA* com as variáveis de desempenho físico de corredores recreacionais moderadamente treinados após a aplicação de um programa de treinamento de *SIT*. Observou-se que indivíduos com o genótipo DD da *ECA* apresentaram maior altura no teste de salto contramovimento em comparação com o genótipo II.

## 6. REFERÊNCIAS

AHMETOV, I.I; DRUZHEVSKAYA, M; ASTRATENKOVA, I.V; POPOV, D.V; VINOGRADOVA, O. L; ROGOZKIN, V. A. The ACTN3 R577X polymorphism in Russian endurance athletes. **Br J Sports Med.**, v.44, n.9, p. 649–52, 2010.

AKKOÇ, O; SERCAN, C; KIRANDI, Ö; EROL, M; KAPICI, S; KAYHAN, R. F; ULUCAN, K. Determination of the distribution angiotensin-converting enzyme (ACE I/D) and alpha-actinin-3 (ACTN-3 R577X) among elite sprinters and middle-long distance runners in Turkey. **Progress in Nutrition.**, v. 22, n.2, 2020.

ALMEIDA, K. Y. **Frequências alélicas e genotípicas dos polimorfismos actn3 r577x e ace i/d associadas à potência e lesão muscular em atletas de futebol profissional do brasil.** 92 f. Dissertação (mestrado em biologia celular e do desenvolvimento), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis 2021.

AMIR, O; AMIR, R; YAMIN, C; ATTIAS, E; EYNON, N; SAGIV, M; MECKEL, Y. The ACE deletion allele is associated with Israeli elite endurance athletes. **Exp Physiol.**, 92 (5), 881-886, 2007.

ARSH, A; DARAIN, H; AL-KITANI, A. Effects of genetic variability on running performance in professional runners. **J Reh Health Sci.**, v. 2, n.1, p. 2-5, 2020.

BAUMERT, P; LAKE, M. J; STEWART, C. E; DRUST, B; ERSKINE, R. M. Genetic variation and exercise-induced muscle damage: implications for athletic performance, injury and ageing. **Eur J Appl Physiol.**, v. 116, n.9, 1595-1625, 2016

BAYATI, M; FARZAD, B; GHARAKHANLOU, R; AGHA-ALINEJAD, H. A. Practical Model of Low-Volume High-Intensity Interval Training Induces Performance and Metabolic Adaptations That Resemble ‘All-Out’ Sprint Interval Training. **J Sports Sci Med.**, v. 10, n.3, p. 571-576, 2011.

BEUNEN, G; THOMIS, M. A. Gene powered? Where to go from heritability in muscle strength and power? **Exerc Sport Sci Rev.**, v.1, n.32, p. 148-152, 2004.

BOSCO, C. Proposte metodologiche di valutazione delle capacità fisiche nei giovani ai fini di individuare le caratteristiche specifiche delle varie proprietà fisiologiche coinvolte nelle diverse specialità dell'atletica leggera. **Atletica studio.**, v.6, n.24, p.361-371, 1993.

BOSCO, C. **A Força Muscular.** São Paulo: Phorte; 2007.

BRAY, M.S; HAGBERG, J.M; PERUSSE, L; RANKINEN, T; ROTH, S.M; WOLFARTH, B; BOUCHARD, C. The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2006-2007 update. **Med Sci Sports Exerc.**, v 41, n.1, p.35-73, 2009.

BUCHAN, D. S; OLLIS, S; YOUNG, J.D; THOMAS, N. E; COOPER, S. M; TONG, T. K; BAKER, J.S. The effects of time and intensity of exercise on novel and established markers of CVD in adolescent youth. **Am J Hum Biol.**, v.23, n.4, p. 517-526, 2011.

BURGOMASTER, K. A; HOWARTH, K.R; PHILLIPS, S.M; RAKOBOWCHUK, M; MACDONALD, M.J; MCGEE, S.L; GIBALA, M.J. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans. **J Physiol.**, v. 586, n.1, p.151-160, 2007.

BURGOMASTER, K. A; HUGHES, S. C; HEIGENHAUSER, G. J; BRADWELL, S. N; GIBALA, M. J. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. **J App Physiol.**, v.98, n.6, p. 1985-1990, 2005.

CABRERA, P. F. V. **Distribución del genotipo y frecuencia alélica del polimorfismo I/D del gen ECA en corredores de resistencia: Revisión Sistemática.** 69f. Dissertação (mestrado em ciências do esporte) – Faculdade de ciências da saúde, Universidade de ciências aplicadas e ambientais. Bogotá, 2022.

CHAN, S; SETO, J. T; MACARTHUR, D. G; YANG, N; NORTH, K.N; HEAD, S. I. A gene for speed: contractile properties of isolated whole EDL muscle from an alpha-actinin-3 knockout mouse. **Am J Physiol Cell Physiol.**, v. 295, n.4, p.897-904, 2008.

CHEN, G. B; LEE, S. H; MONTGOMERY, G. W; WRAY, N. R; VISSCHER, P. M; GEARRY, R. B; MOSER, G. Performance of risk prediction for inflammatory bowel disease based on genotyping platform and genomic risk score method. **BMC med gen.**, v.18, n.1, p.1-11, 2017.

CHIU, Y.H; LAI, J.I; TSENG, C.Y; WANG, S.H; LI, L.H; KAO, W. F; HSIEH, C.Y. Impact of angiotension I converting enzyme gene I/D polymorphism on running performance, lipid, and biochemical parameters in ultra-marathoners. **Medicine** , v.98, n.29, e16476, 2019.

CIEŚCZYK, P; JASTRZĘBSKI, Z; ZARĘBSKA, A; SAWCZYN, M; DROBNIK-KOZAKIEWICZ, I; LEONSKA-DUNIEC, A; ŻMIJEWSKI, P; MURAWSKA-CIAŁOWICZ, E; MIROSLAV P; CONTRÒ, V; PROIA, P; ZAREMBA, A; SZUMIŁO, P. Association between the ACE I/D polymorphism and physical activity in Polish women. **Trends sports sci.**, v. 4, n.23, p. 203, 210, 2016.

CIESZCZYK, P; KRUCPECKI, K; MACIEJEWSKA, A; SAWCZUK, M. The angiotensin converting enzyme gene I/D polymorphism in Polish rowers. **Int J Sports Med.**, v. 30, n.8, p.624–627, 2009.

COSTA, A. M; SILVA, A. J; GARRIDO, N. D; LOURO, H; OLIVEIRA, R. J; BREITENFELD, L. Association between ACE D allele and elite short distance swimming. **Eur J App Physiol.**, v.106, n.6, p. 785-790, 2009.

DEL COSO, J; HIAM, D; HOUWELING, P; PÉREZ, L. M; EYNON, N; LUCÍA, A. More than a 'speed gene': ACTN3 R577X genotype, trainability, muscle damage, and the risk for injuries. **Eur J Appl Physiol.**, v. 119, n.1, p. 49-60, 2019.

DIONÍSIO, T. J; THIENGO, C. R; BROZOSKI, D. T; DIONÍSIO, E. J; TALAMONI, G. A; SILVA, R. B; GARLET, G. P; SANTOS, C. F; AMARAL, S. L. The influence of

genetic polymorphisms on performance and cardiac and hemodynamic parameters among Brazilian soccer players. **Appl Physiol Nutr Metab.**, v.42, n.6, p. 596–604, 2017.

DOGAN, M; ASLAN, B.T; ULUCAN, K. Comparison of potential biomarker, ACTN3 rs1815739 polymorphism, for athletic performance of Turkish athletes. **Cell. Mol. Biol.**, v. 68, n. 5, p. 54-59, 2022.

DÖRING, F; ONUR, S; ULF, G; BOULAY, M. R; PÉRUSSE, L; RANKINEN, T; RAURAMAA, R; WOLFAHRT, B; BOUCHARD, C. ACTN3 R577X and other polymorphisms are not associated with elite endurance athlete status in the Genathlete study. **J Sport Sci**, v. 28, n. 12, p. 1355-1359, 2010.

DUARTE, C. R; DUARTE, M.F.S. Capacidade aeróbica em escolares de 10 a 18 anos: V02 e PWC 170. **RBCM.**, v. 3, n.3, p.17- 25, 1989.

ERSKINE, R. M; WILLIAMS, A. G; JONES, D. A; STEWART, C. E; DEGENS, H. The individual and combined influence of ACE and ACTN3 genotypes on muscle phenotypes before and after strength training. **Scand J Med Sci Sports.**, v.24, n.4, p. 642-648, 2014.

ESFARJANI, F; LAURSEN, P.B. Manipulating high-intensity interval training: Effects on VO<sub>2</sub>max, the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained males. **J Sci Med Sport.**, v.10, n.1, p.27-35, 2007.

DAROS, L.B. **Associação dos Polimorfismos da Alfa-actinina 3 (ACTN3) e Enzima Conversora da Angiotensina (ECA) com Indicadores do Desempenho em Atletas.** 95f. Tese. (Doutorado em Educação Física – Ciências Biológicas), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

EYNON, N; HANSON, E.D; LUCIA, A; HOUWELING, P.J; GARTON, F; NORTH, K.N; BISHOP, D. J. Genes for Elite Power and Sprint Performance: ACTN3 Leads the Way. **Sports Med.**, v.43, n.9, p. 803-817, 2013.

FATTAHI, Z; NAJMABADI, H. Prevalence of ACTN3 (the athlete gene) R577X polymorphism in Iranian population. **Iran Red Crescent Med J.**, v. 14, n. 10, p. 617-622, 2012.

FERNÁNDEZ, C. B; SANTOS-CONCEJERO, J; GRIVAS, G. V. Effects of strength training on running economy in highly trained runners: a systematic review with meta-analysis of controlled trials. **J Strength Cond Res.**, v. 30, n. 8, p. 2361-2368, 2016.

FLÜCK, M; KRAMER, M; FITZE, D. P; KASPER, S; FRANCHI, M.V; VALDIVIESO, P. Cellular Aspects of Muscle Specialization Demonstrate Genotype – Phenotype Interaction Effects in Athletes. **Front Physiol.**, v.10, n. 526, 2019.

GARRETT, A; SCOTT, R; DEASON, M; DAWSON, T; WOLDE, B; BEKELE, Z. No association between Ace Gene Variation and Endurance Athlete Status in ethiopians. **Med Sci Sports Exerc.**, v.43, n.4, p.590-597, 2011.

GARTON, F. G; NORTH, K. N. The Effect of Heterozygosity for the ACTN3 Null Allele on Human Muscle Performance. **Med Sci Sports Exerc.**, v.48, n. 3, p. 509-520, 2016.

GAYAGAY, G; YU, B; HAMBLY, B; BOSTON, T., HAHN, A., CELERMAJER, D. S; TRENT, R. J. Elite endurance athletes and the ACE I allele—the role of genes in athletic performance. **Hum genet.**, v.103, n.1, p. 48-50, 1998.

GIBALA, M.J; LITTLE, J.P; MACDONALD, M.J; HAWLEY, J.A. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. **Physiology J.**, v. 590, n.5, p. 1077-1084, 2012.

GOH, K. P; CHEW, K; KOH, A; GUAN, M; WONG, Y.S; SUM, C. F. A relação entre o polimorfismo de identificação do gene ACE e a capacidade aeróbica em jogadores asiáticos de rugby. **Singapura Med J.**, v.50, n.10, p.997–1003, 2009.

GOŁEVA, F. S. **Genotype frequency distribution of ACE I/D and ACTN3 R577X polymorphisms in the Norwegian population. Do ACE I/D and ACTN3 R577X polymorphisms influence self-reported physical activity levels.** 66 f. Master's Thesis (Environmental Health and Science), Faculty of Arts and Sciences. Estocolmo, 2015.

GUEDES, D. P. **Manual prático para avaliação em educação física.** Barueri: Editora Manole Ltda, 2006.

HAZELL T. J; MACPHERSON, R. E. K, GRAVELLE, B. M. R; LEMON, P. W. R. 10 or 30-s sprint interval training bouts enhance both aerobic and anaerobic performance. **Eur J Appl Physiol.**, v. 110, n.1, p.153–160, 2010.

JACOB, Y; HART, N. H; COCHRANE, J. L; SPITERI, T; LEIS, S.M; JONES, A; ROGALSKI, B; KENNA, J; ANDERTON, R. S. ACTN3 (R577X) Genotype is associated with Australian Football League Players. **J. Strength Cond. Res.**, v. 36, n. 2, p. 573-576, 2022.

JEREMIC, D; MACUZIC, I. Z; VULOVIC, M; STEVANOVIC, J; RADOVANOVIC, D; VARJACIC, V; DJORDJEVIC, D. ACE/ACTN3 genetic polymorphisms and athletic performance of female soccer players. **Rev Bras Med Esporte.**, v.25, n.1, p. 35-39, 2019.

JONES, A. M; CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports med.**, v. 29, n. 6, p. 373-386, 2000.

JONES, A; MONTGOMERY, H. E; WOODS, D. R. Human performance: a role for the ACE genotype? **Exerc Sport Sci Rev.**, v. 30, n.4, p.184–190, 2002.

JONES, A. M.; CARTER, H. The effect of endurance training on parameters of aerobic fitness. **Sports Med.**, v. 29, n.6, p.373-386, 2000.

JUFFER, A; FURRER, R; GONZÁLEZ-FREIRA, M; SANTIAGO, S; VERDE, Z; SERRATOSA, L; MORATE, F. J; RUBIO, J. C; MARTIN, M. A; RUIZ, J. R; ARENAS, J; GOMEZ-GALLEGO; LÚCIA, A. Genotype distributions in top-level soccer players: a role for ACE? **Int J Sports med.**, v. 30, n.5, p.387–392, 2009.

KIZI, B. D.T; HABIBULLAYEVNA, B.G; ABDUSATTAROVA, S. S; ABDULLAEVA, M. M; GAZIEVA, Z. Y. Optimization of Molecular-Genetic Methods for The Determination of Resistance Markers Using Genotyping Of Actn3 And Ace Genes. **Eur J Mol Clin Med.**, v. 7, n. 10, p. 67-74, 2020.

KOLIFARHOOD, G; DANESHPOUR, M. S; KHAYAT, B. S; SAADATI, H. M; GUILTY, K., KHOSRAVI, N; SABOUR, S. Generality of genomic findings on blood pressure traits and its usefulness in precision medicine in diverse populations: A systematic review. **Clin Genetics.**, v. 96, n.1, p. 17-27, 2019.

KOMI, P. V. **Strength and power in sport.** Oxford: Blackwell, 1992.

KRASKA, J. M; RAMSEY, M. W; HAFF, G.G; FETHKE, N; SANDS, W.A; STONE, M. E; STONE, M.H. Relationship Between Strength Characteristics and Unweighted and Weighted Vertical Jump Height. **Int J Sports Physiol**, v. 4, n.4, p. 461-473, 2009.

KOLLIAS, I.; HATZITAKI, V; PAPAIAKOVOU, G; GIATIS, G. Using principal components analysis to identify individual differences in vertical jump performance. **Research Quarterly for Exercise and Sport.**, v.72, n.1, p.63-7, 2001.

LAIA F.M; THOMASSEN M; KOLDING H; GUNNARSSON T; WENDELL J; ROSTGAARD T; NORDSBORG N; KRUSTRUP P; NYBO L; HELLSTEN Y; BANGSBO J. Reduced volume but increased training intensity elevates muscle Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> pump alpha1-subunit and NHE1 expression as well as short-term work capacity in humans. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.**, v. 294, n.3, p.966-974, 2008.

LARRUSKAIN, J; LEKUE, J. A; DIAZ, N; ODRIOZOLA, A; GIL, S. M. A comparison of injuries in elite male and female football players: A five-season prospective study. **Scand J Med Sci Sports.**, v.28, n.1, p. 237-245, 2018.

LAURSEN, P. B; JENKINS, D. G. The scientific basis for high-intensity interval training. **Sports med.**, v. 32, n. 1, p. 53-73, 2002.

LÉGER, L. A; LAMBERT, J. A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict V<sub>O2</sub> max. **Eur J Appl Physiol.**, v. 49, n.1, p. 01-12, 1982.

LI, X; OOI, F. K; ZILFALIL, B. A; YUSOFF, S. Indicators of Anaerobic Capacity and Muscular Performance in Malay Female Athletes and Non-Athletes with ACE Gene I/D Polymorphism. **Inter J Sports Sci.**, v. 5, n.5, p. 201-208, 2015.

MA, F; YANG, Y; LI, X; ZHOW, F; GAO, LI, M; GAO, L. C The association of sport performance with ACE and ACTN3 genetic polymorphisms: a systematic review and meta-analysis. **PloS one**, v. 8, n. 1, p. e54685, 2013.

MACARTHUR, D.G; NORTH, K. N. The ACTN3 Gene and Human Performance. In Book: **Genetic and Molecular Aspects of Sports Performance**. Claude Bouchard and Eric P. Hoffman. Chapter., v.18, p.204-214, 2011.

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

MCAULEY T; MASTANA S.S; FOLLAND J.P. ACE I/D and ACTN3 R/X polymorphisms and muscle function and muscularity of older Caucasian men. **Eur J Appl Physiol.**, v.109, n.1, p.269-277, 2010.

MCGUIGAN, M. R; DOYLE, T. L. A; NEWTON, M; EDWARDS, D. J; NIMPHIUS, S; NEWTON, R. U. Eccentric utilization ratio: Effect of sport and phase of training. **J Strength Cond Res.**, v.20, n.4, p.992-995, 2006.

MILLS, M; YANG, N; WEINBERGER, R; VANDER, W. D. L; BEGGS, A. H, EASTEAL, S; NORTH, K. Differential expression of the actin-binding proteins, alpha-actinin-2 and -3, in different species: implications for the evolution of functional redundancy. **Hum Mol Genet.**, v.11, n. 13, p. 1335 -1346, 2011.

MORAN, C. N; YANG, N; BAILEY, M. E; TSIOKANOS, A; JAMURTAS, A; MACARTHUR, D. G; NORTH, K; PITSILADIS, Y.P; WILSON, R.H. Association analysis of the ACTN3 R577X polymorphism and complex quantitative body composition and performance phenotypes in adolescent Greeks. **Eur J Hum Genet.**, v.15, n.1, p. 88-93, 2007.

MURTAGH, C. F; BROWNLEE, T.E; RIENZI, E; ROQUERO, S; MORENO, S; HUERTAS, G; ERSKINE, R. M. The genetic profile of elite youth soccer players and its association with power and speed depends on maturity status. **PLoS One** , v.15, n.6, p. , e0234458, 2020.

NIKLAS, P; LI, W; JENS, W; MICHAIL, T; KENT, S. Mitochondrial gene expression in elite cyclists: effects of high-intensity interval exercise. **Eur J App Physiol.**, v.110, n. 3, p.597-606, 2010.

NORMAN, B; ESBJORNSSON, M; RUNDQVIST, H; OSTERLUND, T; VON WALDEN, F; TESCH, P. A. Strength, power, fiber types, and mRNA expression in trained men and women with different ACTN3 R577X genotypes. **J Appl Physiol.**, v.106, n.1, p.959-965, 2009.

NORTH, K.N; YANG, N; WATTANASIRICHAIGOON, D; MILLS, M; EASTEAL, S; BEGGS, A. H. A common nonsense mutation results in alpha-actinin-3 deficiency in the general population. **Nat Genet.**, v 21, n.1, p. 353-354, 1999.

OGURA, Y; NAITO, H; KAKIGI, R; AKEMA, T; SUGIURA, T; KATAMOTO, S; AOKI, J. Different adaptations of alpha-actinin isoforms to exercise training in rat skeletal muscles. **Acta Physiol.**, v.196, n. 3, p.341-349, 2009.

OLEK, R. A; KUJACH, S; ZIEMANN, E; ZIOLKOWSKI, W; WAZ, P; LASKOWSKI, R. Adaptive Changes After 2 Weeks of 10-s Sprint Interval Training with Various Recovery Times. **Front Physiol.**, v.9, n.1, p. 392, 2018.

OPAR, D. A; WILLIAMS, M. D; SHIELD, A. J. Hamstring strain injuries. **Sports med.**, v. 42, n.3, p. 209-226, 2012.

ORTIZ, A.M; LAGUARTA-VAL, S; VARILLAS-DELGADO, D. Muscle Work and Its Relationship with ACE and ACTN3 Polymorphisms Are Associated with the Improvement of Explosive Strength. **Genes.**, v.12, n.8, p.1117, 2021.

MORAES, V. N. D; TRAPÉ, A. A; FERREZIN, L. P; GONÇALVES, T. C. P; JUNIOR, C.B. Association of ACE ID and ACTN3 C> T genetic polymorphisms with response to a multicomponent training program in physical performance in women from 50 to 70 years. **Science & Sports.**, v. 33, n. 5, p. 282–290, 2018.

MYERSON, S; HEMINGWAY, H; BUDGET, R; MARTIN, J; HUMPHRIES, S; MONTGOMERY, H. Human angiotensin I-converting enzyme gene and endurance performance. **J Appl Physiol.**, v. 87, n, 4, p.1313–1316, 1999.

PAPADIMITRIOU, I. D; LOCKEY, S. J; VOISIN, S; HERBERT, A. J; GARTON, F; HOUWELING, P. J; CIESZCZYK, P; MACIEJEWSKA-SKRENDO, A; SAWCZUK, M; MASSIDDA, M; CALÒ, C. M; ASTRATENKOVA, I. V; KOUVATSI, A; DRUZHEVSKAYA, A. M., JACQUES, M; AHMETOV, I. I; STEBBINGS, G. K; HEFFERNAN, S; DAY, S. H; EYNON, N. No association between ACTN3 R577X and ACE I/D polymorphisms and endurance running times in 698 Caucasian athletes. **BMC Genomics.**, v. 19, n. 1, p. 1–9, 2018.

PAPADIMITRIOU, I.D; LUCIA, A; PITSILADIS, Y.P; PUSHKAREV, V.P; DYATLOV, D.A; OREKHOV, E.F; EYNON, N. ACTN3 R577X and ACE I/D gene variants influence performance in elite sprinters: a multi-cohort study. **BMC genomics.**, v.17, n.1, p.1-8, 2016.

PASQUA, L.A; ARTIOLI, G.G; OLIVEIRA-PIRES, F; BERTUZZI, R. ACTN3 e desempenho esportivo: um gene candidato ao sucesso em provas de curta e longa duração. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.**, v.13, n.6, p.477-483, 2011.

PASQUALETTI, M.; ONORI, M.E.; CANU, G.; MORETTI, G.; MINUCCI, A.; BARONI, S.; MORDENTE, A.; URBANI, A.; GALVANI, C. The Relationship between ACE, ACTN3 and MCT1 Genetic Polymorphisms and Athletic Performance in Elite Rugby Union Players: A Preliminary Study. **Genes.**, v.13, n.6, p. 969, 2022.

PEREZ-GOMEZ, J; OLMEDILLAS, H; DELGADO-GUERRA, S; ROYO, I. A; VICENTE-RODRIGUEZ, G; ORTIZ, R. A; CALBET, J. A. Effects of weight lifting training combined with plyometric exercises on physical fitness, body composition, and knee extension velocity during kicking in football. **Appl Physiol Nutr Metab.**, v.33, n.3, p.501-510, 2008.

RALEIGH, S. M. Epigenetic regulation of the ACE gene might be more relevant to endurance physiology than the I/D polymorphism. **J App Physiol** , v.112, n.6, p. 1082-1083, 2012.

RANKINEN, T; WOLFARTH, B; SIMONEAU, J. A; MAIER-LENZ, D; RAURAMAA, R; RIVERA M. A; BOULAY, M. R; CHAGNON, Y. C; PÉRUSSE, L; KEUL, J; BOUCHARD, C. No association between the angiotensin-converting enzyme ID polymorphism and elite endurance athlete status. **J Appl Physiol.**, v.88, n.5, p. 1571 – 1575, 2000.

REILLY, T; WILLIAMS, A. M. Introduction to science and soccer. In: **Science and soccer**. Routledge. p. 9-14, 2003.

RIBAS, M. R; ZONATTO, H. A; RIBAS, D. I. R; BASSAN, J. C. R577X do gene actn3 como preditor de desempenho físico em ultramaratonistas. **Rev Bras Med Esporte.**, v 26, n.1, p. 523-526, 2020.

ROCHA, A.C.; GUEDES JUNIOR, D.P. **Avaliação física para treinamento personalizado, academias e esportes**: uma abordagem didática, prática e atual. São Paulo: Phorte, 2013.

ROCHA, A. W. O; NASCIMENTO, W. M; OLIVEIRA, C. M; NETO, J. M. P; NASCIMENTO, O. V; VIERA, É. P; BRUNETTA, H. S; PONTES, I. M; FILHO, S. A. Frequency of gene ace i polymorphism i-d in athletes of different sports. **Rev Bras Med Esporte.**, v. 26, n.2, p. 107–112, 2020.

GUTH, L. M; ROTH, S. M. Genetic influence on athletic performance., **Curr Opin Pediatr.**, v. 25, n.6, p.653-558, 2013.

RUIZ, J. R; FERNÁNDEZ DEL VALLE, M; VERDE, Z; DÍEZ-VEGA, I; SANTIAGO, C; YVERT, T; RODRÍGUEZ-ROMO, G; GÓMEZ-GALLEGO, F; MOLINA, J. J; LUCIA, A. ACTN3 r577x polymorphism does not influence explosive leg muscle power in elite volleyball players. **Scand J Med Sci Sports.**, v.21, n.6, p. 34-41, 2010.

RUIZ, J. R; FERNÁNDEZ DEL VALLE, M; VERDE, Z; DÍEZ-VEGA, I; SANTIAGO, C; YVERT, T; LUCIA, A. ACTN3 R577X polymorphism does not influence explosive leg muscle power in elite volleyball players. **Scand J Med Sci Sports.**, v.21, n.6, p.34-41, 2011.

SAUNDERS C. J; SEPTEMBER, A. V; XENOPHONTOS, S. L; CARIOLOU, M.A; ANASTASSIADES, L.C; NOAKES, T.D; COLLINS, M. Association of the ACTN3 gene R577X polymorphism with endurance performance in ironman triathlons. **Ann Hum Gene.**, v.71, n.6, p.777-781, 2007.

SCALCO, R. S; GARDINER, A. R; PITCEATHLY, R. D; ZANOTELI, E; BECKER, J; HOLTON, J. L; QUINLIVAN, R. Rhabdomyolysis: a genetic perspective. **Orphanet J Rare Dis.**, v 10, n.1, p.1-15, 2015.

SCANAVINI, D; BERNARDI, F; CASTOLDI, E; CONCONI, F; MAZZONI, G. Increased frequency of the homozygous II ACE genotype in Italian Olympic endurance athletes. **Eur J Hum Genet.**, v. 10, n.10, p. 576–577, 2002.

SHENOY, S; TANDON, S; SANDHU, J; BHANWER, A. S. Association of angiotensin converting enzyme gene polymorphism and Indian Army triathletes performance. **Asian J Sports Med.**, v.1, n.3, p.143–150, 2010.

SILVA, C. C; SANTOS, L.F; GOLDBERG, T.B; RAMOS, S.P; VENÂNCIO, E. J. Genetic polymorphism on the flexibility of elite rhythmic gymnasts: State of art." **Apunts. Medicina de l'Esport.**, v.54, n. 201, p.27-35, 2018.

SKINNER, J.S; JASKÓLSKI, A; JASKÓLSKA, A; KRASNOFF, J; GAGNON, J; LEON, A. S; RAO,D.C; WILMORE, J.H; BOUCHARD, C. Age, sex, race, initial fitness, and response to training: the heritage Family Study. **J Appl Physiol.**, v. 90, n.1, p. 1770–1776, 2001.

SLOTH, M; SLOTH, D; OVERGAARD, K; DALGAS, U. Effects of sprint interval training on  $VO_{2max}$  and aerobic exercise performance: a systematic review and meta-analysis. **Scand J Med Sci Sports.**, v. 23, n.6, p. 341-352, 2013.

TANRIVERDI, H; KAFTAN, H.A; EVRENGUL, H; DURSUNOGLU, D; TURGUT, G; KILIÇ, M. QT dispersion and left ventricular hypertrophy in athletes: elationship with angiotensin-converting enzyme I/D polymorphism. **Acta cardiologica** , v.60, n. 4, p. 387-393, 2005.

TIAINEN, K; SIPILA, S; KAUPPINEN, M; KAPRIO, J; RANTANEN, T. Genetic and environmental effects on isometric muscle strength and leg extensor power followed up for three years among older female twins. **J Appl Physiol.**, v.106, n.5, p. 1604-1610, 2009.

TOBINA, T; MICHISHITA, R; YAMASAWA, F; ZHANG, B; SASAKI, H; TANAKA, H; SAKU, K; KIYONAGA, A. Association between the angiotensin I-converting enzyme gene insertion/deletion polymorphism and endurance running speed in Japanese runners. **J Phys Sci.**, v. 60, n.5, p.325-330, 2010.

TSCHAKERT, G; HOFMANN, P. High-intensity intermittent exercise: methodological and physiological aspects. **Int J Sport Physiol.**, v. 8, n. 6, p. 600-610, 2013.

TSIANOS, G; SANDERS, J; DHAMRAIT, S; HUMPHRIES, S; GRANT, S. The ACE gene insertion/deletion polymorphism and elite endurance swimming. **Eur J Appl Physiol.**, v. 92, n.3, p. 360–362, 2004.

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

VERNEY, J; DUCLOS, M; THIVEL, D. Sprint interval training: What are the clinical implications and precautions? **Med Sci Sport Exerc.**, v. 49, n.11, p. 2361-2362, 2017.

WALSH, S; LIU, D; METTER, E. J; FERRUCCI, L; ROTH, S. M. ACTN3 genotype is associated with muscle phenotypes in women across the adult age span. **J Appl**

**Physiol.**, v.105, n.1, p.1486–1491, 2008.

WANG, E. M; CHIU, L. L; PERINI, A; DEASON, M; FUKU, N; MIYACHI, M; KANEOKA, K; MURAKAMI, H; TANAKA, M; HSIEH, L. L; HSIEH, S. S; CAPOROSSI, D; PIGOZZI, F; HILLEY, A; LEE, R; STUART, D. R; GALLOWAY, J. G; VIKTOR, A; ILDUS, R; AHMETOV, I. I; YANG, N; NORTH, K. N; PLOUTARHOS, S; MONTGOMERY, H. E; BAILEY, M. E. S; MONTEGOMERY; PITSILADIS, A. P. Association analysis of ACE and ACTN3 in elite Caucasian and East Asian swimmers. **Med sci sports med.**, v. 45, n.5, p.892-900, 2013.

WEYERSTRAß, J; STEWART, K; WESSELIUS, A; ZEEGERS, M. Nine genetic polymorphisms associated with power athlete status—a meta-analysis. **J Sci Med Sport.**, v.21, n. 2, p. 213-220, 2018.

YANG, N; MACARTHUR, D.G; WOLDE, B; ONYWERA, V.O; BOI, M.K. The ACTN3 R577X polymorphism in East and West African athletes. **Med Sci Sports Exerc.**, v 39, n 1, p.1985–1988, 2007.

YUSOF, A.H., SINGH, R; ZAINUDDIN, Z; ROONEY, K; MUHAMMED, A.M. The angiotensin I-converting enzyme I/D gene polymorphism in well-trained Malaysian athletes. **Sports Sci Health.**, v.11, n.2, p.187-193, 2015.

YUSOF, H. A, ZAINUDDIN, Z; ROONEY, K; MUHAMED, A. M. C. Distributions of ACE I/D and ACTN3 R/X gene polymorphisms in multi-ethnic malaysian and australian populations. **Int J Public Health Clin Sci.**, v.4, n.5, p.125–138, 2017.

ZHANG, B; TANAKA, H; SHONO, N; MIURA, S; KIYONAGA, A; SHINDO, M; SAKU, K. The I allele of the angiotensin-converting enzyme gene is associated with an increased percentage of slowtwitch type I fibres in human skeletal muscle. **Clin Genet.**, v.63, p.139–44, 2003

ZWETSLOOT, K. A; JOHN, C. S; LAWRENCE, M. M; BATTISTA, R. A; SHANELY, R. A. High-intensity interval training induces a modest systemic inflammatory response in active, young men. **J Inflamm Res.**, v.7, n.1, 9-17, 2014.

## APÊNDICE A

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

“RELAÇÃO ENTRE OS GENÓTIPOS DA ALFA-ACTININA 3 E ENZIMA CONVERSORA DE ANGIOTENSINA COM INDICADORES DE DESEMPENHO EM CORREDORES AMADORES QUANDO SUBMETIDOS AO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE”

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) para participar da pesquisa “RELAÇÃO ENTRE OS GENÓTIPOS DA ALFA-ACTININA 3 E ENZIMA CONVERSORA DE ANGIOTENSINA COM INDICADORES DE DESEMPENHO EM CORREDORES AMADORES QUANDO SUBMETIDOS AO TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE”, a ser realizado nas dependências do complexo esportivo e laboratório de fisiologia do exercício e esporte da Unioeste do Campus Marechal Cândido Rondon-PR. O objetivo da pesquisa é analisar as adaptações na capacidade de força e consumo de oxigênio a partir da aplicação de um protocolo de treinamento intervalado de alta intensidade em corredores com diferentes perfis genéticos para o *ACTN-3* e *ECA*.

Sua participação é muito importante e ela se dará da seguinte forma: numa data previamente estabelecida você será convidado a comparecer ao laboratório para que possa ser coletada uma amostra salivar para o processo de genotipagem. Para esse processo você deverá estar em jejum por um período de 2 horas. A pesquisadora utilizará uma espécie de cotonete para coletar a saliva a partir do leve atrito deste (cotonete) com a parte interna da sua bochecha.

Quanto aos testes, na primeira visita ao laboratório, você será orientado a preencher uma ficha de identificação pessoal (anamnese). Na sequência será realizada uma avaliação antropométrica visando identificar os valores de massa corporal e estatura.

Na segunda visita, você será familiarizado com a placa de salto, sendo que, logo após, realizará algumas sequências de saltos para estimar sua capacidade de

força muscular. Na sequência, será realizado o *Shuttle run test* na pista de atletismo, visando estimar o seu consumo máximo de oxigênio.

Salienta-se que, previamente a primeira visita, você será orientado a não realizar atividades físicas ou exercícios físicos intensos por pelo menos 48 h antes. Entre uma visita e outra será adotado o tempo mínimo de 48 h de intervalo. Após esse período de avaliações iniciais você será submetido a um protocolo de treinamento intervalado de alta intensidade – *Sprint interval training (SIT)* durante um período de oito semanas, com a frequência de duas sessões de treino por semana. Ao final, todas as avaliações iniciais serão reaplicadas novamente.

Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, podendo o (a) senhor (a): recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Esclarecemos, também, que suas informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa ou futuras pesquisas na qual a pesquisadora fará uso para divulgação em eventos e revistas de cunho científico. No entanto, a sua identidade será sempre preservada, ressaltando que não há quaisquer outros interesses senão a divulgação científica dos resultados.

As informações que você fornecer será utilizada exclusivamente nesta pesquisa. Caso as informações fornecidas e obtidas com este consentimento sejam consideradas úteis para outros estudos, você será procurado para autorizar novamente o uso. No entanto, caso você não queira ser procurado para nova autorização, informe abaixo:

*É necessário a minha autorização para que outros estudos utilizem as mesmas informações aqui fornecidas ( ) sim*

*( ) não*

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

Como benefícios, queremos contribuir na melhora da prescrição e controle do treinamento de *sprints* intervalados de alta intensidade para você e para corredores com diferentes perfis genéticos que estão em busca de saúde e desempenho.

Quanto aos riscos, durante a execução dos testes e do treinamento há risco de lesão musculoesquelética decorrente dos treinos e dos testes físicos aplicados. Para minimizar esses efeitos adversos, será fornecido aquecimento prévio a você

antes dos testes e você será instruído a interromper os testes físicos ou o treinamento diante de sinais musculoesqueléticos.

É imprescindível que você esteja liberado a partir da apresentação de um atestado médico para poder participar dessa pesquisa. Salienta-se que você será supervisionado pela pesquisadora a todo o momento, a qual se responsabiliza prontamente em fornecer assistência médica integral, contactando prontamente o serviço de atendimento móvel de urgência caso você venha a sofrer algum efeito adverso decorrente dos testes físicos ou os treinos aplicados.

A previsão do tempo médio da sua participação nessa pesquisa será de dez semanas, conforme apresentado na figura a seguir:

Salienta-se que o tempo estimado para que você conclua os testes em cada visita seja entre 30 minutos e 1 hora. Já os treinamentos devem ser aplicados na frequência de duas vezes por semana (terça e quintas-feiras), das 18:30 às 19:40 horas.

Caso o(a) senhor(a) tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá nos contatar por: Karina Alves da Silva. (Endereço: Rua Pernambuco nº 1777. Telefone: (44) 98518818. E-mail: ka.alvessilva@hotmail.com) ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: cep268@uel.br.

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue ao (à) senhor(a).

Marechal Cândido Rondon, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de  
2022

Karina Alves da Silva  
Pesquisador Responsável  
RG: 10.573.524-3

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

Assinatura (ou impressão dactiloscópica):

---

**APÊNDICE B****FICHA DE IDENTIFICAÇÃO - ANAMNESE**

Nome completo: \_\_\_\_\_

Data de nascimento: \_\_/\_\_/\_\_\_\_\_

Telefone para contato: ( ) \_\_\_\_\_

Em caso de emergência, avisar (tel): ( ) \_\_\_\_\_

1. Tem algum problema de saúde? ( ) sim ( ) não

Se sim, qual? \_\_\_\_\_

2. Tem problemas de coração (cardíacos)? ( ) sim ( ) não Possui casos na família?

Se sim, qual? \_\_\_\_\_

3. Tem diabets? ( ) sim ( ) não

Possui casos na família? ( ) sim ( ) não

4. Tem hipertensão? ( ) sim ( ) não

não Possui casos na família? ( ) sim ( ) não

5. Tem problemas respiratórios (asma, bronquite)? ( ) sim ( ) não

Possui casos na família? ( ) sim ( ) não

Se sim, qual? \_\_\_\_\_

6. Já sofreu alguma fratura? ( ) sim ( ) não

Se sim, especifique: \_\_\_\_\_

As próximas informações devem ser referentes à prática de exercícios físicos e esportes:

7. Quais exercícios e/ ou esporte você pratica?

\_\_\_\_\_;

\_\_\_\_\_;

8. Quantas vezes você realiza esse (s) exercício (s) ou esporte (s) por semana?

\_\_\_\_\_;

\_\_\_\_\_;

9. Qual a duração (tempo) de cada treino (s)?

\_\_\_\_\_;

\_\_\_\_\_;

10. Há quanto tempo você pratica cada um desses exercícios ou esportes?

\_\_\_\_\_;

\_\_\_\_\_;

11. Você já participou de competições de 5 km no último ano? ( ) sim ( ) não Se s

As próximas informações devem ser referentes ao treinamento de corrida:

12. Treina ou pratica corrida há quanto tempo? (meses/anos) \_\_\_\_\_

13. Quantas vezes você treina corrida por semana? \_\_\_\_\_

14. Quantos km você costuma correr por semana? \_\_\_\_\_

15. Qual o melhor tempo obtido em provas de 5 km no último ano? \_\_\_\_\_

As próximas informações devem ser referentes à sua saúde e nutrição:

16. Você faz acompanhamento nutricional? ( ) sim ( ) não

Se sim, há quanto tempo? \_\_\_\_\_

17. Você fuma? ( ) sim ( ) não

18. Consome bebida alcoólica? ( ) sim ( ) não

Se sim, com que frequência? \_\_\_\_\_

19. Costuma ter episódios de gripes, resfriados alergias ou outras patologias frequentemente? ( ) sim ( ) não

20. Como você definiria o seu nível de estresse

ultimamente? ( ) alto ( )

médio ( ) baixo

21. Quantas refeições você costuma fazer diariamente? \_\_\_\_\_

22. Assinale as refeições que você costuma fazer diariamente:

( ) café da manhã ( ) Lanche da ( ) almoço

manhã

( ) café da tarde ( ) jantar ( ) ceia

As próximas informações devem ser referentes à suplementação e medicamentos:

23. Você consome suplementos nutricionais? ( ) sim ( ) não

Se sim, responda:

24. Quantos tipos você consome?

( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) mais que 4

25. Que tipo de produto você consome?

aminoácidos ou outros

concentrados proteicos

vitaminas ou complexos

vitamínicos

carboidratos

creatina

minerais

fast burner ( “ queimadores” de  
gordura)

bebida isotônica

outros

Qual a quantidade diária? \_\_\_\_\_

26. Você faz uso de medicamentos? ( ) sim ( ) não

Em caso afirmativo, há quanto tempo? \_\_\_\_\_

## ANEXO A

COMISSÃO NACIONAL DE  
ÉTICA EM PESQUISA



**PARECER CONSUBSTANCIADO DA CONEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** TREINAMENTO INTERVALADO DE ALTA INTENSIDADE E GENÓTIPOS PARA ALFA ACTININA 3: EFEITOS SOBRE O DESEMPENHO, MARCADORES INFLAMATÓRIOS, IMUNOLÓGICOS E PSICOLÓGICOS EM CORREDORES RECREACIONAIS MODERADAMENTE TREINADOS

**Pesquisador:** karina alves da silva

**Área Temática:** Genética Humana:

(Trata-se de pesquisa em genética do comportamento.);

**Versão:** 5

**CAAE:** 25057319.7.0000.5231

**Instituição Proponente:** CEFE - PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA UEM/UEL

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 5.620.324

**Apresentação do Projeto:**

As informações contidas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram obtidas do documento contendo as Informações Básicas sobre o projeto de Pesquisa (PB\_INFORMAÇÕES\_BÁSICAS\_DO\_PROJETO\_1456799.pdf de 02/06/2022) e do Projeto Detalhado.

**RESUMO**

**INTRODUÇÃO:** O desempenho esportivo tem sido relacionado com o gene ACTN-3. A literatura tem apresentado que os genótipos RR e RX estão relacionados com a formação de bras musculares do tipo II e, conseqüentemente, melhores associados com esportes que requerem aplicação de força e explosão, enquanto o genótipo XX relacionado à completa deficiência de ACTN-3 parece demonstrar melhor associação com atividades que envolvam resistência aeróbia. Apesar de muitas investigações pautarem-se nas respostas ao treinamento em função do ACNT-3, até o momento não foi investigada a inuência dos diferentes genótipos do ACTN-3 sobre os parâmetros psicológicos, inamatórios, imunológicos e as respostas na magnitude de desempenho em corredores moderadamente treinados quando submetidos a um protocolo de treinamento

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASILIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br

## COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 5.620.324

intervalado de alta intensidade (HIIT).

**OBJETIVO:** investigar as respostas nos parâmetros psicológicos, inflamatórios, imunológicos e no desempenho de corredores recreacionais com diferentes genótipos do ACTN-3 (RR, RX e XX) a partir de um protocolo de treinamento intervalado de alta intensidade.

**METODOLOGIA:** A amostra será composta por aproximadamente 20 homens e 20 mulheres com idades entre 18 e 50 anos, integrantes do projeto de extensão Unioeste Runners, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, situada no município de Marechal Cândido Rondon - PR. Para seleção da amostra será adotado o procedimento de amostragem intencional não probabilística por conveniência. Na primeira visita ao laboratório os participantes serão orientados a preencherem o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), uma ficha de identificação pessoal (anamnese) e ao questionário WURSS. Em seguida, amostras sanguíneas serão coletadas para análise dos marcadores inflamatórios e de lesão muscular. Salienta-se que, logo após amostras de saliva também serão coletadas para verificar a concentração de imunoglobulina A. Por fim, será realizada uma avaliação antropométrica visando identificar os valores de massa corporal, estatura e percentual de gordura corporal. Na segunda visita, os indivíduos serão familiarizados com a placa de salto e a esteira, sendo que, logo após, realizarão algumas sequências de saltos e um teste na esteira para mensurar a economia de corrida (ec). Na terceira visita será aplicado um teste incremental máximo na esteira para mensurar o consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>máx) e identificar a velocidade de corrida associada ao consumo máximo de oxigênio (VVO<sub>2</sub>máx) dos participantes. Por fim, na quarta visita, será realizado um teste de desempenho na pista de atletismo simulando uma prova de 5 km. Salienta-se que, previamente a primeira visita, os indivíduos serão orientados a não realizarem atividades físicas ou exercícios físicos intensos por pelo menos 48 h antes. Entre uma visita e outra será adotado o tempo mínimo de 48 h de intervalo. Após esse período de avaliações iniciais os participantes serão submetidos a um protocolo de HIIT durante um período de oito semanas, com a frequência de duas sessões de treino de HIIT por semana. Durante todo o período de intervenção, na frequência de uma vez por semana os indivíduos serão orientados a responder ao questionário de humor de Brunel (BRUMS). Na metade do programa de treino (última sessão da quarta semana) será aplicado um teste de desempenho a partir da simulação uma prova contra-relógio de 5 km na pista de atletismo. Ao final, todas as avaliações iniciais serão reaplicadas.

**CONTRIBUIÇÕES:** Espera-se que o presente projeto possa contribuir para esclarecer a relação entre o treinamento de alta intensidade e os diferentes perfis do gene ACTN-3, no que concerne na variação no nível de desempenho, nos parâmetros psicológicos, inflamatórios e imunológicos.

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASILIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br

## COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 5.620.324

### HIPÓTESE

Considerando as informações disponíveis na literatura, nós hipotizamos que corredores com diferentes genótipos para ACTN-3 apresentam distintas respostas nos marcadores inflamatórios, respostas imunológicas, psicológicas e variáveis de desempenho quando submetidos a um treinamento de HIIT. Ademais, acreditamos que os indivíduos heterozigotos (RX) para o ACTN-3 apresentam resultados semelhantes nos testes de desempenho em comparação com os homozigotos (RR). Desse modo, acreditamos que a melhora no rendimento esportivo por meio do treinamento intervalado de alta intensidade tem influência do polimorfismo genético do ACTN-3.

### METODOLOGIA

A população será constituída por corredores recreacionais da cidade de Marechal Cândido Rondon-PR. A amostra será composta por aproximadamente 20 homens e 20 mulheres com idades entre 18 a 50 anos, integrantes do projeto de extensão Unioeste Runners, vinculado ao curso de Educação Física da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Para a seleção da amostra será adotado o procedimento de amostragem intencional não probabilística por conveniência. Antes e após o programa de treinamento intervalado de alta intensidade (HIIT), os sujeitos do presente estudo serão submetidos à realização de dois períodos de avaliações constituídas por cinco momentos cada, sendo as quatro primeiras visitas realizadas no laboratório de avaliação do desempenho no esporte (LADESP), da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus Marechal Cândido Rondon e a quinta, na pista de atletismo do Estádio municipal Valdir Schneider. As análises das amostras sanguíneas, salivares e o processo de genotipagem serão realizados nas dependências do laboratório de histologia da Universidade Estadual de Londrina. Durante as etapas da coleta de dados, o tempo de intervalo para a realização dos testes entre uma visita e outra será de pelo menos 48 horas. Os participantes serão orientados a não se alimentarem por pelo menos duas horas antes de cada sessão de testes, absterem-se alimentos e bebidas à base de cafeína, usarem roupas confortáveis e não praticar atividades físicas ou exercícios físicos vigorosos 48 horas antes dos testes. Com relação aos procedimentos experimentais do estudo é importante salientar que os participantes serão subdivididos em grupos de igual número, sendo que cada grupo irá realizar os testes e protocolo de treino em momentos distintos.

1ª visita: Será composta pelo preenchimento do termo de consentimento livre e esclarecido (apêndice A), uma cha de anamnese (apêndice B) (somente a primeira visita da etapa pré) e o questionário WURSS (apêndice C).

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASILIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br

## COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 5.620.324

2ª visita: Amostras sanguíneas serão coletadas para realização do hemograma, dosagem de creatina quinase e demais marcadores inflamatórios. Após, serão realizadas coletas salivares para verificar os níveis de imunoglobulina A. Em seguida, serão aferidos os valores de massa corporal, estatura, bem como o percentual de gordura corporal dos participantes.

3ª visita: Os indivíduos serão familiarizados com a placa de salto, esteira e ergoespirômetro. Posteriormente serão executadas uma série de saltos verticais contra movimento, saltos com agachamento e saltos verticais em profundidade. Por fim será aplicado um teste de corrida submáximo na esteira para determinar os valores relativos à economia de corrida (ec).

4ª visita: Os participantes realizarão um teste máximo para determinação do consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>máx) e da velocidade de corrida associada ao consumo máximo de oxigênio (VVO<sub>2</sub>máx).

5ª visita: Os indivíduos serão submetidos à realização de um teste de desempenho a partir da simulação uma prova contra-relógio de 5 km na pista de atletismo.

### CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Como critérios para inclusão no estudo, os participantes deverão apresentar como pré-requisitos:

- experiência de no mínimo um ano na modalidade;
- participação em no mínimo uma prova de cinco quilômetros no último ano;
- mínimo de duas sessões de treinamento de corrida por semana;
- pace entre 4 a 6 min para provas de 5 km;
- serem isentos de limitações físicas, doenças respiratórias, cardiovasculares, diabetes e hipertensão

### CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

Serão adotados como critérios de exclusão:

Participação menor ou igual 75% nas sessões HIIT durante o período de intervenção.

Participantes com lesão musculoesquelética e cardiocirculatória prévia e que tenham alguma recomendação de profissionais da saúde para a não realização de esforços físicos.

### Objetivo da Pesquisa:

#### OBJETIVO PRIMÁRIO

Investigar as respostas de corredores recreacionais moderadamente treinados com diferentes genótipos do ACTN-3 (XX, RX e RR) quando submetidos a um protocolo de treinamento intervalado de alta intensidade sobre marcadores inflamatórios, psicológicos, imunológicos e o

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASILIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE  
ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 5.620.324

desempenho.

**OBJETIVOS SECUNDÁRIOS**

Comparar o desempenho dos grupos de corredores com genótipos XX, RX e RR para o ACTN3 quando submetidos a um protocolo de treinamento intervalado de alta intensidade sobre:

- b) Os índices fisiológicos relacionados ao desempenho: consumo máximo de oxigênio (VO<sub>2</sub>max), velocidade de corrida associada ao consumo máximo de oxigênio (vVO<sub>2</sub>max) e economia de corrida (EC);
- c) O desempenho em uma prova contra-relógio de 5 km;
- d) A carga interna de treinamento (PSE e TRIMP);
- e) O desempenho no ciclo alongamento-encurtamento;
- f) A dosagem de creatina quinase e marcadores inflamatórios (interleucinas 1, 6, 10, e fator de necrose tumoral alfa);
- g) Os estados de humor a partir do questionário de BRUMS;
- h) O índice de estresse percebido;
- i) A concentração de imunoglobulina A salivar;
- j) As incidências de sintomas de inflamação do trato respiratório superior.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**RISCOS**

Quanto aos riscos, é importante esclarecer que durante a coleta sanguínea pode ser que você sinta algum desconforto, como por exemplo sentir o braço dolorido em virtude do contato da agulha com a região do braço onde o sangue foi coletado. Para minimizar esse efeito um profissional de enfermagem devidamente qualificado irá realizar os procedimentos de coleta de sangue.

Durante a execução dos testes e do treinamento há risco de lesão musculoesquelética decorrente dos treinos e dos testes físicos aplicados. Para minimizar esses efeitos adversos, será fornecido aquecimento prévio a você antes dos testes e você será instruído a interromper os testes físicos ou o treinamento diante de sinais musculoesqueléticos.

É imprescindível que você esteja liberado a partir da apresentação de um atestado médico para poder participar dessa pesquisa. Salienta-se que você será supervisionado pela pesquisadora a todo o momento, a qual se responsabiliza prontamente em fornecer assistência médica integral, contatando prontamente o serviço de atendimento móvel de urgência caso você venha a sofrer algum efeito adverso decorrente dos testes físicos ou os treinos aplicados.

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar  
**Bairro:** Asa Norte **CEP:** 70.719-040  
**UF:** DF **Município:** BRASÍLIA  
**Telefone:** (61)3315-5877 **E-mail:** conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE  
ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 5.620.324

**BENEFÍCIOS**

Como benefícios esperamos colaborar com informações que possam ser utilizadas na melhor prescrição do treinamento intervalado de alta intensidade de acordo com o perfil genético para o ACTN-3.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Estudo nacional, prospectivo, não randomizado

O estudo possui 1 braço: Testes físicos, amostra de saliva, amostra sanguínea e protocolo de intervenção com treinamento intervalado de alta intensidade.

Caráter acadêmico, realizado para obtenção do título de Doutorado.

Número de participantes incluídos no Brasil: 40.

Participarão os seguintes centros de pesquisa no Brasil:

- CEFE - Programa de Pós-Graduação em Educação Física UEM/UUEL.

Responsável - Karina Alves da Silva.

- Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Responsável -Ricardo Brandt. Haverá armazenamento de amostras em banco de material biológico na cidade de Londrina, no laboratório do "Grupo de Estudos em Regeneracao, Adaptacao e Reparo Tecidual (GERART)", do departamento de Histologia da Universidade Estadual de Londrina/PR, Brasil.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações".

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Análise das respostas ao parecer pendente n° 5.387.192 emitido pela Conep em 07/05/2022.

1. Quanto ao termo de consentimento livre e esclarecido referente ao arquivo "tcle\_versao\_3.docx", submetido na Plataforma Brasil em 17/01/2022:

1.1. O TCLE não apresenta a numeração nas páginas. Com o objetivo de garantir a integridade do documento, solicita-se que sejam inseridos os números de cada página, bem com a quantidade total delas, como por exemplo: "1 de X" e assim sucessivamente até a página "X de X".

RESPOSTA: Diante do exposto, foram feitos os ajustes solicitados (em destaque em vermelho) no documento intitulado: "tcle\_ajustes\_destaque". Já no arquivo intitulado "tcle\_versao\_limpa", seguem os mesmos ajustes (sem destaque no texto), conforme orientado pela assessoria técnica da unidade de análise de Protocolos da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – Conep, a partir

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte **CEP:** 70.719-040

**UF:** DF **Município:** BRASILIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE  
ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 5.620.324

da informação disponibilizada na Plataforma Brasil em 30/05/2022.

ANÁLISE: PENDÊNCIA ATENDIDA.

1.2. Solicita-se que os campos de assinatura para o convidado a participar da pesquisa, ou por seu representante legal, assim como de assinatura para o pesquisador responsável, ou pela(s) pessoa(s) por ele delegada(s) estejam na mesma página (folha). (Resolução CNS nº 466 de 2012, item IV.5.d).

RESPOSTA: Diante do exposto, foram feitos os ajustes solicitados (em destaque em vermelho) no documento intitulado: "tcle\_ajustes\_destaque". Já no arquivo intitulado "tcle\_versao\_limpa", seguem os mesmos ajustes (sem destaque no texto), conforme orientado pela assessoria técnica da unidade de análise de Protocolos da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – Conep, a partir da informação disponibilizada na Plataforma Brasil em 30/05/2022.

ANÁLISE: PENDÊNCIA ATENDIDA.

**Considerações Finais a critério da CONEP:**

Diante do exposto, a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - Conep, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº 466 de 2012 e na Norma Operacional nº 001 de 2013 do CNS, manifesta-se pela aprovação do projeto de pesquisa proposto.

Situação: Protocolo aprovado.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1456799.pdf	02/06/2022 16:12:48		Aceito
Outros	tcle_ajustes_destaque.docx	02/06/2022 16:11:02	karina alves da silva	Aceito
Outros	Carta_resposta_conep.docx	02/06/2022 16:10:01	karina alves da silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle_versao_limpa.docx	02/06/2022 16:09:32	karina alves da silva	Aceito
Folha de Rosto	folha_De_rosto_tese_atual_2022.pdf	03/02/2022 12:20:53	karina alves da silva	Aceito

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

**Bairro:** Asa Norte

**CEP:** 70.719-040

**UF:** DF

**Município:** BRASÍLIA

**Telefone:** (61)3315-5877

**E-mail:** conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE  
ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 5.620.324

Outros	Declaracao_coleta_de_dados_tese_2022.pdf	03/02/2022 12:19:00	karina alves da silva	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	DECLARACAO_DE_INSTITUICAO COPARTICIPANTE_2022.pdf	03/02/2022 12:17:10	karina alves da silva	Aceito
Declaração de concordância	Colaboracao_histologia_fev_2022.pdf	03/02/2022 12:10:31	karina alves da silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_comite_de_etica_21_10_19_versao_3.docx	17/01/2022 15:46:42	karina alves da silva	Aceito
Cronograma	Cronograma_de_desenvolvimento_versao_3.docx	17/01/2022 15:03:59	karina alves da silva	Aceito
Declaração de Pesquisadores	termo_confidencialidade_sigilo_t2.jpg	22/10/2019 10:23:29	karina alves da silva	Aceito
Declaração de Pesquisadores	termo_confidencialidade_sigilo_t1.jpg	22/10/2019 10:22:17	karina alves da silva	Aceito
Orçamento	Despesas_financeiras.docx	22/10/2019 07:52:24	karina alves da silva	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

BRASILIA, 01 de Setembro de 2022

Assinado por:  
**Láís Alves de Souza Bonilha**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar  
**Bairro:** Asa Norte **CEP:** 70.719-040  
**UF:** DF **Município:** BRASILIA  
**Telefone:** (61)3315-5877 **E-mail:** conep@saude.gov.br