Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
Centro Acadêmico de Vitória – CAV
**Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Atividade Física e Plasticidade Fenotípica – PPGNAFPF**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

# Efeito da suplementação de cafeína sobre a contribuição dos sistemas energéticos em exercícios com intensidades acima da potência crítica

**Rodrigo Luis da Silveira Silva**

**Vitória de Santo Antão, 2016**

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE
Centro Acadêmico de Vitória – CAV
**Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Atividade Física e Plasticidade Fenotípica – PPGNAFPF**

# Efeito da suplementação de cafeína sobre a contribuição dos sistemas energéticos em exercícios com intensidades acima da potência crítica

**Rodrigo Luis da Silveira Silva**

**Orientador: Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Atividade Física e Plasticidade Fenotípica, área de concentração em Bases Experimentais e Clínicas da Plasticidade Fenotípica, para a obtenção do título de Mestre.

**Vitória de Santo Antão, 2016**

Catalogação na Fonte
Sistema de Bibliotecas da UFPE. Biblioteca Setorial do CAV.
Bibliotecária Roseane Souza de Mendonça, CRB4-1148

S586e Silva, Rodrigo Luis da Silveira.
Efeito da suplementação de cafeína sobre a contribuição dos sistemas energéticos em exercícios com intensidades acima da potência crítica / Rodrigo Luis da Silveira Silva. - 2016.
62 folhas: il., graf.

Orientador: Adriano Eduardo Lima da Silva.
Dissertação (Mestrado em Nutrição, Atividade Física e Plasticidade Fenotípica,) – Universidade Federal de Pernambuco, CAV, Pós-Graduação em Nutrição, Atividade Física e Plasticidade Fenotípica, 2016.
Inclui bibliografia.

1. Cafeína. 2. Suplementação nutricional. 3. Limiar Anaeróbio. I. Silva, Adriano Eduardo Lima da (Orientador). II. Título.

612.7 CDD (23.ed.) **BIBCAV/UFPE-053/2016**

Dissertação de Mestrado apresentada por **RODRIGO LUIS DA SILVEIRA SILVA** ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Atividade Física e Plasticidade Fenotípica do Centro Acadêmico de Vitória da Universidade Federal de Pernambuco, sob o título "**Efeito da suplementação de cafeína sobre a contribuição dos sistemas energéticos em diferentes intensidades de exercício**", orientada pelo Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva, aprovada no dia 02 de março de 2016 pela Banca Examinadora composta pelos seguintes professores:

_____

**Dra. Carol Virgínia Góis Leandro**
Núcleo de Educação Física e Ciências do Esporte – CAV/UFPE

_____

**Dr. Marcos André Moura dos Santos**
Escola Superior de Educação Física – UPE

_____

**Dra. Thays de Ataíde e Silva**
Núcleo de Educação Física e Ciências do Esporte – CAV/UFPE

Autor:

**Rodrigo Luis da Silveira Silva**

À Deus, meu Senhor, Pai e Criador, toda honra, toda glória e todas as minhas vitórias serão sempre dedicadas a Ti.

# AGRADECIMENTOS

E são tantos e para tantos que nem sei por onde começar...

Aos meus pais, José Luiz da Silva (em memória) e Maria Lucila da Silveira Silva, que me proporcionaram todo o amor, carinho, proteção e educação que eu precisava para me tornar um ser humano melhor.

Aos meus irmãos, Luciano Luiz da Silveira Silva e Iran Luiz da Silveira Silva, que sempre me incentivaram a buscar meus objetivos.

À toda minha família, em especial minhas tias Miriam e Sandra, minha prima-irmã Viviane Silveira, meus primos Luiz Henrique, Richardson e Andrezinho e aos meus sobrinhos Luiz Guilherme e Alícia. Obrigado por fazerem parte da minha vida e por me fazer lembrar o que realmente é importante.

À minha amada esposa, Jeane Valença da Silva, por todo amor, compreensão, paciência e apoio durante toda essa jornada de abdicação em prol da realização de mais um sonho.

Aos meus amigos pela compreensão da minha ausência nos aniversários, reuniões, confraternizações e conversas das quais eu não pude participar.

Ao meu orientador, Prof. Adriano Eduardo Lima da Silva, um líder nato, sábio porém humilde, duas características que por muitas vezes andam em direção oposta. Agradeço por todo o conhecimento que me foi passado, pela assistência, paciência e bom humor.

A todos do GPCE, em especial ao doutorando Victor Andrade, que foi um co-orientador na realização desse trabalho, por sua constante colaboração, dedicação e disponibilidade .

Aos meus amigos e amigas da Divisão de Nutrição do Hospital Universitário Oswaldo Cruz/UPE e da Coordenação Geral de Laboratórios do Centro Acadêmico de Vitória/UFPE pelo incentivo e apoio para que a realização do mestrado fosse possível.

Àqueles que deixaram de ser apenas colegas de turma do mestrado pra se tornarem amigos, André Sansonio, Diógenes Moura, Isabelle Góes e em especial a minha parceira de pesquisa Lucyana Arcoverde, que dividiu comigo todas as dificuldades para realização desse trabalho, pela convivência e amizade.

Por fim, àqueles que de alguma forma contribuíram para a realização desse sonho.

**SUMÁRIO**


| | | Pág |
|---|---|---|
| | **LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS** | |
| | **RESUMO** | |
| | **ABSTRACT** | |
| **1** | **APRESENTAÇÃO** | 01 |
| | 1.1 Cafeína | 01 |
| | 1.2 Suplementação nutricional com cafeína | 02 |
| | 1.3 Suplementação com cafeína em exercícios com alta contribuição anaeróbia | 04 |
| | 1.4 Elaboração do problema | 07 |
| **2** | **OBJETIVOS** | 09 |
| | 2.1 Geral | 09 |
| | 2.2 Específicos | 09 |
| **3** | **HIPÓTESE** | 10 |
| **4** | **MATERIAL E MÉTODOS** | 11 |
| | 4.1 Participantes | 11 |
| | 4.2 Desenho experimental | 11 |
| | 4.3 Teste incremental | 12 |
| | 4.4 Determinação das cargas dos testes experimentais | 14 |
| | 4.5 Testes experimentais | 14 |
| | 4.6 Cálculo da contribuição dos sistemas energéticos | 15 |
| | 4.6.1 Sistema aeróbio | 15 |
| | 4.6.2 Sistema anaeróbio alático | 16 |
| | 4.6.3 Sistema anaeróbio lático | 16 |
| | 4.6.4 Gasto energético total | 17 |
| | 4.7 Análise estatística | 17 |
| **5** | **RESULTADOS** | 19 |
| **6** | **CONSIDERAÇÕES FINAIS** | 34 |
| | **REFERÊNCIAS** | 35 |
| | **APÊNDICES** | 39 |
| | **ANEXOS** | 49 |

# LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

| | |
|---|---|
| AMPc | Adenosina monofosfato cíclico |
| ATP | Adenosina trifosfato |
| ºC | Grau celsius |
| $CO_2$ | Gás carbônico |
| COI | Comitê olímpico internacional |
| CAF | Cafeína |
| ECG | Eletrocardiograma |
| EDTA | Ácido etilenodiamino tetra-acético (anticoagulante) |
| FC | Frequência cardíaca |
| IMC | Índice de massa corporal |
| LV1 | Limiar ventilatório 1 |
| MAOD | Déficit máximo acumulado de oxigênio |
| PAS | Pressão arterial sistólica |
| PAD | Pressão arterial Diastólica |
| PCr | Fosfocreatina |
| PLA | Placebo |
| R | Razão de trocas respiratórias |
| rpm | rotações por minuto |
| VE | Ventilação |
| $VO_2$ | Consumo de oxigênio |
| $VO_2$máx | Consumo máximo de oxigênio |
| $VCO_2$ | Volume de dióxido de carbono produzido |
| W | Watts |
| WADA | World Anti-Doping Agency |
| $\theta_L$ | Limiar de lactato |
| $\Delta$ | diferença entre o $VO_{2max}$ e o $\theta_L$ |

# RESUMO

**Efeito da suplementação de cafeína sobre a contribuição dos sistemas energéticos em exercícios acima da potência crítica**

**Introdução**: Vários estudos evidenciaram o efeito do consumo de cafeína na performance aeróbia e anaeróbia, utilizando protocolos que simulam situações vivenciadas no meio esportivo. Por outro lado, poucos estudos avaliaram o efeito da suplementação da cafeína na contribuição dos sistemas energéticos. O efeito ergogênico da suplementação de cafeína em exercícios de alta intensidade pode estar associado à sua influência sobre o sistema anaeróbio, mais especificamente na porção lática. **Objetivo**: Investigar o efeito da suplementação com cafeína sobre a contribuição de cada sistema energético e o tempo de exaustão em exercícios físicos realizados em intensidades acima da potência crítica. **Métodos**: Foram recrutados nove participantes saudáveis e fisicamente ativos que realizaram um teste incremental no cicloergômetro para determinação do primeiro limiar ventilatório (LV1) e do consumo máximo de oxigênio ($VO_2$máx). A partir da carga referente ao LV1 foram calculadas a carga de aquecimento (90% do LV1), e as cargas dos testes experimentais a partir do delta (Δ), que corresponde à diferença entre as cargas do $VO_{2max}$ e LV1. As cargas dos testes experimentais foram: Δ80 (80% do Δ + carga do LV1), e as cargas referentes a 100 e 120% do $VO_{2max.}$ Os testes experimentais foram realizados com carga fixa pré-determinada até a exaustão. Foram coletadas amostras de sangue para dosagem de lactato e medidas de gases para o $VO_2$. Uma hora antes de cada sessão experimental, cada participante ingeriu uma cápsula contendo 5 mg/kg de massa corporal de cafeína ou placebo (celulose). Foi utilizado um desenho duplo-cego, contrabalanceado e controlado por placebo. O cálculo da contribuição dos sistemas energéticos foi realizado utilizando um software gratuito (GEDAE-LaB), disponível em http://www.gedaelab.org/, a partir das medidas de $VO_2$ e lactato. **Resultados**: A cafeína não promoveu aumento da contribuição anaeróbia em nenhuma das intensidades utilizadas. A suplementação de cafeína incrementou a contribuição aeróbia no Δ80 e teve uma tendência de aumento na carga referente ao $VO_{2máx}$. O gasto energético total e o tempo de exaustão no Δ80 e $VO_{2máx}$ foram maiores após a suplementação de cafeína. **Conclusão**: No presente estudo o efeito ergogênico da cafeína não foi proporcional ao aumento da intensidade do exercício. O aumento do tempo de exaustão e do gasto energético total foram sustentados pelo incremento na contribuição aeróbia promovido pela cafeína.



**Palavras-chave:** Suplementação nutricional; cafeína; limiar anaeróbio; exaustão.

# ABSTRACT

**Caffeine supplementation's effect on the contribution of the energy systems in exercise intensities above the critical power**

**Introduction:** Several studies have shown the effect of caffeine consumption during aerobic and anaerobic performance, using protocols that simulate situations experienced in sports. On the other hand, few studies have assessed the effect of caffeine supplementation on the energy systems. The ergogenic effect of caffeine supplementation on high-intensity exercise can be associated with its influence on the anaerobic system, specifically the lactic portion. **Objective:** To investigate the effect of supplementation with caffeine on the contribution of each energy system and time to exhaustion in physical exercise in different intensities above the critical power. **Methods:** Nine healthy and active participants were recruited, performed an incremental test on a cycle ergometer to determine the first ventilatory threshold (VT1) and $VO_{2max.}$ From the load related to the VT1 were calculated warm up load (90% of VT1), and the loads the experimental test from the delta (Δ), which corresponds to the difference between the loads of $VO_{2max}$ and VT1. The loads of experimental tests were Δ80 (80% of Δ + load of VT1), and loads related to 100 and 120% of $VO_{2max}$. Experimental tests were performed with fixed pre-determined load to exhaustion. Blood samples were collected for lactate measurement and gas measurements for $VO_2$. One hour before each experimental session, each participant ingest a capsule containing 5 mg/kg body weight of caffeine or placebo (cellulose). A double-blind, placebo-controlled and counterbalanced design was used. The calculation of the contribution of energy systems was performed using a free software (GEDAE-LaB), available at http://www.gedaelab.org/, from $VO_2$ and lactate measurements. **Results:** Caffeine did not promote increased anaerobic contribution in any of the used intensities. Caffeine increased aerobic contribution in Δ80 and a have a tendency to increase in $VO_{2max}$ load. The total energy consumption and time to exhaustion in Δ80 and VO2max were higher after caffeine supplementation. **Conclusion:** In this study the ergogenic effect of caffeine was not proportional to the increase in exercise intensity. The increased in time to exhaustion and total energy expenditure were sustained by the increase in the aerobic contribution promoted by caffeine.



**Keywords:** Supplementary feeding; caffeine; anaerobic threshold; exhaustion.

# 1. APRESENTAÇÃO

O conteúdo aqui redigido tem como objetivo apresentar o estado da arte sobre os principais pressupostos teóricos do tema abordado. Os tópicos a seguir visam permitir ao leitor o embasamento necessário à compreensão da pergunta que conduziu a pesquisa, esclarecer conceitos e subsidiar a discussão dos resultados.

Na primeira parte, os aspectos relacionados à cafeína, como o seu consumo, digestão e absorção, seu uso como suplemento nutricional e alguns dos possíveis mecanismos de ação, foram abordados. Em seguida, uma breve revisão sobre a suplementação com cafeína em exercícios com alta contribuição anaeróbia foi realizada. Na terceira parte, foram discutidos alguns conceitos sobre os sistemas de fornecimento de energia e o seu comportamento durante o exercício. A última parte tem como objetivo estabelecer a relação entre os conteúdos apresentados e a delimitação do problema.

## 1.1 Cafeína

A cafeína é a substância psicoativa mais consumida no mundo. Estima-se que 85% da população americana consome bebidas com cafeína pelo menos uma vez ao dia (MITCHELL et al., 2014). Ela é um dos componentes alimentares mais estudados e é encontrada em vários alimentos e bebidas como café, chocolate e o guaraná. (GRAHAN, 2001). A absorção da cafeína ocorre de forma rápida e eficiente no trato gastrointestinal, após administração oral, com aproximadamente 100% de biodisponibilidade, alcançando o pico de concentração máxima na corrente sanguínea entre 15 e 120 minutos após a sua ingestão. No entanto, os efeitos fisiológicos começam a se manifestar logo na primeira hora após o consumo (SINCLAIR & GEIGER, 2000; MCARDLE; KATCH; KATCH;

2008). O tempo de meia vida dessa substância no corpo varia de 3 a 5h, o que permite que haja uma boa interação com vários tecidos (MCARDLE; KATCH; KATCH; 2008).

A metabolização da cafeína ocorre em maior proporção no fígado devido à maior concentração da enzima citocromo P450 1 A2, responsável pelo seu metabolismo, no entanto, outros tecidos, incluindo o cérebro e os rins, desempenham também papel importante na produção dessa enzima, e conseqüentemente, no metabolismo da cafeína. Ao final, a cafeína é degradada e seus subprodutos excretados na urina (SINCLAIR & GEIGER, 2000; KALOW & TANG, 1993; GOASDUFF et al, 1996).

Quimicamente, a cafeína pertence ao grupo das trimetilxantinas, as quais costumam ser designadas derivadas da xantina. As metilxantinas são alcalóides que se diferenciam pela potência na ação estimulante sobre o sistema nervoso central (SNC). Assim, a cafeína (1,3,7 trimetilxantina) é uma substância capaz de excitar ou restaurar as funções cerebrais e bulbares, sem, contudo, ser considerada uma droga terapêutica, sendo comumente utilizada e livremente comercializada, por apresentar uma baixa capacidade de indução à dependência (RANG, 1996).

**1.2 Suplementação nutricional com cafeína**

A utilização da cafeína no mundo esportivo tornou-se evidente a partir da metade do século XIX, com a primeira edição da “corrida de seis dias”, em 1879, onde vários competidores utilizaram recursos estimulantes, dentre os quais, compostos à base dessa substância (HULLEMANN & METZ, 1982).

A cafeína tem atraído muita atenção de atletas e técnicos como um ergogênico legalmente permitido. Após a sua retirada da lista de substâncias proibidas pela agência mundial antidoping (World Anti-Doping Agency – WADA), em 2004, foi estimado que

três em cada quatro atletas fazem uso desse recurso ergogênico antes e durante eventos competitivos (SOKMEN, 2008; DEL COSO et al., 2011).

O efeito da cafeína sobre a performance tem sido demonstrado com ingestão entre 3 e 9 mg/kg de peso corporal, quantidade referida como suficiente para promover um efeito ergogênico em atletas amadores e de elite, sem ultrapassar os limites permitidos pelo Comitê Olímpico Internacional (COI) de 12 µg/mL de cafeína na urina, o que configuraria doping (ALTIMARI et al, 2005).

A ingestão de altas doses de cafeína (> 10 mg/kg de peso corporal) não é recomendada, pois os níveis plasmáticos de cafeína podem alcançar valores tóxicos de até 200 µmol/L, prejudicando a estabilidade de membros superiores, induzindo-os a trepidez e tremor, e ainda induzindo a insônia, nervosismo, irritabilidade, ansiedade, náuseas e a desconforto gastrointestinal, influenciando negativamente na performance atlética (ALTIMARI, 2001; ALTIMARI et al, 2005).

Os níveis plasmáticos de cafeína variam aproximadamente entre 15-20 µmol/L, quando são utilizadas baixas doses de cafeína (≤ 3mg/kg), 40 µmol/L com dose moderada (6mg/kg) e 60-70 µmol/L com alta dose (9 mg/kg) (SPRIET, 2014). Por agir simultaneamente em diversos tecidos, é difícil estudar de forma independente os efeitos em cada sistema como o SNC, Sistema Nervoso Periférico (SNP) e os demais tecidos alvos (músculo esquelético, fígado, coração e tecido adiposo). No entanto, já tem sido descrito que os níveis plasmáticos de cafeína necessários para promover alterações nos tecidos periféricos são substancialmente maiores do que aqueles necessários para afetar os receptores de adenosina no SNC e SNP (SPRIET, 2014).

Durante o exercício, a concentração de adenosina aumenta no músculo esquelético, músculo liso, no sistema circulatório e no cérebro (DAVES & GREEN, 2009). A adenosina possui dois receptores (A1 e A2a) e sua ação é via de regra

depressiva. Ao se acoplar ao seu receptor A1, ela inibe a ação da enzima adenilciclase, resultando assim na diminuição do AMPc. Por sua vez, a cafeína exerce um efeito antagônico, pois se liga aos receptores de adenosina, bloqueando a sua ação. Na presença da cafeína, a mesma se acopla ao receptor A1, impedindo a sua interação com a adenosina, aumentando o AMPc e provocando alterações fisiológicas como: aumento da liberação de catecolaminas, aumento da pressão sanguínea, oxidação de ácidos graxos e ativação do SNC (SPRIET, 1995; TARNOPOLSKY, 1994). Estudos in vitro revelam ainda que muitos dos neurotransmissores afetados pela cafeína têm sido implicados na fadiga central, principalmente a dopamina. A cafeína também se liga ao receptor A2a bloqueando a ação da adenosina e por sua vez, promovendo a transmissão dopaminérgica. A transmissão dopaminérgica supraespinhal é associada com o aumento da excitação e da motivação, assim como, da atividade motora espontânea e aumento do tempo do exercício (KALMAR & KAFARELLI, 2004).

Entre os mecanismos de ação periférica da cafeína, se destacam: a inibição das enzimas fosfodiestearases, responsáveis pela degradação do AMPc, aumentando assim a meia vida do AMPc; aumento da atividade da bomba de $Na^+$- $K^+$, influenciando no aumento das concentrações de $K^+$ do meio intracelular e redução no meio extracelular, contribuindo para o retardamento da fadiga (LINDINGER; GRAHAM; SPRIET; 1993)

### 1.3 Suplementação com cafeína em exercícios com alta contribuição anaeróbia

Vários estudos evidenciaram o efeito do consumo de cafeína na performance aeróbia e anaeróbia, utilizando protocolos que simulam situações vivenciadas no meio esportivo (LOPES-SILVA et al, 2015; TREXLER et al, 2015; KUROBE et al, 2015). A maioria dos estudos com cafeína enfocam o seu efeito na performance aeróbia, com resultados mostrando uma melhora no tempo de exercícios de endurance e na atenuação

da percepção da fadiga **(**ASTORINO & ROBERSON, 2010; DAVES & GREEN, 2009). Por outro lado, poucos estudos avaliaram o efeito da suplementação da cafeína na performance anaeróbia. De uma forma geral, esses efeitos são tratados de forma secundária (DAVES & GREEN, 2009).

Stuart et al., 2005, avaliaram o efeito da cafeína (6 mg/kg) na performance de nove atletas em um teste que simulava as demandas físicas e de habilidades exigidas durante uma partida de rugby. De acordo com os resultados, a cafeína melhorou o desempenho de velocidade dos sprints (0,5 a 2,9%) e na potência (5%). Foi observado um aumento de 51% na concentração de epinefrina na condição cafeína, quando comparada à placebo. Os autores concluíram que o uso da cafeína promove uma melhora substancial em vários aspectos na performance em exercício de alta intensidade (STUART et al, 2005).

Um estudo realizado com 21 homens ativos, avaliou a resposta à suplementação de cafeína (5 mg/kg) na performance em múltiplos sprints de corrida. Os resultados mostraram que no grupo suplementado houve uma redução de 1,4 % no tempo do sprint (- 0,06 s), aumento na frequência cardíaca (+ 3 bpm), além de maior [La] plasmático no pré- (+ 0,7 mmol/$L^{-1}$) e pós-teste (+ 1,8 mmol/$L^{-1}$) (GLAISTER et al., 2008).

Greer et al, 1998, investigaram a influência da cafeína em sessões repetidas de exercício de alta intensidade em homens ativos, com objetivo de avaliar seu efeito na performance e na contribuição do metabolismo anaeróbio. Foi observado que não houve efeito ergogênico da cafeína, ou aumento da contribuição anaeróbia, aferida através dos parâmetros estimados pelo teste de Wingate.

Trexler et al. (2015), avaliaram o efeito da ingestão aguda de café ou cafeína anidra (± 300 mg/dia ou 3-5 mg/kg de cafeína) num teste de força através de exercícios de leg-press e bench-press, além da performance no sprint em um cicloergômetro. A

cafeína promoveu um efeito ergogênico na performance do sprint, mas não no aumento de força. Os autores concluíram que em indivíduos treinados, a ingestão de cafeína numa dose de 3-5 mg/kg, pode melhorar a performance em sprint de alta intensidade quando ingerida 30 minutos antes do exercício.

Um método bastante utilizado para avaliar a capacidade anaeróbia é o teste de máximo déficit acumulado de oxigênio (MAOD), que é calculado pela diferença entre a energia predita para um esforço supráximo a partir de exercício submáximo (consumo de oxigênio em exercício de intensidade submáxima) e o consumo de $O_2$ acumulado durante um exercício supramáximo até a exaustão (MEDBO et al, 1998). Doherty, 1998, descreveu o efeito do consumo agudo de cafeína (5 mg/kg) no MAOD e na performance de indivíduos treinados em uma corrida de curta duração de intensidade supramáxima (125% do $VO_{2\ máx}$). Comparada ao placebo, a condição cafeína promoveu um aumento significativo no MAOD (aumento na capacidade anaeróbia) e no tempo para exaustão. No entanto, não houve diferença na [La] sanguíneo pós-exercício entre as duas situações.

Da mesma forma, Bell et al. (2001) submeteu oito indivíduos saudáveis destreinados a um exercício supramáximo (125% do $VO_{2\ máx}$) em cicloergômetro, após receberem uma suplementação de cafeína (5 mg/kg) ou placebo. A cafeína aumentou o tempo de exaustão e o MAOD durante o teste, além de aumentar o lactato plasmático e os níveis de catecolaminas.

O efeito ergogênico da cafeína em exercícios anaeróbios permanece controverso, parecendo ser dependente da duração do exercício, protocolo utilizado e do estado de treinamento dos sujeitos estudados. Em esforços anaeróbios com duração inferior a 30 segundos, a cafeína parece exercer influência no desempenho apenas em atletas. Por outro lado, em exercícios um pouco mais extensos (de 60 até 180 segundos), a cafeína

parece melhorar o desempenho independentemente do estado de treinamento (CAPUTO et al., 2012).

### 1.4 Elaboração do problema

Em um estudo recente, Bertuzzi et al, 2013 determinaram a contribuição dos sistemas aeróbio e anaeróbio (apenas lático) durante um teste incremental. Foi observado que a contribuição aeróbia (86-95%) foi significativamente superior à lática (5-14%) durante todo o teste. Entretanto, os autores observaram que a via lática aumenta gradativamente sua contribuição em intensidades acima do segundo limiar ventilatório (análogo a potência crítica).

O conceito de potência crítica (Pcrit) baseia-se na existência de uma intensidade máxima de exercício que pode ser mantida por processos aeróbios, sem que haja mobilização das reservas musculares anaeróbias. Com base nesse conceito, exercícios realizados acima da Pcrit provocam depleção progressiva das reservas anaeróbias de energia, levando o indivíduo à exaustão (NAKAMURA, 2001).

Isso sugere que apesar do sistema aeróbio ser o predominante durante todo o teste, inclusive com relatos dele ser predominante mesmo em intensidades de 110% do $VO_{2máx}$, o sistema lático se torna gradativamente mais importante com o aumento da intensidade. Nesse sentido, o aumento na performance com a suplementação da cafeína em exercícios de alta intensidade pode estar associado ao aumento gradativo da participação lática no fornecimento de energia. Enquanto essa hipótese parece razoável a partir do atual estado da arte sobre o assunto, nenhum estudo avaliou esse pressuposto. A partir desse modelo, poder-se-ia esperar que a cafeína se tornasse mais importante conforme ocorre uma maior contribuição lática com o aumento da intensidade.

A compreensão dos efeitos da cafeína na contribuição específica de cada sistema energético pode direcionar nutricionistas, treinadores e médicos do esporte, sobre o tipo de modalidade esportiva, treinamento ou competição, e ainda, o melhor momento pelo qual um atleta pode se beneficiar com o uso dessa substância.

# 2. OBJETIVOS

## 2.1 GERAL:

Avaliar o efeito da suplementação com cafeína sobre a contribuição de cada sistema energético em exercícios realizados acima da potência crítica

## 2.2 ESPECÍFICOS:

- Verificar o efeito da cafeína sobre o tempo de exaustão nas diferentes intensidades de esforço consideradas acima da potência crítica (isto é, intensidades correspondentes a Δ80 entre a carga máxima e o primeiro limiar ventilatório, e 100 e 120% do $VO_{2max}$);
- Verificar o efeito da cafeína sobre a contribuição dos sistemas aeróbio, lático e alático nas intensidades de Δ80, 100 e 120% do $VO_{2max}$;

## 3. HIPÓTESE

O efeito ergogênico da cafeína sobre o sistema lático aumentará gradativamente de acordo com a intensidade do exercício.

# 4. MATERIAL E MÉTODOS

## 4.1 Participantes

Foram recrutados nove participantes saudáveis e fisicamente ativos (idade 26,8 ± 5,9 anos; peso 74,1 ± 7,0 kg; altura 1,73 ± 0.1m; percentual de gordura corporal 15,1 ± 5,4%). Todos foram informados dos procedimentos, possíveis riscos e benefícios da pesquisa antes do início dos testes e receberam as orientações para a participação na pesquisa (APÊNDICE A). Os voluntários assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNCICE B) e todos os protocolos e procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), com parecer sob o número **46017114.5.0000.5208** (ANEXO A).

## 4.2 Desenho Experimental

Cada participante visitou o laboratório em sete ocasiões diferentes. Na primeira visita foram submetidos a uma avaliação antropométrica, aferição da pressão arterial, glicemia capilar, respondiam a um questionário PARq (ANEXO B) e realizavam um eletrocardiograma (ECG) de repouso. Essa avaliação tinha como principal objetivo excluir indivíduos com riscos cardiovasculares e caracterizar os indivíduos recrutados (APÊNDICE C). Após o exame, o médico cardiologista emitia um parecer cardiológico, indicando se o indivíduo estava apto ou não para realização dos testes (APÊNDICE D). Em seguida, cada participante realizou um teste incremental no cicloergômetro, com carga progressiva, para determinação do primeiro limiar ventilatório (LV1), do consumo máximo de oxigênio ($VO_2$máx) e das cargas a que seria submetido nos testes experimentais (Figura 1). Nas seis visitas subsequentes, eles realizaram os testes

experimentais de carga fixa, utilizando o mesmo ergômetro do teste incremental, com um desenho duplo-cego, contrabalanceado e controlado por placebo. Uma hora antes de cada sessão experimental, cada participante ingeriu uma cápsula contendo 5 mg/kg de massa corporal de cafeína anidra ou placebo (celulose). Os participantes foram orientados a não consumir alimentos, suplementos ou medicamentos que contivessem cafeína e a não realizar atividade física nas 24 horas que antecederam os testes (APÊNDICE A). Os participantes fizeram um registro alimentar das 24 horas que antecederam o primeiro teste experimental, para que essa dieta fosse repetida no dia anterior a cada teste (APÊNDICE E).

**4.3 Teste incremental**

Antes do teste incremental, a pressão arterial foi aferida no braço esquerdo, utilizando um esfigmomanômetro e estetoscópio da marca (Solidor®), com o voluntário sentado e em repouso prévio por 5 minutos. O ECG foi realizado utilizando um aparelho eletrocardiógrafo (Micromed, Wincardio) com o indivíduo em repouso por 5 minutos. No teste incremental, depois de realizar um aquecimento a 50 watts (W) entre 70 e 80 rotações por minuto (rpm) durante 3 minutos em um cicloergômetro eletromagnético (Ergo-Fit, modelo 167, São Paulo, SP, Brasil), a carga foi aumentada em 25W por minuto até a exaustão. A exaustão foi considerada quando a rotação foi inferior a 65 rpm por mais de 5 segundos ou por mais de 3 vezes consecutivas. Durante todo o teste foram realizadas medidas respiração a respiração de consumo de oxigênio ($VO_2$), dióxido de carbono ($VCO_2$) e ventilação (VE), obtidos através de um analisador automático de trocas gasosas (Cortex, modelo Metalyzer 3B®, Saxony, Liepzig, Germany), bem como, monitoramento do ECG. Antes de cada teste, o analisador de trocas gasosas foi calibrado utilizando o ar ambiente e um cilindro com concentração conhecida de gás

contendo $O_2$ (12%) e $CO_2$ (5%). O medidor de volume (turbina) foi calibrado usando uma seringa de 3 litros de ar (Quinton Instruments, Washington, Seattle, EUA). A frequência cardíaca (FC) foi obtida através de um aparelho cardiofrequencimetro (Polar modelo T 31/34®, Kempele, Finlândia) (Figura 1).

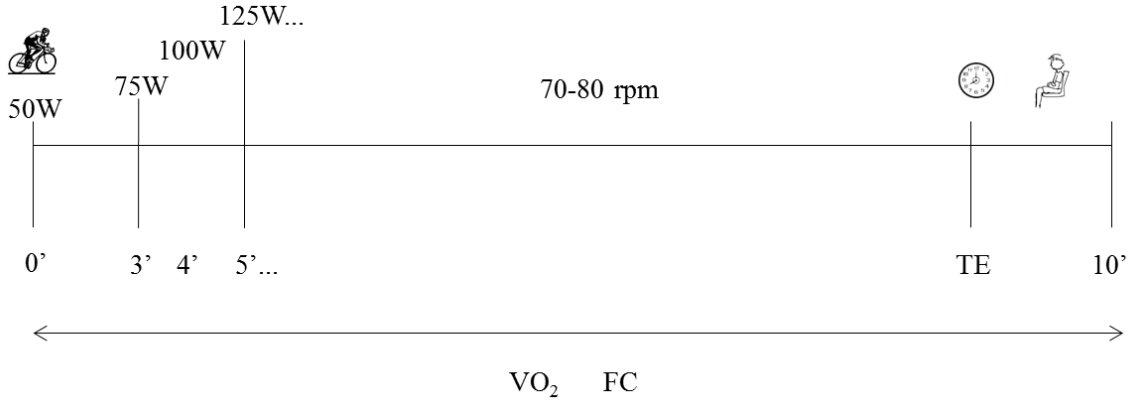



Figura 1. Linha do tempo do teste incremental. rpm (rotações por minuto), $VO_2$ (consumo de oxigênio), FC (frequência cardíaca); TE (tempo de exaustão); : em atividade; : repouso; : registro do tempo.

O $VO_{2máx}$ foi considerado como a média dos valores de $VO_2$ dos últimos trinta segundos do teste. A carga máxima foi calculada usando a fração do tempo permanecida no último estágio multiplicado pela amplitude de aumento da carga (25W). A identificação do LV1 foi feita por dois observadores experientes, através das curvas $VCO_2$ e $VO_2$, observando o momento em que há o aumento desproporcional na produção do $CO_2$ ($VCO_2$) e aumento na relação $VE/VO_2$, sem aumento na relação $VE/VCO_2$ e/ou através da observação do aumento progressivo da pressão expirada de oxigênio sem queda na pressão expirada de $CO_2$. Esse limiar foi determinado em consenso por dois avaliadores, feito de forma independente. Uma pequena correção na carga do LV1 foi realizada por reduzir a carga em 2/3 (dois terços) do valor do incremento (isto é, 25W x 2/3 = 16.6W), tendo em vista que durante o teste incremental há um atraso acumulativo na cinética do $VO_2$ (WHIPP et al, 1981).

**4.4 Determinação das cargas dos testes experimentais**

Com o objetivo de utilizar intensidades de exercício que exigissem gradativamente uma maior contribuição anaeróbia, foram escolhidas cargas acima da potência crítica (Pcrit). A Pcrit foi calculada utilizando as 3 cargas através do seguinte modelo matemático descrito por HILL, 1993.

*trabalho (W) vs. tempo (t):* $W = PC \cdot t + CTA$

Onde: *t* é o tempo até a exaustão, *W* é o total de trabalho realizado durante o teste, *CTA* é a curvatura constante da hipérbole potência-tempo e que representa a capacidade de trabalho anaeróbio, P é a potência, e PC a potência crítica.

A partir da carga referente ao LV1 foram calculadas a carga de aquecimento (90% do LV1), e o delta (Δ), que corresponde à diferença entre as cargas do $VO_{2max}$ e LV1. As cargas dos testes experimentais foram: Δ80 (80% do Δ + carga do LV1), e as cargas referentes a 100 e 120% do $VO_{2max.}$

**4.5 Testes Experimentais**

Os participantes foram submetidos a um exercício de carga constante nas intensidades de Δ80, 100 e 120% $VO_{2max}$ após ingestão de cafeína ou placebo. Os testes foram realizados com intervalo mínimo entre eles de 48 horas. No dia que antecedeu cada teste os sujeitos seguiram a mesma dieta descrita no registro alimentar de 24 horas. Os participantes chegaram ao laboratório 1 hora antes dos testes experimentais e seguiram o seguinte protocolo (figura 2): 1) ingestão de 1 cápsula de cafeína (5 mg/kg) ou placebo (minuto 0); 2) coleta de sangue capilar de repouso (minuto 45); 3) aquecimento por 5 minutos à 90% do LV1 (minuto 50); 4) repouso e coleta de sangue

capilar pós-aquecimento (minuto 55); 5) coleta de sangue capilar pré-teste e início do teste (minuto 60), onde o participante pedalou em uma das cargas descritas até a exaustão. O critério de exaustão foi o mesmo utilizado no teste incremental; 6) recuperação passiva de 10 minutos com coleta de sangue capilar no primeiro minuto após a exaustão e nos minutos 3 e 5 da recuperação (figura 2).

O sangue capilar foi coletado do lóbulo da orelha do indivíduo (40 microlitros) em cada momento descrito acima para análise da [La]. O sangue foi armazenado em microtubos tipo Eppendorfs com 8 microlitros de EDTA e posteriormente centrifugado a 4000 rpm por 15 minutos a 4º C para separação do plasma. Para determinação quantitativa do lactato plasmático foi utilizado o kit Lactato enzimático (Labtest Diagnóstica).

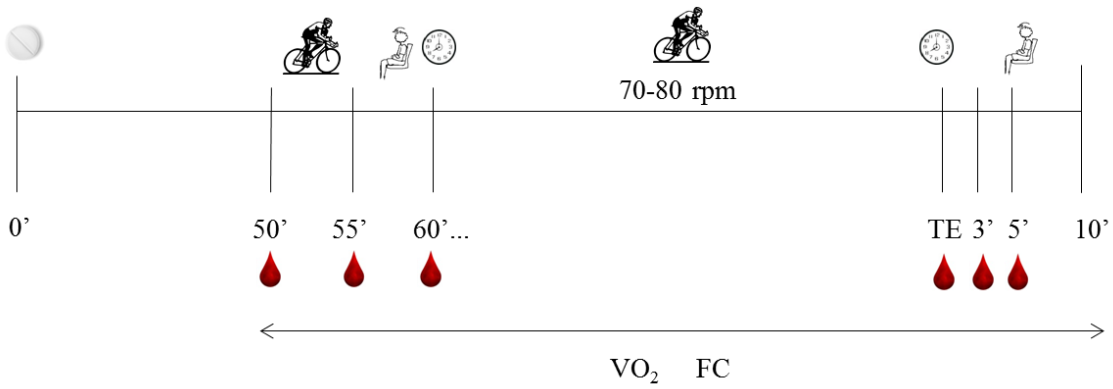



Figura 2. Linha do tempo do teste experimental: rpm (rotações por minuto), $VO_2$ (consumo de oxigênio), FC (frequência cardíaca) TE (tempo de exaustão) : em atividade; : repouso; : registro do tempo; : cápsula de cafeína ou placebo; : coleta de sangue.

**4.6 Cálculo da contribuição dos sistemas energéticos**

A contribuição de cada sistema energético e do gasto energético total durante o exercício foi calculado de acordo com o proposto por Bertuzzi et al, 2016, como descrito abaixo.

### 4.6.1 Sistema aeróbio

A contribuição aeróbia durante o exercício foi calculada a partir da diferença entre o consumo de oxigênio de repouso ($VO_{2rep}$) e o consumo durante o exercício ($VO_{2ex}$). O consumo total de oxigênio durante o repouso é determinado a partir da média do consumo dos últimos 30 segundos ($L.min^{-1}$) desse período multiplicada pelo tempo de duração do exercício (min). Em seguida é calculada a área abaixo da curva do consumo de oxigênio ($L.min^{-1}$) em função do tempo (min) durante o exercício por um método trapezoidal. Por fim, foi feito o cálculo da contribuição do sistema aeróbio subtraindo o consumo total de $O_2$ em repouso (L) do consumo durante o exercício (L) ($VO_{2ex} - VO_{2rep}$).

### 4.6.2 Sistema anaeróbio alático

A contribuição do sistema alático foi calculada através da cinética da curva do excesso do consumo de oxigênio do pós-exercício (componente rápido), através de um modelo biexponencial, que segundo Ozyener, 2001, é mais adequado para descrever a resposta de recuperação do $VO_2$ para exercícios mais intensos similar ao usado no presente estudo. Os dados foram ajustados com a seguinte equação:

$$VO_{2(t)} = VO_{2\ baseline} + A_1 [e^{-(t-td)/t_1}] + A_2 [e^{-(t-td)/t_2}] \quad \text{(equação 1)}$$

Onde:

$VO_{2(t)}$ é o consumo de oxigênio durante o período (t), $VO_{2baseline}$ é o consumo de oxigênio basal, A é a amplitude, td é o tempo de atraso, $\tau$ é uma constante de tempo, e 1 e 2 são os componentes rápido e lento, respectivamente.

Por fim a contribuição alática foi calculada conforme a equação 2.

$$AL = A_1 \, . \, t_1 \qquad \text{(equação 2)}$$

**4.6.3 Sistema anaeróbio lático**

Para calcular a contribuição do sistema lático foi assumido que um aumento na [La] de 1 mM acima dos valores de repouso equivale a 3 mL de $O_2$ consumido por quilograma de peso corporal. Em seguida foi calculado o delta de pico do lactato plasmático (lactato de pico – lactato de repouso) multiplicado por 3 e pela massa corporal do indivíduo. Esse valor do consumo de oxigênio foi obtido em mL, depois convertido em L e em seguida em energia (kJ), assumindo-se que 1L de $O_2$ é igual a 20,92 kJ.

**4.6.4 Gasto energético total**

O gasto energético total durante o exercício foi calculado a partir da soma da contribuição dos três sistemas. A contribuição de cada sistema foi medido em L e depois convertido em kJ, assumindo que 1L de $O_2$ é igual a 20,92 kJ. Todos os cálculos das contribuições dos sistemas energéticos acima descritos foram realizados utilizando um software gratuito (GEDAE-LaB), disponível em http://www.gedaelab.org/ (BERTUZZI et al, 2016).

**4.7 Análise estatística**

A análise estatística foi realizada no programa Statistical Package for Social Sciences (SPSS), versão 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). As variáveis contínuas foram testadas quanto à normalidade através do teste de Kolmogorov-Smirnov. As variáveis apresentaram distribuição normal e foram descritas na forma de média e seus

respectivos desvios-padrão. As médias de cada variável dependente foram comparadas entre placebo e cafeína pelo teste *t* de Student pareado. Para todos os testes foi considerado um $p < 0,05$ para rejeição da hipótese de nulidade.

# 5. RESULTADOS

**Original investigation**

**Effect of caffeine supplementation on energy systems contribution in exercise intensities above the critical power**

Rodrigo Silveira[1]; Lucyana Arcoverde[1]; Victor Andrade-Souza[1]; Fabiano Tomazini[1]; Adriano Eduardo Lima-Silva[1]

[1]Sport Science Research Group, Department of Physical Education and Sports Science (CAV), Federal University of Pernambuco, Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brazil.

**Running title: Caffeine supplementation and energy systems**

Address for correspondence:

Adriano E. Lima-Silva

Sports Science Research Group, Department of Physical Education and Sports Science, Academic Center of Vitoria, Federal University of Pernambuco. Alto do Reservatorio street, Bela Vista, Vitoria de Santo Antão, Pernambuco, Brazil. ZIP CODE: 55608680. Phone/fax number: +55 81 35233351. E-mail address: adrianosilva@usp.br

**Disclosure statement of funding received:** No financial support was received.

The authors declare no conflict of interest.

## ABSTRACT

### Effect of caffeine supplementation on energy systems contribution in exercise intensities above the critical power

**Introduction:** Several studies have shown the effect of caffeine consumption during aerobic and anaerobic performance through protocols that simulate situations experienced in sports. On the other hand, few studies have assessed the effect of caffeine supplementation on anaerobic performance. The ergogenic effect of caffeine supplementation on high-intensity exercise is theoretically associated with its influence on the anaerobic system, specifically the lactic system. **Objective:** To investigate the effect of caffeine supplementation on energy systems contribution and time to exhaustion at different exercise intensities performed above the critical power. **Methods:** Nine healthy and active participants performed an incremental test on a cycle ergometer to determine their first ventilatory threshold (LV1) and $VO_{2max.}$ Then, it was calculated the load for warm up (90% LV1) and the load for experimental tests, which corresponded to Δ80 (80% of the difference between the $VO_{2max}$ and LV1), and 100 and 120% of $VO_{2max}$.. One hour before each experimental session, each participant ingested a capsule containing 5 mg / kg body weight of caffeine or placebo (cellulose). A double-blind, placebo-controlled and counterbalanced design was used. The calculation of the contribution of energy systems from $VO_2$ and lactate measurements was performed using a free software (GEDAE-LaB), available at http://www.gedaelab.org/. **Results:** Caffeine did not promote increased anaerobic contribution in any of the investigated exercise intensities. However, caffeine increased aerobic contribution at Δ80 and there was a tendency to increase aerobic contribution at $VO_{2max}$. The total energy expenditure and time to exhaustion at Δ80 and $VO_2$max were higher after caffeine supplementation. **Conclusion:** In this study, the ergogenic effect of caffeine was not proportional to the increase in exercise intensity. Instead, the caffeine-induced increase in time to exhaustion (and total energy expenditure) was sustained by an increase in the aerobic rather than anaerobic contribution.


Keywords: energy systems; caffeine; critical power; anaerobic contribution; time to exhaustion.

## INTRODUCTION

Several studies have showed the effect of caffeine consumption on exercise using protocols that simulate situations experienced in sports (LOPES-SILVA et al, 2015; TREXLER et al, 2015; KUROBE et al, 2015). Most studies with caffeine focus its effect on aerobic performance, with results showing an improvement in the time of endurance exercise and mitigating the perception of fatigue **(**ASTORINO & ROBERSON, 2010; DAVES & GREEN, 2009). On the other hand, only few studies have assessed the effect of caffeine supplementation on anaerobic performance (DAVES & GREEN, 2009).

A method widely used to evaluate the anaerobic capacity is the maximum accumulated oxygen deficit (MAOD), which is calculated by the predicted energy from the oxygen consumption at submaximal exercise intensities and the $O_2$ accumulated consumption during a supramaximal exercise to exhaustion (MEDBO et al, 1988). Doherty, 2001, described the effect of caffeine intake (5 mg/kg body weight) on maximum accumulated oxygen deficit (MAOD) and performance of trained individuals at a short, supramaximal exercise (125% $VO_2$max). Compared to the placebo, caffeine caused a significant increase in MAOD and time to exhaustion. However, there was no difference in the concentration of post-exercise blood lactate between the two situations (DOHERTY, 1998). Similar findings were reported by Bell et al 2001 in cycle ergometer, where caffeine increased time to exhaustion and MAOD, associated with an increase plasma lactate, glucose and catecholamine (BELL et al., 2001). Interestingly, the highest lactate concentration after supplementation may indicate that caffeine enhances the contribution of lactic system.

In a recent study, Bertuzzi et al, 2013 determined the contribution of aerobic and lactic systems during an incremental test. It was observed that the aerobic contribution

(86-95%) was significantly higher than lactic (5-14%) throughout the test. However, the authors observed that the lactic system gradually increased its contribution at intensities above the second ventilatory threshold (analogous to critical power). Interesting that exercising above the critical power carries to a full use of anaerobic capacity at a rate that is dependent on how above the critical power the exercise is performed (BISHOP; JENKINS; HOWARD, 1998; NAKAMURA, 2001). This suggests that despite the aerobic system is the predominant during the entire test, including reports it even be predominant at intensities of 110-115% of $VO_2$max (LIMA-SILVA, 2013; BERTUZZI, 2015), the anaerobic system becomes progressively more important as the exercise intensity progress. On the other hand, the caffeine-induced increase in high-intensity exercise performance is theoretically associated with its influence on the anaerobic system, more specifically in the lactic portion. From this model, it may be expected that the caffeine will become gradually more important as greater the anaerobic contribution with the increase in the exercise intensity above the critical power.

Thus, the purpose of this study was to investigate the effect of caffeine on energy systems contribution and time to exhaustion during exercise at different intensities above the critical power. Based on evidences suggesting that anaerobic contribution increases as a function of exercise intensity above critical power, and that caffeine has an effect on the anaerobic system during high-intensity exercise, it was hypothesized that caffeine might be more important during the highest exercise intensity.

## METHODS

Nine healthy and physically active participants were recruited (age 26.8 ± 5.9 years, weight 74.1 ± 7.0 kg, height 1.73 ± 0.10 m, body fat percentage 15.1 ± 5.4 %). Participants were informed of the procedures, possible risks and benefits of taken part of

the study before the start of the tests. The volunteers signed a Consent and Informed and all protocols and procedures were approved by the Research Ethics Committee of the Health Sciences Center of the Federal University of Pernambuco.

**Experimental design**

Each participant visited the laboratory on seven different occasions. On the first visit underwent an anthropometric assessment, blood pressure measurement, blood glucose, answered a physical activity readiness questionnaire (PARq) and performed a rest electrocardiogram (ECG). This initial screen was performed to exclude individuals with cardiovascular risk and characterize the recruited individuals. After examination, the cardiologist indicated whether the individual was able or not to perform the tests. Then, each subject performed an incremental test on an electromagnetic cycle ergometer (Ergo-Fit, modelo 167, São Paulo, SP, Brasil) for determination of the first ventilatory threshold (LV1), the maximal oxygen uptake ($VO_2max$). From this test, the experimental power outputs were determined (Figure 1). During the eight subsequent experimental visits, they cycled at a fixed power output on the same cycle ergometer used in the incremental testing. One hour before each experimental session, each participant ingested a capsule containing 5 mg/kg body weight of caffeine or placebo (cellulose), using a double-blind, placebo-controlled and counterbalanced design. Participants were instructed not to consume foods, supplements or medications that contained caffeine and not doing physical activity in the 24 hours prior the experimental tests. Participants filled out a 24-h diet registration form prior to the first day of the experimental test and were instructed to repeated this diet in the day before each trial.

**Incremental test**

Before the incremental test, blood pressure was measured in the left arm using a sphygmomanometer and stethoscope mark (Solidor®), with the volunteer sitting and resting for 5 minutes. The ECG was performed using an electrocardiograph equipment (Micromed, WinCardio) with the individual at rest for 5 minutes. After a warm up at 50 watts (W) for 3 minutes, the load was increased to 25W per minute until exhaustion. Participants were instructed to cycling between 70 and 80 revolutions per minute (rpm), and the exhaustion was assumed when the rotation was less than 65 rpm for a further 5 seconds or more than three times consecutively. Throughout the test were measured breathy-by-breathy oxygen consumption (VO2), carbon dioxide (VCO2) and ventilation (VE), obtained by an automatic analyzer (Cortex, modelo Metalyzer 3B®, Saxony, Liepzig, Germany). Before each test, the analyzer was calibrated using ambient air and a cylinder of known concentration gas containing O2 (12%) and CO2 (5%). The volume (turbine) was calibrated using a 3-L syringe (Quinton Instruments, Washington, Seattle, EUA). Heart rate (HR) was obtained by a cardiofrequencymeter equipment (Polar modelo T 31/34®, Kempele, Finlândia) (Figure 1).

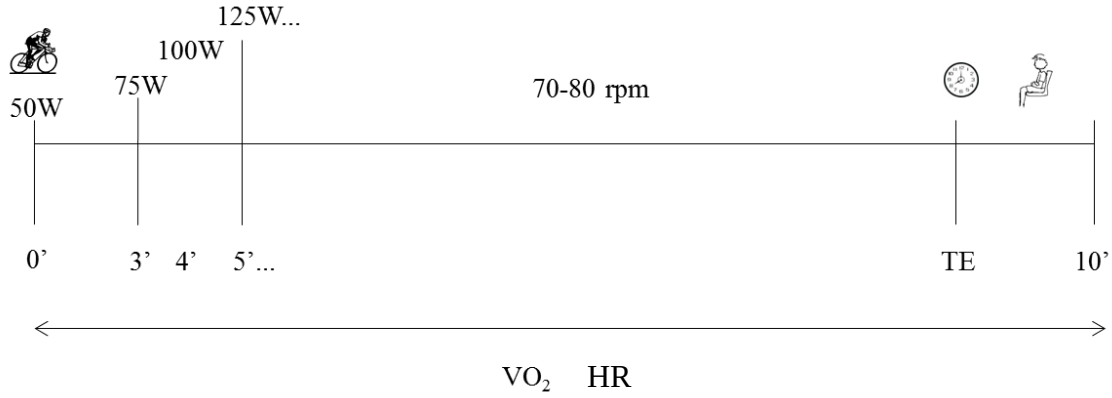



Figure 1. Time line. rpm (revolutions per minute), $VO_2$ (oxygen consumption), HR (heart rate); TE (time to exhaustion); in activity; : rest; : time record.

$VO_2$max was regarded as the average $VO_2$ values of the last thirty seconds of the test. The maximum load was calculated using the fraction of time expended during the

final stage multiplied by the rate of increase in the power output (i.e., 25W). The identification of LV1 was performed independently by two experienced evaluators through the $VCO_2$ and $VO_2$ curves, using the following criteria: 1) a disproportionate increase in $CO_2$ production ($VCO_2$) and an increase in the ratio $VE/VO_2$; 2) no increase in the ratio $VE/VCO_2$ and / or 3) a progressive increase in oxygen expired without pressure drop in expired $CO_2$ pressure. Considering that during the test there is an incremental cumulative delay in $VO_2$ kinetics (WHIPP et al, 1981), acorrection in the LV1 power output was performed by reducing the identified LV1 power output by two thirds (2/3) of the increment rate (i.e., $25W \cdot 2/3 = 16.6W$).

**Power output in the experimental tests**

The power outputs corresponded to 80% of the LV1 and $VO_2$max difference (Δ80), and 100 and 120% of $VO_2$max.

**Experimental tests**

Participants underwent an exercise until the exhaustion at Δ80, 100 and 120% $VO_2$max after intake of caffeine or placebo. The tests were performed with an interval between them of 48 hours for washout. The participants arrived the laboratory 1 h before the test and followed the following protocol (Figure 2): 1) intake a caffeine (5 mg / kg) or a placebo capsule (minute -60); 2) capillary blood collection of ( minute -15); 3) warm up for 5 minutes at 90% of LV1 (minute -10); 4) post warm up capillary blood collection (minute -5); 5) pre-test blood collection and beginning the test (minute 0). Participants cycled until the exhaustion (the same criteria used in the incremental test); 6) passive recovery during 10 minutes with capillary blood collection at minutes 1, 3 and 5 of recovery.

Capillary blood samples were collected from the ear lobe (40 microliters) at each described moment for plasma lactate concentration ([La]) analysis. Blood was stored in Eppendorf microtubes type with 8 microliters of EDTA and then centrifuged at 4000 rpm for 15 minutes at 4 ° C to separate plasma. For the quantitative determination of [La], enzymatic kit was used (Labtest Diagnóstica).

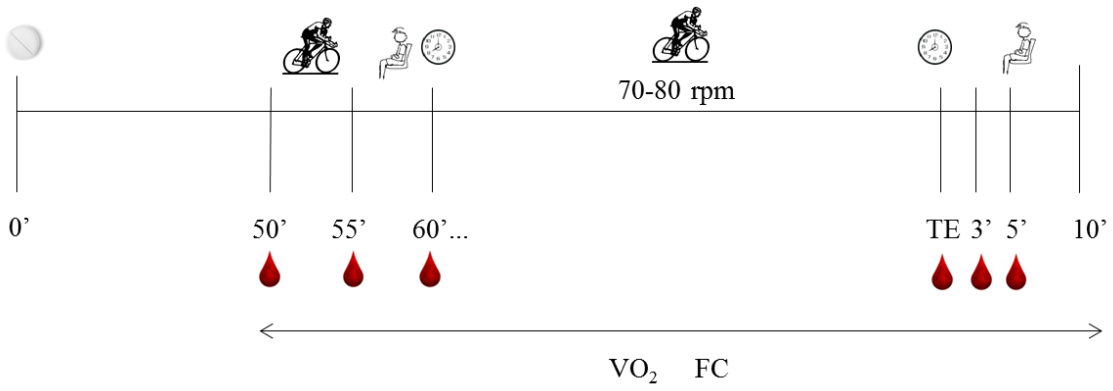



Figure 2. Time line. rpm (revolutions per minute), $VO_2$ (oxygen consumption), HR (heart rate) TE (time to exhaustion). in activity; : rest; : time record. : caffeine or placebo capsule; : blood sampling.

**Calculation of the energy systems contribution**

The contribution of each energy system and the total energy expenditure during exercise was calculated according to proposed by Bertuzzi et al, 2016, as described below. Calculations were carried out using a free software (GEDAE-LaB), available at http://www.gedaelab.org/ (BERTUZZI et al, 2016).

**Aerobic system**

The aerobic contribution was calculated from the area under the curve for oxygen consumption ($L.min^{-1}$) versus exercise time (min) using the trapezoidal method.

Subsequently, the estimated total $O_2$ consumed was subtracted to the corresponding rest values.

**Alactic anaerobic system**

The alactic contribution was calculated using the fast component of the $VO_2$ recovery curve through a bi-exponential model, which according Ozyener, 2001 is more appropriate to describe the $VO_2$ recovery response for intense exercises such as those used in this study. The data were fitted with the following equation:

$$VO_{2(t)} = VO_{2\ baseline} + A_1 [e^{-(t-td)/t_1}] + A_2 [e^{-(t-td)/t_2}] \quad \text{(equation 1)}$$

Where:

$VO_2$ (t) is the oxygen consumption during the period (t), $VO_2$baseline is the consumption baseline oxygen, A is the amplitude, td is the time delay, τ is a time constant, and 1 and 2 are component fast and slow, respectively. Lastly the alactic contribution was calculated according to the equation 2.

$$AL = A_1 . t_1 \quad \text{(equation 2)}$$

**Anaerobic lactic system**

To calculate the contribution of lactic system was assumed that an increase of 1 mM in plasma [La] above basal levels is equivalent to 3 mL of $O_2$ consumed per kilogram of body weight. Then we calculated the delta lactate produced by exercise (peak lactate - resting lactate) multiplied by 3 and the body mass of the individual.

**Total energy expenditure**

The total energy expenditure during exercise was calculated from the sum of the three systems contribution. The contribution of each system was measured in L and converted to energy (kJ), assuming that 1 L of $O_2$ is equal to 20.92 kJ**.**

**Statistical analysis**

The database was created in Excel for Windows, version 2007. The statistical analysis was performed using the Statistical Package for Social Sciences (SPSS), version 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Dependent variables were tested for normality using the Kolmogorov-Smirnov test. The variables were normally distributed and were described as mean and SD. Each dependent variable was compared between placebo and caffeine through paired *t* test. For all tests was considered $p < 0.05$ to reject the null hypothesis.

**RESULTS**

The absolute contribution (kJ) of each energy system and of the total energy expenditure in absolute and percentage of caffeine and placebo groups are presented in Table 1 and Figure 3, respectively. Caffeine increased the contribution of the aerobic system only at Δ80 ($p < 0.05$), while there was a tendency to increase in absolute aerobic contribution with caffeine in exercise performed at $VO_{2max}$ ($p = 0.072$). Total energy expenditure was higher in the supplemented group compared to placebo at Δ80 and $VO_{2max}$.

**Table 1. Contribution of energy systems at different intensities of exercises performed above the critical power**

| W | Intensity | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Delta 80 | | $VO_{2max}$ | | 120% $VO_{2max}$ | |
| | **PLA** | **CAF** | **PLA** | **CAF** | **PLA** | **CAF** |
| Aerobic (kJ) | 210,3 ± 71,9 | 296,6* ± 91,1 | 140,6 ± 36,0 | 164,3† ± 27,4 | 80,8 ± 14,5 | 77,1 ± 16,9 |
| Lactic (kJ) | 42,0 ± 7,0 | 40,5 ± 5,1 | 38,5 ± 9,2 | 41,0 ± 3,9 | 37,7 ± 7,1 | 38,1 ± 7,1 |
| Alactic (kJ) | 23,8 ± 9,9 | 22,8 ± 9,4 | 15,8 ± 8,3 | 20,2 ± 5,4 | 26,4 ± 8,1 | 20,4 ± 10,3 |
| **Total** | **288,9 ± 67,2** | **359,9* ± 90,9** | **194,9 ± 35,8** | **224,9* ± 29,3** | **145,0 ± 18,2** | **135,7 ± 23,3** |

Data presented as mean ± SD. PLA: placebo; CAF: caffeine. Delta: the difference between the loads of $VO_{2max}$ and LV1. W Total: Total energy demand. * P <0.05, † p = 0.07 compared with placebo (paired t test).

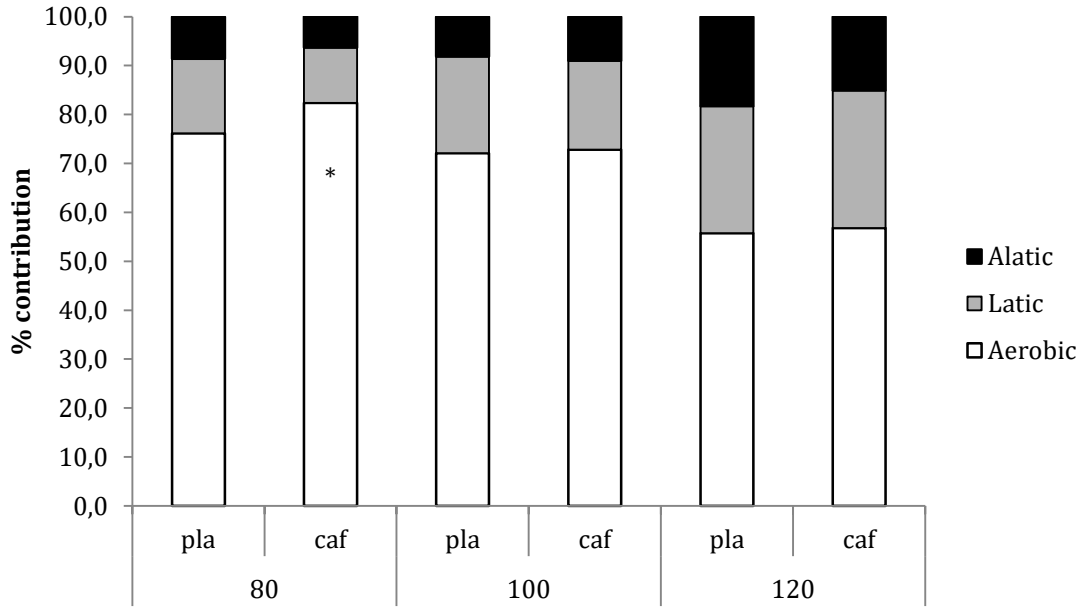



Figure 3. Effect of caffeine on the relative contribution of each energy system during exercises with intensity above the critical power. pla (placebo), caf (caffeine). *p <0.05.

Figure 4 shows the magnitude of caffeine effects (by measuring the percentage of increase with caffeine) on the contribution of energy systems for each exercise intensity. Caffeine increased the aerobic contribution at Δ80 and total energy expenditure at Δ80 and $VO_{2max}$. There was a tendency to sn increase (p = 0.07) in the aerobic contribution at $VO_2$max. There was no influence of caffeine on anaerobic contribution (alactic and lactic) in any of the exercise intensities.

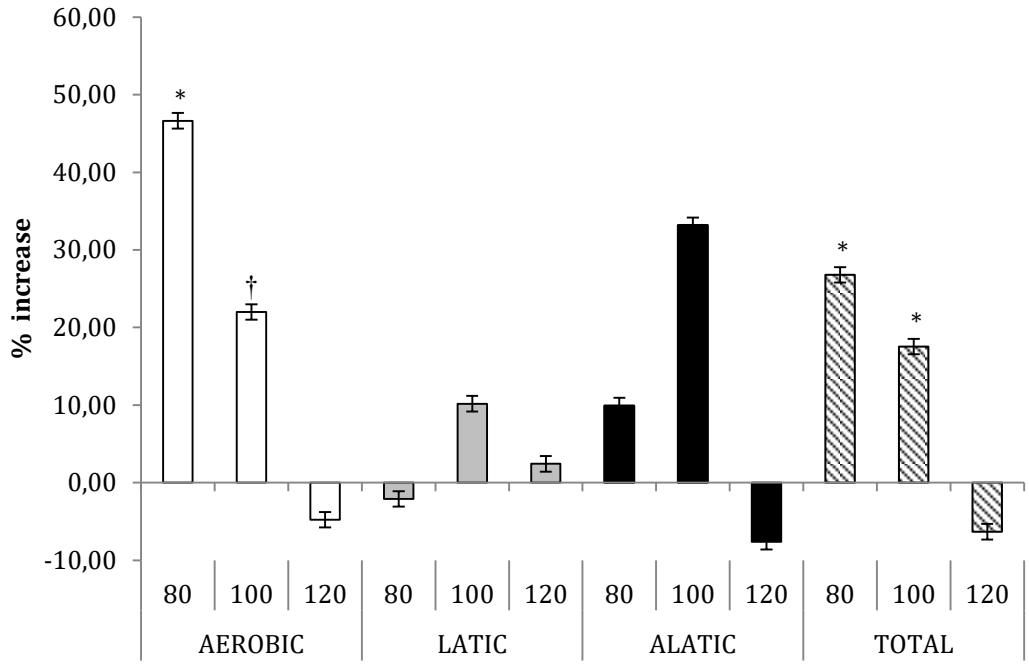



Figure 4. Effect of caffeine on increasing the contribution of the energy systems in exercises with intensity above the critical power. * P <0.05, † P = 0.07.

Caffeine promoted an increase in time to exhaustion at the same intensities which there was effect on the aerobic contribution (Δ80 and $VO_2$max), but had no effect at 120% $VO_2$max.

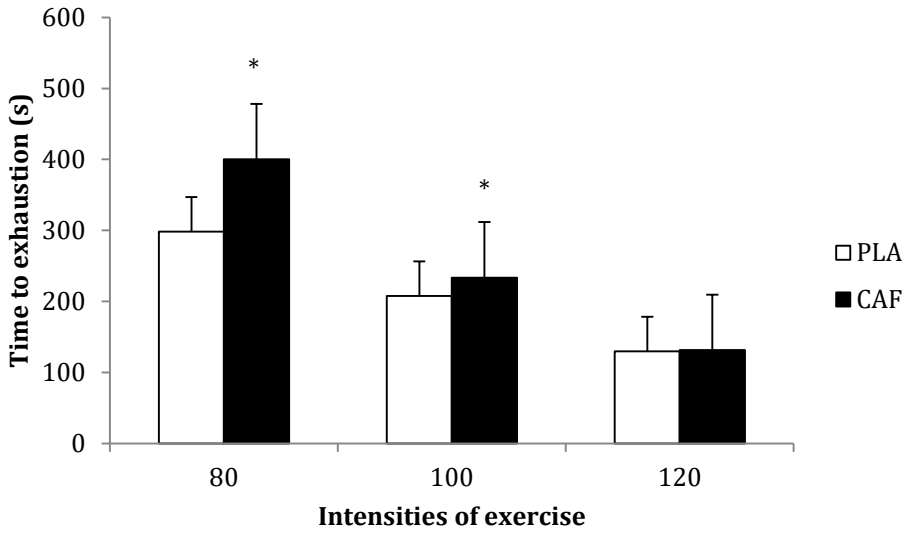



Figure 5. Effect of caffeine on time to exhaustion in exercise with intensity above the critical power. * P <0.05.

**DISCUSSION**

The aim of this study was to evaluate the effect of caffeine on the energy systems contributions (aerobic, lactic and alactic) and time to exhaustion in exercise performed at intensities above the critical power. The main findings were: 1) Caffeine promoted an increase only in the aerobic contribution at Δ80 and a tendency to increase at $VO_{2max}$; 2) The supplemented group had a higher total energy expenditure at Δ80 and $VO_{2max}$. 3) The time to exhaustion was higher in caffeine condition at Δ80 and $VO_{2max}$; 4) There was no effect of caffeine on anaerobic contribution.

In this study, the aerobic system was prevalent in all exercise intensities even with exercises above the $VO_2$max. Caffeine increased aerobic system, however, only at exercise intensities equal or lower than $VO_2$max, suggesting that the ergogenic effect of supplementation is associated with aerobic metabolism and thus does not affect the exercises with supramaximal intensity, since the intensities above the $VO_2$max the aerobic metabolism is gradually is replaced by anaerobic metabolism. The contribution of energy systems was evaluated by Bertuzzi et al (2013) during an incremental test. The results showed a significant increase in the glycolytic system at exercise intensities

between the anaerobic threshold and the $VO_2$max. According to the authors, regardless of the increase in the glycolytic system, aerobic system is still predominant above the anaerobic threshold. However, despite not being the dominant system, the anaerobic becomes more important as the exercise intensity progress, especially at power outputs above $VO_{2max}$ (BERTUZZI et al, 2013).

Total energy expenditure was higher in caffeine condition compared to placebo at Δ80 and $VO_2$max, which can be justified by the increased aerobic contribution in these intensities. Silva-Cavalcante et al, 2013 also observed effects of caffeine on the total energy contribution during a 4-km cycling time trial performed approximately 90-95% of $VO_2$max, however this result was attributed to the lactic system. In the study by Santos et al (2013), caffeine did not increase the total energy expenditure.

A significant increase in time to exhaustion (TE) on the caffeine condition was found. This increase occurred at the same intensities where there was a higher aerobic contribution (Δ80 and $VO_2$max), which suggests that the extension of the exercise time was sustained by aerobic increase promoted by caffeine and not the anaerobic as has been suggested, even with intensities above the critical power. The increase in TE with caffeine supplementation was also found by Graham, Rush & Van Soeren (1994), Sinclair & Geiger (2000) and Bell (2000) observed an increase of approximately 8% in the TE when compared to placebo. Santalla, Lucia & Pérez (2001) also found a significant increase in time to exhaustion with caffeine during high-intensity endurance exercise (> 80% $VO_2$max). Doherty (1998) evaluated the effect of caffeine (5 mg / kg) maximum accumulated oxygen deficit (MAOD) in a supramaximal test (125% $VO_2$max) in a sprint, in its results caffeine condition increased the TE, however there was no difference on the lactate concentration after exercise between placebo and caffeine, suggesting that this increase could not have been due to increased glycolytic

contribution. Despite not having been quantified aerobic contribution to this study, the increase in time to exhaustion may have occurred through greater aerobic contribution.

Most studies relating the effect of caffeine on anaerobic contribution used MAOD to estimate the anaerobic capacity. Considering this method takes into account the calculation of the area found between the linear extrapolation of submaximal loads and the actual consumption of oxygen generated from a supramaximal load, if the individual maintains longer the area generated will also be higher, incurring a possible misinterpretation, thus overestimating the anaerobic contribution. In addition, the possibility exists that caffeine improves efficiency during exercise, resulting in a smaller consumption of oxygen and allowing the individual extend TE. It should also be noted that in the MAOD submaximal loads are calculated on the placebo condition, generating in turn a linear behavior greater than would be on the caffeine condition, which would also increase the area calculated as anaerobic contribution and did not reflect the actual effect of the supplement. The method used in this study does not have the above limitations, given that they calculate the contributions of energy systems using $VO_2$ (rest and exercise) and [La] plasma, which makes it the most reliable method for objective proposed.

## CONCLUSION

In this study, despite expectations, caffeine did not affect the anaerobic contribution in any of the exercise intensities. The aerobic contribution was influenced by caffeine only at sub $VO_2$max intensities, allowing more time for exercise, which may explain a possible flaw in the interpretation of the results of other studies with MAOD. It is possible that caffeine improves efficiency by reducing the oxygen consumption during exercise, extending the exhaustion and in turn improving performance.

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente estudo, ao contrário do esperado, a cafeína não interferiu na contribuição anaeróbia em nenhuma das intensidades. A contribuição aeróbia sofreu influência da cafeína apenas nas intensidades submáximas o que permitiu um maior tempo em exercício, o que pode justificar uma possível falha na interpretação dos resultados de outros trabalhos com MAOD.

São necessários outros estudos avaliando a contribuição anaeróbia com a suplementação de cafeína no MAOD, no entanto, utilizando a condição cafeína para as cargas submáximas e a supramáxima, no intuito de gerar um comportamento linear que represente o consumo de oxigênio nessas condições, desse modo o cálculo da área gerada a partir desses dados poderia demonstrar se há influência da cafeína no sistema anaeróbio em exercícios com intensidades acima da potência crítica.

# REFERÊNCIAS

ALTIMARI, L.R. et al. Cafeína: ergogênico nutricional no esporte. **Rev. Bras. Ciên. e Mov.,** Brasília, v.9, n.3, p.57-64, jul., 2001.

_____, L.R. et al. Efeito ergogênico da cafeína na performance em exercícios de média e longa duração. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto,** Portugal, v.5, n.1, p. 87-101, 2005.

_____, L.R. et al. Cafeína e performance em exercícios anaeróbios. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 1, p. 17-27, Jan./Mar. 2006.

ASTORINO, T.A.; ROBERSON, D.W. Efficacy of acute caffeine ingestion for short-term high-intensity exercise performance: A systematic review. **Journal Strength Cond. Res.,** v. 24, n.1, p.257–265, Jan. 2010.

BELL, D.G.; JACOBS, I.; ZAMECNIK, J. Effects of caffeine, ephedrine and their combination on time to exhaustion during high-intensity exercise. **Eur J Appl Physiol**, v.77, p. 427-433, Sep. 1998.

____, D.G.; JACOBS, I.; ELLERINGTON, K. Effect of caffeine and ephedrine ingestion on anaerobic exercise performance**. Med Sci Sports Exerc.** v. 33, p. 1399-1403, Aug. 2001.

BERTUZZI, R. et al. Energy System Contributions during Incremental Exercise Test. **Journal of Sports Science and Medicine**, v.12, p. 454-460, 2013;

_____, R. et al. Association between anaerobic components of the maximal accumulated oxygen deficit and 30-second Wingate test. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research,** v.48, n.3, p. 261-266, Jan. 2015.

_____, R. et al. GEDAE LaB: A Free Software to Calculate the Energy System Contributions during Exercise. **Plos One**, USA, v.11, n. 1, Jan. 2016.

BISHOP, D.; JENKINS, D.G.; HOWARD, A. The Critical Power Function is Dependent on Duration of the Preditive Exercise Tests Chosen. **Int. J. Sports Med**., New York, v.19, p. 125-129, Mar. 1998.

CAPUTO, F. et al. Cafeína e desempenho anaeróbio. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano (RBCDH)**,v. 14, n. 5, p. 602-614, 2012.

DAVIS, J.K.; GREEN, J.M.; Caffeine and anaerobic performance ergogenic value and mechanisms of action. **Sports Medicine**. USA, v. 39, p. 813–832, 2009.

DEL COSO, J.; MUNOZ, G.; MUNOZ-GUERRA, J. Prevalence of caffeine use in elite athletes following its removal from the World Anti-Doping Agency list of banned substances. **Applied Physiology Nutrition and Metabolism,** v. 36, n. 4, p. 555-561, Aug. 2011.

DOHERTY, M. The effect of caffeine on the maximal accumulated oxygen déficit and short-term running performance. **International Journal of Sport Nutrition**. v.8, n.2, p. 95-104. Jun. 1998;

GLAISTER, M. et al. Caffeine Supplementation and Multiple Sprint Running Performance, **Medicine & Science In Sports & Exercise**, United Kingdom, p. 1835-1840, mar. 2008;

GOASDUFF, T. et al. Induction of liver and kidney CYP 1A1/1A2 by caffeine in rat. **Biochem. Pharmacol**., v. 52, n.12, p. 1915-1919, Dec.1996.

GRAHAM, T.E.; RUSH, J.W.; VAN SOEREN, M.H. Caffeine and exercise: metabolism and performance. **Can. J. Appl. Physiol**., v. 19, n. 2: 111-138, 1994.

_____, T.E. Caffeine, coffee and ephedrine: impact on exercise performance and metabolism. **Can. J. Appl. Physiol.,** v.26 (suppl), p. 103-119, 2001.

GREER, F.; MCLEAN, C.; GRAHAM, T.E. Caffeine, performance, and metabolism during repeated Wingate exercise tests. **Journal Applied Physiology.** Canada, v. 85, p.1502-1508, Dec. 1998.

HULLEMANN, K.D.; METZ, J. **Doping**. In: Medicina Esportiva: Clínica e Prática. São Paulo: Edusp, p.213-235,1982.

KALMAR, J.M.; CAFARELLI, E. Caffeine: A Valuable Tool to Study Central Fatigue in Humans? **Exerc. Sport Sci. Rev.**, Canadá, v. 32, n. 4, p. 143–147, June. 2004.

KALOW, W.; TANG, B**.** The use of caffeine for enzymatic assays: A critical appraisal. **Clinical Pharmacology Therapeutics,** Canada, **v.** 53, p.503-514, May.1993;

KUROBE, K. et al. Combined effect of coffee ingestion and repeated bouts of low-intensity exercise on fat oxidation.**Clin Physiol Funct Imaging,** Osaka, p.1-7, Jun. 2015.

LIMA-SILVA, A.E. et al. Effects of a low- or a high-carbohydrate diet on performance, energy system contribution, and metabolic responses during supramaximal exercise. **Appl Physiol Nutr Metab**., v.38, n. 9, p.928-934, Sep. 2013

LINDINGER, M. I.; GRAHAM, T. E.; SPRIET, L. L.. Caffeine attenuates the exercise-induced increase in plasma [K+] in humans. **Journal Of Applied Physiology,** v. 3, n. 74, p.1149-1155, mar. 1993.

LOPES-SILVA, J.P. et al. Caffeine ingestion increases estimated glycolytic metabolism during taekwondo combat simulation but does not improve performance or parasympathetic reactivation. **Plos One**, Austrália, v. 10, p. 1-16, Nov. 2015.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fundamentos de Fisiologia do Exercício.** 2. ed. USA: Guanabara Koogan, 2000. 667 p.

MEDBO J.I. et al. Anaerobic capacity determined by maximal accumulated $O_2$ deficit. **Journal Applied Physiology**,v.64, p. 50-60, Jan. 1988.

MITCHELL, D.C. et al. Beverage caffeine intakes in the US. **Food Chemical Toxicology**, USA, v. 63, p. 136–142, 2014;

NAKAMURA, F. Y. et al. O limiar de esforço percebido (LEP) corresponde à potência crítica e a um indicador de máximo estado estável de consumo de oxigênio. **Rev Bras Med Esporte,** Londrina, v. 3, n. 11, p.197-202, Mai/Jun. 2005.

ÖZYENER, F et al. Influence of exercise intensity on the on- and offtransient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans**, Journal of Physiology.** v. 533, p**.** 891–902, 2001;

RANG, H.P.; DALE, M.M. Farmacologia. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996, 808 p.;

SANTALLA, A.; LUCIA, A.; PÉREZ, M. Caffeine Ingestion Attenuates the $VO_2$ Slow Component during Intense Exercise. **Japanese Journal Of Physiology,** Madrid, v. 6, n. 51, p.761-764, set. 2001.

SANTOS, R. A. et al. Caffeine Alters Anaerobic Distribution and Pacing during a 4000-m Cycling Time Trial. **Plos One,** [s.l.], v. 8, n. 9, p.1-10, set. 2013.

SILVA-CAVALCANTE, M. D. et al. Caffeine Increases Anaerobic Work and Restores Cycling Performance following a Protocol Designed to Lower Endogenous Carbohydrate Availability. **Plos One,** [s.l.], v. 8, n. 8, p.1-10, ago. 2013.

SINCLAIR C.J.D. & GEIGER J.D. Caffeine use in sport: a pharmacological review. **Journal Sports Medicine and Physical Fitness.** v. 40, n.1, p.71-79, Mar. 2000;

SOKMEN B, et al. Caffeine use in sports: considerations for the athlete. **Journal of Strength and Conditioning Research.** v. 22, p. 978–986, May.2008;

SPRIET, L.L. Caffeine and performance. **Int. J. Sports Nutr**., v.5, Supl. n.1, p. 84-99, Jun. 1995.

_____, L. L.. Exercise and Sport Performance with Low Doses of Caffeine. **Sports Med,** [s.l.], v. 44, n. 2, p.175-184, out. 2014.

STUART, et al. Multiple effects of caffeine on simulated high-intensity team-sport performance. **Medicine & Science In Sports & Exercise**, New Zealand, v.37, n. 11, p.1998-2005, Nov. 2005;

TARNOPOLSKY M.A. Caffeine and endurance performance. **Sports Medicine**. Canada, v.18, n. 2, p.109-125, Aug. 1994

TREXLER, E.T. et al Effects of coffee and caffeine anhydrous on strength and sprint performance, **European Journal of Sport Science**, USA, 2015, Disponível em http://dx.doi.org/10.1080/17461391.2015.1085097. Acesso em 10/11/2015;

WHIPP B.J. et al. A test to determine parameters of aerobic function during exercise. **J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol**., v. 50, n.1, p. 217-221, Jan. 1981.

# APÊNDICES

## APÊNDICE A

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**
**CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA**
**GRUPO DE PEQUISA EM CIÊNCIA DO ESPORTE**

ORIENTAÇÕES PARA O PERÍODO DE PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA
**"EFEITO DO CONSUMO AGUDO DE CAFEÍNA NA CAPACIDADE DE TRABALHO ANAERÓBIO"**

1. Não realizar atividade física nas 24 horas que antecedem os testes;
2. Seguir rigorosamente a dieta descrita no registro alimentar de 24 horas;
3. Não ingerir suplementos ou medicamentos que contenham cafeína (ler composição);
4. Não ingerir alimentos que contenham cafeína: café, chocolates, chás e refrigerantes;
5. Manter a rotina de treinamentos e hábitos alimentares durante o período da pesquisa.

**APÊNDICE B**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

**CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA**

**GRUPO DE PEQUISA EM CIÊNCIA DO ESPORTE**

**Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (T.C.L.E)**

Convido o Sr. para participar, como voluntário (a), do estudo "EFEITO DO CONSUMO AGUDO DE CAFEÍNA NA CAPACIDADE DE TRABALHO ANAERÓBIO". Este Termo de Consentimento pode conter alguns tópicos que o senhor não entenda. Caso haja alguma dúvida, pergunte à pessoa a quem está lhe entrevistando, para que o senhor esteja bem esclarecido sobre tudo que está respondendo. Após ser esclarecido sobre as informações a seguir, caso aceite fazer parte do estudo, rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa o Sr. não será penalizado de forma alguma. Também garantimos que o Senhor tem o direito de retirar o consentimento da sua participação em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer penalidade. Em caso de dúvida você pode procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: Avenida da Engenharia s/n – 1º andar, Sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740- 600. Tel.: 2126.8588. e-mail: cepccs@ufpe.br.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Título do Projeto: "Efeito do consumo agudo de cafeína na capacidade de trabalho anaeróbio"

Pesquisador Responsável: Professor Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva.

Endereço/Telefone/e-mail para contato (inclusive ligações a cobrar): Núcleo de Educação Física e Ciências do Esporte. Centro Acadêmico de Vitória. Rua do Alto do Reservatório s/n, Bela Vista. Vitória de Santo Antão/PE. CEP: 55608-680 / (81) 35233351/ limasilvaae@hotmail.com

Pesquisadores participantes: Lucyana Galindo Arcoverde Vaz; Rodrigo Luis da Silveira Silva.

- Telefones para contato: (81) 35233351; (81) 95935980; (81) 87199042; (81) 88279280. A partir desse termo de consentimento e das explicações verbais dadas pelos pesquisadores envolvidos na pesquisa e citados acima, ficou claro que:
- Que o estudo se destina a verificar como a ingestão de cafeína uma hora antes do exercício atua sobre o desempenho físico;

- A importância desse estudo é investigar como o consumo de cafeína, o ergogênico mais consumido entre atletas e praticantes de exercício físico, pode melhorar o desempenho físico. Isso pode ser decisivo no resultado de uma competição.
- Que esses experimentos começarão em março de 2015, com previsão de término para julho de 2015.
- Que o estudo será feito da seguinte maneira: Eu deverei visitar o laboratório de Fisiologia do Exercício do Centro Acadêmico de Vitória, CAV/UFPE, oito vezes. Na primeira visita, responderei a um questionário denominado "PAR-Q", que pode identificar indivíduos com risco cardiovascular (DCV). Caso não seja identificado nenhum risco para DCV, reponderei ao "Questionário de caracterização do participante", em seguida serei submetido a uma avaliação antropométrica, um eletrocardiograma de repouso e aferição da pressão arterial. A partir desses exames e questionários terei um diagnóstico da saúde do meu coração e serei informado se poderei prosseguir no estudo. Um médico cardiologista, Dr André Sansonio (CRM: 15251), irá realizar a minha avaliação cardiológica. Se houver a liberação médica, realizarei um teste incremental, onde os pesquisadores aumentam a intensidade do esforço a cada um minuto até eu não conseguir mais pedalar ou pedir para interromper o teste. Após esse teste, receberei um formulário de registro alimentar de 24 horas que eu deverei preencher e trazer na segunda visita. Na visita 2 realizarei uma sessão de familiarização, onde farei uma simulação dos testes subsequentes. Antes de iniciar o exercício serei perguntado a respeito da minha predisposição para realizar o exercício, utilizando uma escala predeterminada (escala de predisposição ao exercício físico), logo após, farei um aquecimento de 5 minutos no cicloergômetro com uma carga que será determinada a partir do teste incremental, realizado na visita 1. Após o aquecimento, voltarei ao repouso por 5 minutos, em seguida irei pedalar com uma carga fixa até a exaustão. Ao final do exercício, direi o grau de esforço realizado por mim, através de uma escala predeterminada (Escala de percepção subjetiva de esforço), em seguida ficarei em repouso por 10 minutos, concluindo assim o protocolo de familiarização. Nas próximas seis visitas, participarei da realização dos testes experimentais, que deverão ser realizados sempre no mesmo horário. Nos dias de teste, chegarei ao laboratório e tomarei uma cápsula que poderá ser de cafeína ou celulose, após 45 minutos, me posicionarei no cicloergômetro e responderei sobre a minha predisposição para realização do exercício físico, nesse momento será coletada uma amostra de sangue capilar do lóbulo da minha orelha para análise do lactato plasmático de repouso. No minuto 50 após a ingestão da cápsula, farei um aquecimento de 5 minutos, com uma carga que já foi pré-determinada. Concluído o aquecimento, ficarei em repouso por 5 minutos para em seguida iniciar o teste experimental com uma carga fixa aos 60 minutos após a ingestão da cápsula até a exaustão. Após o teste deverei dizer o grau de esforço realizado por mim. Ficarei em repouso por 10 minutos após o teste, no entanto, no minuto

3, será coletada mais uma amostra de sangue capilar do lóbulo da minha orelha para avaliar o lactato pós-exercício (lactato de pico). Ao final do repouso, o protocolo do teste experimental estará concluído. No dia que antecede cada teste, deverei consumir a mesma dieta descrita no registro alimentar de 24 horas. Não poderei realizar atividade física e consumir alimentos, suplementos ou drogas que contenham cafeína nas 24 horas que antecedem cada um dos testes experimentais. Cada uma dessas visitas terá duração de aproximadamente 2 horas.

- Eu fui informado que os testes poderão ser interrompidos por decisão dos pesquisadores ou por mim, caso eu me sinta cansado e indisposto.
- Eu fui informado que imediatamente antes e após os testes experimentais, portanto em seis visitas, serão coletados 100 microlitros de sangue capilar do lóbulo da minha orelha.
- Eu fui informado quanto aos possíveis riscos à minha saúde física e mental, tais como: riscos de morte súbita por infarto do miocárdio, episódios vaso vagais, dor muscular e rigidez. No entanto, fui informado que estes eventos são extremamente raros (< 0,1 %) e improváveis quando os cuidados com a triagem e sintomas são observados antes e durante os testes, como os pesquisadores estão fazendo. Além disso, fui informado que a suplementação de cafeína pode provocar: desidratação, taquicardia, insônia, hipertensão, tremores, nervosismo, irritabilidade, ansiedade, náuseas e desconforto gastrointestinal, mas que esses eventos são muito raros (< 0,1% dos casos) com a dose que será utilizada nesse estudo (5mg/kg).
- Que não existem outros meios conhecidos para se obter os mesmos resultados.
- Além disso, caso haja necessidade de assistência hospitalar, o professor Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva, responsável pela pesquisa, ou os pesquisadores participantes Lucyana Galindo Arcoverde Vaz e Rodrigo Luis da Silveira Silva, irão ligar para o SAMU (192) e solicitar atendimento emergencial.
- Que os benefícios que deverei esperar com a minha participação são: que terei acesso aos resultados de todos os meus testes de avaliação física, desempenho cardiorrespiratório e parecer cardiológico. Esses resultados além de refletirem o meu estado geral de saúde, me ajudarão na programação/modificação dos meus treinamentos**.** Ademais, ao final dos experimentos, poderei ser atendido pelos Nutricionistas pesquisadores, que me fornecerão um planejamento dietético individualizado.
- Que, sempre que desejar serão fornecidos esclarecimentos sobre cada uma das etapas do estudo.
- Que, a qualquer momento, eu poderei recusar a continuar participando do estudo e, também, que eu poderei retirar este meu consentimento, sem que isso me traga qualquer penalidade ou prejuízo.

- Que as informações conseguidas através da minha participação não permitirão a identificação da minha pessoa, exceto aos responsáveis pelo estudo, e que a divulgação das mencionadas informações só será feita entre os profissionais estudiosos do assunto.
- Nome e Assinatura do pesquisador _____

Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva

As informações desta pesquisa serão confidencias e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (entrevistas, filmagens, etc) ficarão armazenados no computador do laboratório de fisiologia do exercício do Centro Acadêmico de Vitória da Universidade Federal de Pernambuco (CAV/UFPE), sob a responsabilidade dos pesquisadores, no endereço acima informado, pelo período de no mínimo 5 anos.

O senhor não pagará nada para participar desta pesquisa. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação). Fica também garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial.

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO

Eu,_____,

RG: ,CPF: , abaixo assinado, após a leitura deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo "Efeito do consumo agudo de cafeína na capacidade de trabalho anaeróbio", como sujeito. Fui devidamente informado e esclarecido pelos pesquisadores _____ sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade ou interrupção de meu acompanhamento/ assistência/tratamento.

Local e data _____

Nome e Assinatura do participante: _____

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar.

02 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome: _____

Assinatura: _____

Nome: _____

Assinatura: _____

**APÊNDICE C**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

**CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA**

**GRUPO DE PEQUISA EM CIÊNCIA DO ESPORTE**

## QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO PARTICIPANTE

**NOME:_____ DATA: ___/___/___**

**D.N.:___/___/___ IDADE: _____ANOS TELEFONE: _____**

**NÚMERO: _____**

**DADOS DA AVALIAÇÃO**

| PESO ATUAL | ALTURA | IMC | P.A. | HGT |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| PC PEITO | PC ABD | PC COXA | % GORD. | ECG |
| | | | | |

**ATIVIDADE FÍSICA**

| TIPO | FREQUÊNCIA | DURAÇÃO | HORÁRIO |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |

**HISTÓRICO PESSOAL**

| | |
|---|---|
| **Uso de medicamentos:**<br>( ) sim ( ) não<br>**Lesões musculoesqueléticas:**<br>( ) sim ( ) não<br>**Distúrbios hemorrágicos:**<br>( ) sim ( ) não | **Doença Pulmonar:**<br>( ) sim ( ) não<br>**Tabagismo:**<br>( ) sim ( ) não<br>**Diabetes:**<br>( ) sim ( ) não |

## APÊNDICE D

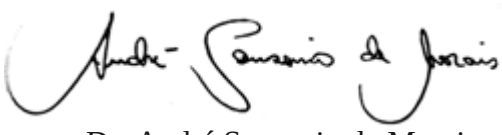
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**
**CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA**
**GRUPO DE PEQUISA EM CIÊNCIA DO ESPORTE**

## CARTA DE ANUÊNCIA

Declaro para os devidos fins, que eu, **Dr. André Sansonio de Morais CRM: 15.251,** serei o médico responsável pela avaliação cardiológica e emissão do parecer, no projeto de pesquisa a ser realizado pelos pesquisadores Lucyana Galindo Arcoverde Vaz e Rodrigo Luis da Silveira Silva, intitulado "Efeito do consumo agudo de cafeína na capacidade de trabalho anaeróbio", que está sob a coordenação/orientação do Prof. Adriano Eduardo Lima da Silva cujo objetivo será verificar o efeito da ingestão aguda de cafeína na capacidade de trabalho anaeróbio sobre o desempenho em testes de potência crítica em um cicloergômetro.

Esta pesquisa será realizada no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Centro Acadêmico de Vitória da Universidade Federal de Pernambuco – CAV/UFPE.

Vitória de Santo Antão, 20 de Novembro de 2014



Dr. André Sansonio de Morais

CRM: 15.251

Médico Responsável

**APÊNDICE E**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

**CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA**

**GRUPO DE PEQUISA EM CIÊNCIA DO ESPORTE**

## REGISTRO ALIMENTAR DE 24 HORAS

| | |
|---|---|
| **DESJEJUM** | |
| | |
| **___:___** | |
| | |
| **COLAÇÃO** | |
| | |
| **___:___** | |
| | |
| **ALMOÇO** | |
| | |
| | |
| **___:___** | |
| | |
| **LANCHE** | |
| | |
| **___:___** | |
| | |
| **JANTAR** | |
| | |
| **___:___** | |
| | |
| **CEIA** | |
| | |
| **___:___** | |

**EXTRAS:**_____

## APÊNDICE F

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**
**CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA**
**GRUPO DE PEQUISA EM CIÊNCIA DO ESPORTE**

## CARTA DE ANUÊNCIA

Declaramos para os devidos fins, que aceitaremos os a pesquisadores **Lucyana Galindo Arcoverde Vaz e Rodrigo Luis da Silveira Silva**, a desenvolver o seu projeto de **pesquisa "Efeito do consumo agudo de cafeína na capacidade de trabalho anaeróbio"**, que está sob a coordenação/orientação do (a) do **Prof. Dr. Adriano Eduardo Lima da Silva** cujo objetivo Verificar o efeito da ingestão aguda de cafeína na CTAn sobre o desempenho em testes de potência crítica em um cicloergômetro, no Laboratório de Fisiologia do Exercício do Centro Acadêmico de Vitória da Universidade Federal de Pernambuco – CAV/UFPE.

A aceitação está condicionada ao cumprimento do (a) pesquisador (a) aos requisitos da Resolução 466/12 e suas complementares, comprometendo-se a utilizar os dados e materiais coletados, exclusivamente para os fins da pesquisa.

Vitória de Santo Antão, 20 de Novembro de 2014

Profa Dra Florisbela de Arruda Camara e Siqueira Campos
Diretora do Centro Acadêmico de Vitória

Prof Dr Adriano Eduardo Lima da Silva
Orientador

# ANEXO A

Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos CEP-CCS-UFPE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE / UFPE-

Plataforma Brasil

## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** EFEITO DO CONSUMO AGUDO DE CAFEÍNA NA CAPACIDADE DE TRABALHO ANAERÓBIO

**Pesquisador:** Adriano Eduardo Lima da Silva

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 46017114.5.0000.5208

**Instituição Proponente:** Centro Acadêmico de Vitória de Santo Antão

**Patrocinador Principal:** MINISTERIO DA CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVACAO

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 1.135.098

**Data da Relatoria:** 01/07/2015

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se de pesquisa de mestrado dos alunos LUCYANA GALINDO ARCOVERDE VAZ e RODRIGO LUIS DA SILVEIRA SILVA, orientado pelo Profº Adriano Eduardo Lima da Silva do CAV/UFPE.A capacidade de trabalho anaeróbio (CTAn) é definida como a quantidade de energia proveniente das fontes energéticas anaeróbias transformada em trabalho, dada pelo somatório das capacidades alática (ATP-CP) e lática (Glicólise anaeróbia). Tem sido proposto que, em exercícios anaeróbios de carga constante realizados acima da potência crítica (PCrit), o processo de fadiga instala-se após o esgotamento da CTAn. Estudos sugerem que a ingestão aguda de cafeína pode melhorar o desempenho durante exercícios de alta intensidade através de um aumento da contribuição anaeróbia. Contudo, o modelo utilizado para essa mensuração (máximo déficit acumulado de oxigênio) assume alguns pressupostos teóricos que podem causar um viés em sua estimativa.

**Objetivo da Pesquisa:**

Objetivo Primário:

Verificar o efeito da ingestão aguda de cafeína na CTAn.

Objetivo Secundário:

**Endereço:** Av. da Engenharia s/nº - 1º andar, sala 4, Prédio do CCS
**Bairro:** Cidade Universitária **CEP:** 50.740-600
**UF:** PE **Município:** RECIFE
**Telefone:** (81)2126-8588 **E-mail:** cepccs@ufpe.br

Continuação do Parecer: 1.135.098

Avaliar em indivíduos fisicamente ativos praticantes de ciclismo o efeito da ingestão de cafeína sobre:• Tempo de exaustão, comportamento do VO2,
concentração de lactato, percepção subjetiva de esforço, predisposição ao exercício físico e contribuição dos sistemas energéticos alático e lático
nas intensidades de 70, 80 e 100% do delta entre o 1º limiar e a carga máxima de trabalho no teste incremental.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Bem delineados no projeto e TCLE.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Pesquisa pertinente na área de nutrição esportiva, com aplicabilidade a curto prazo em atletas.

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

Adequados em qualidade e quantidade,conforme determinação do CEP.

**Recomendações:**

-Aumentar o n dos participantes nos 2 grupos.

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

Nenhuma

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O Protocolo foi avaliado na reunião do CEP e está APROVADO para iniciar a coleta de dados. Informamos que a APROVAÇÃO DEFINITIVA do projeto só será dada após o envio do Relatório Final da pesquisa. O pesquisador deverá fazer o download do modelo de Relatório Final para enviá-lo via "Notificação", pela Plataforma Brasil. Siga as instruções do link "Para enviar Relatório Final", disponível no site do CEP/CCS/UFPE. Após apreciação desse relatório, o CEP emitirá novo Parecer Consubstanciado definitivo pelo sistema Plataforma Brasil.

Informamos, ainda, que o (a) pesquisador (a) deve desenvolver a pesquisa conforme delineada neste protocolo aprovado, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao voluntário participante (item V.3., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

Eventuais modificações nesta pesquisa devem ser solicitadas através de EMENDA ao projeto,

identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas.

Para projetos com mais de um ano de execução, é obrigatório que o pesquisador responsável pelo Protocolo de Pesquisa apresente a este Comitê de Ética relatórios parciais das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação (item X.1.3.b., da Resolução CNS/MS Nº 466/12).

O CEP/CCS/UFPE deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (item V.5., da Resolução CNS/MS Nº 466/12). É papel do/a pesquisador/a assegurar todas as medidas imediatas e adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e ainda, enviar notificação à ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, junto com seu posicionamento.

RECIFE, 02 de Julho de 2015

**Assinado por:**
**LUCIANO TAVARES MONTENEGRO**
**(Coordenador)**

# ANEXO B

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

**CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA**

**GRUPO DE PEQUISA EM CIÊNCIA DO ESPORTE**

## QUESTIONÁRIO PAR-Q

(Questionário para excluir indivíduos com risco cardiovascular)

**NOME:**_____

## PAR-Q

A prática regular da atividade física é prazerosa e saudável. A cada dia que passa, torna-se maior o número de pessoas que se tornam, fisicamente mais ativas. Tornar-se fisicamente mais ativo é seguro para a grande maioria das pessoas, entretanto, algumas pessoas necessitam de exames médicos antes de submeter-se a esforço físico maior do que aquele ao qual está acostumado. Dessa forma, se você está planejando tornar-se, fisicamente, mais ativo do que é hoje, comece por responder as sete questões abaixo.

Se você tem idade entre 15 e 69 anos, este questionário (PAR-Q) lhe dirá da necessidade de se submeter a uma consulta médica antes de se engajar em um programa de atividade física. Se você tem mais de 69 anos de idade e não é acostumado a fazer atividades físicas procure seu médico antes de iniciar.

O bom senso é o seu melhor guia quando você for responder estas questões. Por favor, leia com atenção cada uma das questões e responda honestamente a cada uma delas, preenchendo com um "X" a lacuna do SIM ou do NÃO.

1. Alguma vez um médico lhe disse que você possui um problema de coração e recomendou que só fizesse atividade física sob supervisão médica?
SIM NÃO

2. Você sente dor no peito quando pratica atividade física?
SIM NÃO

3. Você sentiu dor no peito, sem fazer esforço, no último mês?
SIM NÃO

4. Você tende a perder a consciência ou cair, como resultado de tonteira?
SIM NÃO

5. Você tem algum problema ósseo, muscular ou articular que poderia ser agravado com a prática de atividade física?
SIM NÃO

6. Algum médico já recomendou o uso de medicamentos para a sua pressão arterial ou condição cardiovascular (ex: diuréticos ou outros)?

SIM NÃO

7. Você tem consciência, através da sua própria experiência ou aconselhamento médico, de alguma outra razão física que impeça lhe impeça de praticar atividade física sem supervisão médica?

SIM NÃO

**Se você respondeu afirmativamente a uma ou mais questões acima, entre em contato com seu médico antes de iniciar a se tornar mais ativo fisicamente. Fale com seu médico do PAR-Q e de quais questões você respondeu afirmativamente. As seguintes situações poderão ocorrer:**

**Observações:**

1. Este questionário só deve ser aplicado para aqueles com idades compreendidas entre 15 e 69 anos.

2. Se você está temporariamente doente, como por exemplo: gripado ou com febre, ou não está se sentindo bem neste momento, você deve adiar o início da prática da atividade física.

3. Se você é mulher e está grávida, aconselha-se a discutir o uso do "PAR-Q" com seu médico, antes de iniciar um programa de exercícios.

4. Se houver alguma mudança em seu estado, relativo às questões acima, por favor, traga esta informação ao conhecimento do seu professor/treinador.