

**A INFLUÊNCIA DA CAFEÍNA COMO RECURSO ERGOGÊNICO NO EXERCÍCIO FÍSICO:
SUA AÇÃO E EFEITOS COLATERAIS****Alessandra Morin Altermann^{1,2}, Christina Siveira Dias^{1,3},
Monique Varriale Luiz^{1,4}, Francisco Navarro¹****RESUMO**

A busca por melhores resultados nos esportes de alto rendimento é cada vez maior, onde são lançados mão de vários meios para que isso se torne possível. Um destes meios são os recursos ergogênicos, que caracterizam-se por substâncias usadas na tentativa de aumentar a potência física, a força mental e a eficácia mecânica. Estes recursos podem ser de diferentes tipos, como mecânicos ou chamados biomecânicos, psicológicos ou nutricionais. Um destes recursos utilizado é a cafeína, caracterizada por um recurso ergogênico nutricional, a mesma é uma substância de fácil acesso a população presente em muitas bebidas e alimentos. O objetivo deste estudo é através de uma pesquisa bibliográfica, identificar as possíveis influências do uso da cafeína como recurso ergogênico no exercício físico, assim como suas ações metabólicas e possíveis efeitos colaterais. Através da análise de estudos realizados é possível afirmar que a cafeína é um potente recurso ergogênico, aumentando a lipólise no exercício e teoricamente poupando a utilização de glicogênio, melhora a força de contração e a diminuição da fadiga. Porém, ainda não parece estar claro quais os mecanismos de ação estariam envolvidos nessa melhoria de performance. Em relação aos possíveis efeitos colaterais nada foi confirmado na prática.

Palavras chaves: recurso ergogênico, exercício físico e cafeína.

1. Programa de Pós-Graduação Lato-Sensu em Fisiologia do Exercício Prescrição do Exercício da Universidade Gama Filho - UGF
2. Licenciada em Educação Física pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul FEFID - PUCRS
3. Licenciada em Educação Física pela Universidade Luterana do Brasil – ULBRA
4. Licenciada em Educação Física pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul ESEF – UFRGS

ABSTRACT

The Influence of Caffeine as an Ergogenic Resource for Physical Exercises: Its Action and Side Effects.

The search for better results in high performance sports has clearly grown, and much has been done in order to make it real. One way of achieving that is by ergogenic resources, in which we make use of certain substances on an attempt to increase physical strength, mental power, and mechanic efficiency. These resources can be of different kinds: mechanic or bio-mechanic, psychological, or nutritional. One of those resources is caffeine, characterized by a nutritional ergogenic resource, which is an easy-access substance for the population due to its presence in many beverages and foods. The objective of this study is to display, through a bibliographic research, the possible influences of caffeine as an ergogenic resource in physical exercises, as well as its metabolic actions and possible side effects. After the analysis of practical studies it's possible to confirm that caffeine is a powerful ergogenic resource, increasing the lipolysis rate in the exercise and theoretically sparing the use of glycogen, improving contraction power and reducing fatigue. However, it is still inconclusive the action mechanisms involved on this performance improvement. Nothing has been practically confirmed in relation to possible side effects.

Key-words: ergogenic resource, physical exercise, and caffeine.

Endereço e e-mail:

1.2 Rua Florêncio Ygartua 155/54, Moinhos de Vento 91430-010; Porto Alegre/ RS
alealtermann@pop.com.br

1.3 Rua Fábio Araújo Santos 1245/154, Nonoai 91720-390; Porto Alegre/ RS
chrilstaub@hotmail.com

1.4 Rua Germano Petersen Junior 543/304, Auxiliadora 90540-140; Porto Alegre/ RS
niquevarriale@terra.com.br

INTRODUÇÃO

Tem se tornado cada vez mais perceptível a importância da prática de exercícios físicos regulares, novos estudos investigando isso vêm sendo publicados com uma velocidade significativa. Como exemplo podemos citar a grande propagação da mídia e conseqüentemente a de diferentes profissionais da saúde frisando este fato. Os diferentes benefícios que ele proporciona e a importância da sua correta aderência reforçam essa idéia, em virtude disso a população praticante de exercícios vem crescendo a cada dia.

Para que a prática de exercícios seja benéfica, tanto em casos dos atletas quanto para os praticantes regulares, são necessários fundamentos básicos para obtenção de resultados positivos, como continuidade e qualidade de treinamento, neste caso considerando os objetivos do praticante ou do atleta, contando também com fatores como o descanso, horas de sono adequadas e uma alimentação que supra as necessidades energéticas destes indivíduos.

Mesmo seguindo os aspectos citados acima, eles podem ser insuficientes para que os objetivos da prática sejam alcançados como o esperado. Com isso, na maioria dos casos, são lançados mão de alguns auxílios para melhorar a performance e o desempenho, podendo estes ser de diversas maneiras, dentre elas estão os recursos ergogênicos, que cada vez mais vem sido procurado. Entende-se por recursos ergogênicos substâncias usadas na tentativa de aumentar a potência física, a força mental e a eficácia mecânica, estes recursos podem ser de diferentes tipos, como mecânicos ou chamados biomecânicos, psicológicos ou nutricionais (Garrett e Kirkendall, 2003). Neste estudo estaremos abordando sobre o uso dos recursos ergogênicos nutricionais. Existem várias substâncias que podem ser usadas como recurso nutricional, como por exemplo, alguns macronutrientes como, os carboidratos, os lipídios, as proteínas, também podem ser utilizados alguns minerais e vitaminas. Dentre estes recursos estão presentes os chamados recursos ergogênicos populares, como a cafeína, substância abordada com ênfase nesta pesquisa.

A cafeína é uma substância presente em muitas bebidas e alimentos de fácil acesso à população, tanto em relação a sua oferta quanto ao seu preço, em virtude disso o seu consumo é significativo.

A cafeína, para muitas pessoas, faz parte da rotina diária, hoje, provavelmente é a droga estimulante mais utilizada no mundo. A mesma atua em diferentes tecidos do corpo, provocando uma série de efeitos, entre eles estão a estimulação do sistema nervoso central, a interferência no sistema músculo esquelético e cardíaco e também a liberação e atuação de diferentes hormônios (Maughan e Burke, 2004).

Como é considerada uma droga estimulante, a cafeína quando ingerida em excesso, ou por pessoas sensíveis a substância, pode ocasionar alguns efeitos colaterais, como insônia, irritabilidade, ansiedade, náuseas e até desconfortos gastrintestinais (Altimari e Colaboradores, 2001).

Este estudo reveste-se de importância pelo fato desta substância ser de grande oferta à população e devido aos diferentes efeitos estimulantes ao corpo. Em virtude disso, acredita-se que a cafeína poderia ser utilizada como um potente recurso ergogênico nutricional durante o exercício físico, a fim de melhorar o desempenho tanto de atletas amadores e profissionais como praticantes em geral.

O objetivo deste estudo é, através de uma pesquisa bibliográfica, identificar as possíveis influências do uso da cafeína como recurso ergogênico no exercício físico, assim como suas ações metabólicas e possíveis efeitos colaterais.

EXERCÍCIO FÍSICO E OS RECURSOS ERGOGÊNICOS

Nos dias de hoje é fácil perceber que se não cuidarmos do nosso corpo e da nossa saúde, não será possível acompanhar as exigências impostas pela sociedade e por nós mesmos. A cada dia que passa, percebemos a necessidade de prepararmos nosso corpo de forma adequada para suprir estas demandas, para isso é necessário recorrermos a meios

que possibilitam uma melhor qualidade de vida, fazendo a promoção da saúde. Um destes meios é a incorporação da prática de exercícios físicos regulares. Entende-se por exercício físico uma atividade planejada, estruturada e repetitiva.

Cada vez mais a sua prática vem sendo utilizada como objetivo de atingir aspectos como lazer, melhoria da estética corporal e da aptidão física, assim como a profilaxia de várias doenças ou também com finalidades específicas e competitivas. Sabe-se que um programa regular de exercícios proporciona grandes benefícios ao corpo e a mente, conseqüentemente agregando aspectos importantes a nossa saúde. É importante ressaltar que para um programa de exercício tornar-se adequado, são necessários aspectos importantes a serem considerados como: tipo de exercício, intensidade, duração, frequência semanal e progressão destes componentes (Monteiro, 2000).

É importante considerar que para uma boa qualidade de vida geral e que o exercício realmente resulte em benefícios são necessários hábitos de vida saudáveis como, por exemplo, o sono, uma alimentação adequada com baixas taxas de açúcares e gorduras, o controle do estresse, entre outros fatores, aqui não mencionados.

Além da população geral que é considerada praticante regular de exercício físico e como já mencionado usa da prática dos mesmos para obter benefícios estão também os atletas, que em diferentes dimensões estão em uma constante busca de melhores resultados.

Em contraponto, nos dias de hoje a busca por um melhor desempenho no meio atlético se tornou cada vez maior, um mero detalhe faz a diferença quando se busca resultados precisos. Pesquisas científicas e novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas cada vez com mais precisão para que estas diferenças sejam maiores e os atletas possam evoluir cada vez mais em busca de melhores resultados.

Quando falamos em sucesso no esporte e busca por melhores posições e resultados é importante lembrar que existem dois fatores principais a serem considerados,

um deles é a herança genética o outro é o fator treinamento, onde se consideram metodologia, local e recursos gerais utilizados. Na maioria das competições os atletas normalmente utilizam métodos de treinamento muito parecidos, obtendo resultados muito parecidos entre si. Entretanto já possuem grandes indícios de que dois fatores vêm sendo levados em consideração nos últimos recordes esportivos, a dieta e os chamados recursos ergogênicos utilizados (Williams 2002).

Contudo, é possível perceber que em muitos casos apenas um bom treinamento e hábitos de vida adequados não são suficientes para um bom rendimento no caso de atletas, ou não bastam para uma melhor disposição durante o exercício para os praticantes não competitivos, sendo assim, é cada vez maior a busca pelos recursos ergogênicos.

Williams (2002) define a palavra ergogênico como vinda do grego, onde ergo significa trabalho e gen produção de, sendo assim, definida como melhora do potencial de trabalho.

Neste sentido, as utilizações de substâncias com potencial ergogênico têm se mostrado eficiente por resultar em grandes benefícios, incluindo aumento das reservas energéticas, aumento da mobilização de substratos para os músculos ativos durante os exercícios físicos, aumento do anabolismo protéico, diminuição da percepção subjetiva de esforço e reposição hidroeletrólítica adequada. É importante destacar que estes efeitos são dependentes de que tipo de recurso será utilizado e serão abordados com maiores detalhes a frente (Williams 1996 citado por Altamari e Colaboradores 2000).

Seguindo o que foi mencionado acima, os recursos ergogênicos podem ser de diferentes tipos, como mostra o quadro 1 citado por Williams (2002).

Com foi possível observar, existem diversos tipos de recursos ergogênicos, assim como, em conseqüência diferentes respostas ao seu uso. É válido lembrar que alguns deles, o uso em determinadas dosagens são proibidas, caracterizadas doping pelo COI, Comitê Olímpico Internacional.

Quadro 1: OS TIPOS DE RECUSOS ERGOGÊNICOS

Recursos Mecânicos:	Os recursos mecânicos ou biomecânicos são projetados para aumentar a eficiência energética e a vantagem mecânica. Um corredor pode usar tênis mais leve a fim de gastar menos energia para movimentar as pernas e aumentar a economia de corrida.
Recursos Psicológicos:	Os recursos psicológicos são planejados para melhorar os processos psicológicos durante o desempenho esportivo, para aumentar a força mental. A hipnose, por meio da sugestão pós-hipnótica, pode ajudar a remover barreiras que limitam a capacidade de desempenho fisiológico.
Recursos Fisiológicos:	Os recursos fisiológicos são projetados para ampliar os processos fisiológicos naturais a fim de aumentar a potência física. O Doping de sangue, ou a infusão de sangue em um atleta, pode aumentar a capacidade de transporte de oxigênio e conseqüentemente, a resistência aeróbia.
Recursos Farmacológicos:	Os recursos farmacológicos são drogas usadas para influenciar os processos fisiológicos ou psicológicos a fim de aumentar a potência física ou a força mental. Os esteróides anabolizantes, drogas que imitam a ação do hormônio sexual masculino, a testosterona, podem aumentar o tamanho do músculo e a força.
Recursos Nutricionais:	Os recursos nutricionais têm o propósito de influenciar os processos fisiológicos e psicológicos para aumentar a potência física e a força mental. Os suplementos de proteína podem ser usados por atletas de força em treinamento para aumentar a massa muscular, pois a proteína é o principal constituinte do músculo.

Assim como a quantidade e o tipo de recurso utilizado interferem nos resultados pretendidos, os autores Linderman e Fahey (1991 citado por Powers e Howley 2000) mostram de que depende o efeito de um recurso ergogênico, como mostram os itens abaixo:

- Da quantidade: muito pouco ou excessivo pode não surtir efeito;
- Do indivíduo que utiliza: um auxílio ergogênico pode ser efetivo em indivíduos “não-treinados” e não nos indivíduos “treinados”, ou vice-versa. Assim como o “valor” de um auxílio ergogênico é determinado pelo indivíduo;
- Da ação: ele pode funcionar em ações relacionadas à potência de curta duração, mas

não nas ações de endurance, ou vice-versa; Assim como ele pode funcionar em atividades motoras grosseiras de músculos grandes e não para atividades motoras finas, ou vice-versa;

- Do uso: um auxílio ergogênico utilizado de maneira aguda (curta-duração) pode ter um efeito positivo, mas seu uso prolongado pode comprometer o desempenho ou vice-versa.

Como mencionado anteriormente, estaremos abordando neste trabalho os recursos ergogênicos nutricionais, considerados os mais utilizados dos ergogênicos. O uso de recursos nutricionais é cada vez maior por atletas e por praticantes de

exercícios físicos regulares, embora em menor quantidade, o mesmo se dá em ambos os lados pela tentativa de melhorar o desempenho esportivo.

Existe uma grande oferta de recursos ergogênicos nutricionais, podendo ser macronutrientes como os carboidratos, as proteínas e alguns tipos de ácidos graxos ou também tipos de vitaminas e minerais específicos. É válido lembrar que existem os recursos ergogênicos populares, ou de fácil acesso, como a cafeína, tema deste trabalho.

Sabe-se que sua utilização por atletas tem sido com grande frequência, com o objetivo de diminuir a fadiga e melhorar a performance, a cafeína é um alimento presente em nosso cotidiano, tendo como consequência seu uso com frequência em nosso dia-a-dia.

Histórico da cafeína

O uso da cafeína já vem de muitos anos, desde o período paleolítico. Hoje ela é facilmente encontrada em bebidas, alimentos e alguns medicamentos como analgésicos e contra gripe. Como exemplos destas fontes estão os cafés, o chá, o chimarrão, os refrigerantes e chocolates.

O café foi fortemente introduzido na Europa no século XVI pelos espanhóis e holandeses. Antes disso ele era consumido de forma restrita e a bebida nobre na época era o chá (Barone e Roberts 1984 citado por Mello, Kunzler e Farah 2007).

Considerando que a cafeína está presente em muitos alimentos e bebidas, é possível dizer que cerca de 80% da população geral faz ou já fez o uso dessa substância, embora quantificar seu consumo, segundo os autores, seja difícil. É nos países latinos que o hábito de tomar café é mais evidente, se caracterizando por um teor maior de cafeína. Em contra ponto os americanos preferem o café mais diluído ou descafeinado, embora os EUA estando entre os maiores consumidores do mundo junto com Grã-Bretanha, Itália e Escandinávia (Strain e Griffiths, 2000; James, 1997 citado por Silva 2003).

Mesmo não tendo nenhum valor nutricional, a cafeína resulta em diversos efeitos e dependendo da dosagem eles podem ser benéficos ou não. Quando consumida em

baixas dosagens (2mg/kg), a cafeína provoca aumento do estado de vigília, diminuição da sonolência, alívio da fadiga, aumento da respiração, aumento na liberação de catecolaminas, aumento da frequência cardíaca, aumento no metabolismo e diurese. De mesmo modo em altas dosagens (15mg/kg) pode gerar nervosismo, insônia, tremores e desidratação (Conlee, 1991 citado por Braga e Alves, 2000).

Autores afirmam que pessoas que utilizam a cafeína se sentem mais fortes e competitivas, acreditam que podem realizar um esforço mais prolongado antes que ocorra o início da fadiga e que, caso estejam fatigadas antecipadamente, a fadiga é reduzida (Wilmore e Costil 1999).

A cafeína e sua composição

A cafeína, chamada quimicamente de 1, 3, 7 trimetilxantina, pertence ao grupo das xantinas. É importante destacar que as xantinas não são consideradas micronutrientes, sendo principalmente usadas com finalidade terapêutica e farmacológica (Dâmaso, 2001).

Como mencionado anteriormente, a cafeína é encontrada naturalmente nos grãos de café, nas folhas de chá, no chocolate, nas sementes de cacau, nas nozes de cola, no guaraná e acrescentada a outras bebidas e alguns remédios. É possível visualizar que a oferta desta substância é grande e de fácil acesso, do mesmo modo, há sessenta e três espécies de plantas que contêm cafeína, variando em relação à quantidade e conteúdo quando comparados entre si (Mcardle, Katch e Katch 2001). Na tabela 1 é possível observar as quantidades de cafeína em diferentes bebidas e alimentos.

Considerando o quadro abaixo, é perceptível o fácil acesso da população à cafeína, é possível considerar que em alguns casos ocorre o consumo e a pessoa que está fazendo o uso nem sabe que está fazendo a ingestão da substância.

Autores afirmam que a população em geral aprecia os compostos da cafeína por serem socialmente aceitáveis, facilmente disponíveis e por suas propriedades estimulantes (Wolinsky e Hickson, 2002).

Tabela 1 Conteúdo de Cafeína em Alimento Populares, Bebidas, Refrigerantes

Conteúdo de Cafeína em Cafés, Chás e Chocolates.	Cafeína (mg)
Café (Xícara de 150 ml)	
De máquina	110-150
De coador	64-124
Instantâneo	40-108
Descafeinado	2-5
Instantâneo descafeinado	2
Chá (a granel ou em saquinhos)	
Infusão de um minuto	9-33
Infusão de três minutos	20-46
Infusão de cinco minutos	20-50
Produtos com Chá	
Chá instantâneo (xícara de 150 ml)	12-28
Chá gelado (xícara De 350 ml)	22-36
Chocolate	
Feito a partir de mistura	6
Chocolate ao leite (28 g)	6
Chocolate de confeitiro (28 g)	35
Conteúdo de cafeína em Refrigerantes	Cafeína (mg por 350 ml)
Coca-Cola	46
Cola Diet	46
Pepsi Cola	38,4
Diet Pepsi	36
Pepsi Light	36

Fonte Powers e Howley 2000, pg 472

Habituação ao uso

É importante mencionar que o efeito da cafeína varia de pessoa para pessoa, dependendo do seu peso e regularidade com que a ingerem. Acredita-se que a habituação da cafeína é possível a partir da ingestão crônica de 100mg/dia o equivalente a uma ou duas xícaras de café. Esta dosagem supostamente neutraliza as respostas metabólicas aos efeitos esperados da cafeína. Autores afirmam que usuários habituais, após 4 dias sem ingerir cafeína, perdem a adaptação a substância (Wolinsky e Hickson, 2002; Silva, 2003; Mello, Kunzler e Farah 2007).

Na tabela 2 é possível observar a quantidade necessária de ingestão de cafeína para adquirir certas adaptações.

Tabela 2. Classificação do usuário com relação à ingestão diária de cafeína.

Qtde de cafeína (mg/dia)	Possibilidade de habituação	Tipo de usuário
>720	Sim	Usuário intencional
450-720	Sim	Usuário Moderado
120-150	Sim	Usuário habitual
30-100	Não	Usuário não habitual
< 20	Não	Usuário Não Usuário

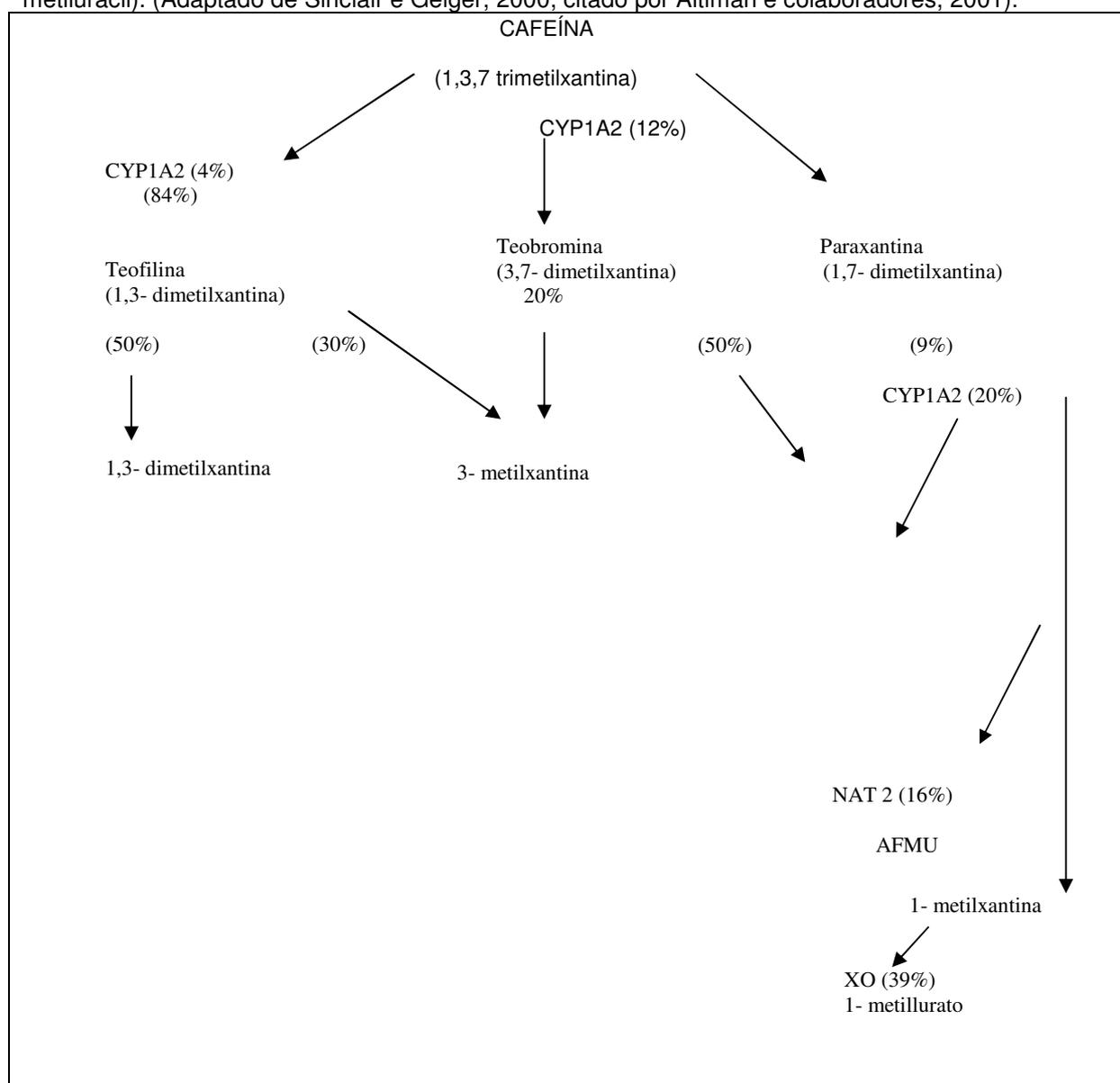
Adaptado de Daniels e colaboradores, 1998; Graham e Spriet, 1991; Van Soeren e colaboradores, 1993, citado por Altimari e colaboradores, 2001.

Mecanismos de ação

O fígado é o principal responsável pela metabolização da cafeína. Sua degradação começa pela remoção dos grupos metila 1 e 7. Esta reação é possível através da ação do citocromo P450 1A2, o mesmo sendo um agente catalizador da reação, responsável

pela degradação da cafeína. É através desta reação que a cafeína resulta em mais três grupos, chamados de metilxantinas, que são: a Teofilina, a Teobromina e a Paraxantina. A Paraxantina é há de mais representação metabólica em humanos, ocupando 84% em relação às demais, seguido da Teofilina e logo a Teobromina, ainda assim as três consideradas ativas metabolicamente.

Quadro 2. Metabolismo da cafeína em humanos. Valores expressos, em termos percentuais, entre parênteses representam as quantidades metabolizadas de cada composto (CYP 1A2- citocromo P450; NAT2- N- acetiltransferase; XO- xantina oxidase; AFMU- 5- acetilamina- 6- formilamina- 3- metiluracil). (Adaptado de Sinclair e Geiger, 2000, citado por Altimari e colaboradores, 2001).



Embora o fígado seja o principal responsável por sua metabolização, existem outros tecidos que participam deste processo de forma indireta, como o rim e o cérebro. Os mesmos têm um papel importante na produção do citocromo P450 1A2 sendo assim, auxiliando na metabolização da cafeína. O quadro 2 apresenta com mais clareza o que foi mencionado (Nabholz, 2007).

A cafeína pode ter efeitos em vários tecidos, como no Sistema Nervoso Central, no músculo esquelético, no músculo cardíaco, na função renal, na musculatura lisa brônquica e no trato gastrointestinal, os mesmos diferenciando-se dependendo da célula alvo atuante (Dâmaso 2001).

Se tratando do Sistema Nervoso Central, alguns autores afirmam ser esta a principal região afetada pela cafeína, resultando em seus maiores efeitos.

Como afirma Mcardle, Katch e Katch, 2001 pg. 310

“A cafeína produz efeitos analgésicos sobre o sistema nervoso central e exacerba a excitabilidade dos motoneurônios, facilitando assim o recrutamento das unidades motoras. Os efeitos estimulantes da cafeína não resultam de sua ação direta sobre o sistema nervoso central. Pelo contrário, a cafeína induz uma estimulação indireta do sistema nervoso por bloquear outro neuromodulador químico, a adenosina, que exerce normalmente um efeito calmante sobre os neurônios do cérebro e da medula espinhal”.

De mesmo modo, a cafeína aumenta a ação do Sistema Nervoso Simpático, pelo bloqueio dos receptores de adenosina, este neuromodulador atua de forma oposta a cafeína. A adenosina age na diminuição da atividade celular, já a cafeína, bloqueando a ação da mesma, acelera estas atividades a nível neural, como mencionado acima. Os receptores de adenosina são encontrados em diversos tecidos, incluindo o cérebro, o coração, o músculo esquelético e os adipócitos (Sökmen e Colaboradores, 2008, Graham, 2001).

Em virtude desta ação no nível do Sistema Nervoso Central, Wilmore e Costil (1999) destacam alguns efeitos comprovados nos itens abaixo:

- Aumento da atenção mental;
- Aumento da concentração;

- Melhora do humor;
- Diminui o tempo de reação (resposta mais rápida);
- Aumenta a liberação de catecolaminas (hormônios como adrenalina noradrenalina);
- Aumenta a mobilização de ácidos graxos livre, como explicado acima;
- Aumenta o uso dos triglicerídeos musculares.

Além do Sistema Nervoso Central, existe outro tecido alvo da cafeína: o Músculo Esquelético, a cafeína pode agir diretamente sobre o músculo, e não através da ação das catecolaminas como muitos autores relatam. Essa afirmação se torna possível pela idéia de um aumento da permeabilidade do retículo sarcoplasmático aos íons de cálcio, o cálcio é um mineral que age com importância na função da contração muscular. Essa facilitação da ação do cálcio é responsável também pelo aumento da atividade da bomba de sódio e potássio, otimizando a contração muscular. Ainda falando da ação ao nível do sistema músculo esquelético, a cafeína poderia também influenciar a sensibilidade das miofibrilas (proteínas contrateis) através dos íons de cálcio de forma a aumentar a acoplagem excitação-contração, melhorando a contração muscular e aumentando a força de contração (Mcardle, Katch e Katch 2001; Wilmore e Costil, 1999).

Através da estimulação do Sistema Nervoso Simpático, a cafeína interfere no funcionamento da medula adrenal, aumentando a liberação das catecolaminas. Entre esta classe de hormônios está a adrenalina, aumentada no plasma com a ingestão da cafeína. A adrenalina é responsável por efeitos como a vasodilatação, a glicogenólise e o broncodilatação. Já outros hormônios como a noradrenalina também ficam aumentados com a ingestão da cafeína, seguindo os mesmos efeitos da epinefrina (Garrett e Kirkendall, 2003; Magkos e Kavouras, 2004).

A respeito do Sistema Respiratório, como mencionado acima, a cafeína estimula a broncodilatação dos alvéolos, assim como a dilatação dos vasos sanguíneos sendo também capaz de aumentar a velocidade da filtragem do sangue (Sökmen e Colaboradores, 2008).

Sobre o Sistema Cardiovascular, a cafeína exerce uma estimulação direta sobre o miocárdio, provocando aumento no rendimento cardíaco, na força de contração e frequência. No entanto, por sua ação vagal, tende a produzir modificações na frequência cardíaca (Dâmaso, 2001).

Os níveis de absorção de cafeína por via oral são compatíveis no que se refere à bebida (chás, refrigerantes, bebidas energéticas) e ao alimento (chocolate), podendo ocorrer uma variação na velocidade de absorção pela ocupação gástrica. Em relação à administração da cafeína, pode ser de diversas formas: oral, intraperitoneal, injeções subcutâneas, injeções intramusculares, aplicação de supositórios, sendo que a primeira é a mais utilizada, de fácil aplicação e sua distribuição é feita pela corrente sanguínea, degradada na forma de co-produtos (Nabholz, 2007).

A cafeína é absorvida com rapidez pelo trato gastrointestinal, suas concentrações plasmáticas são alcançadas dentro de 60 minutos, assim como seu pico de ação, embora a mesma seja eliminada com bastante rapidez. Para que as concentrações sanguíneas da cafeína baixem até a metade são necessárias de 3 a 6 horas, em contraponto outros estimulantes levam cerca de 10 horas. É importante relatar que de toda cafeína ingerida, apenas 3% dela é excretada, embora sua detecção na urina seja relativamente fácil (Mcardle, Katch e Katch 2001; Nabholz, 2007).

Para as mulheres, a proporção de excreção de cafeína é particularmente importante, porque durante a execução de exercícios intensos as mulheres apresentam uma maior eliminação de cafeína do que os homens (Altimari e Colaboradores, 2001).

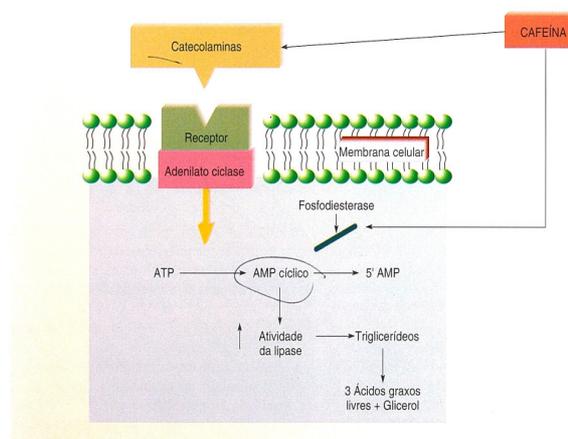
De mesmo modo, não é apenas na urina que ela pode ser encontrada, seus metabólitos podem estar na saliva, no esperma e no leite materno, este fato tem relação com possíveis casos de infertilidade masculina e fibrose cística no seio (Silva 2003).

A cafeína e a lipólise

A cafeína age a nível celular, fazendo um bloqueio dos receptores de adenosina, como já mencionado acima. Em consequência desta ação, ocorre a inibição da enzima

fosfodiesterase, enzima responsável pela degradação do AMP cíclico (3'5'- monofosfato de adenosina cíclico), fazendo com que a ação do mesmo fique aumentada. O AMP cíclico por sua vez, ativa as lipases sensíveis estimulando os hormônios que promovem a lipólise. Por essa razão, este é um dos efeitos mais abordados da droga, a sua reação no tecido adiposo, estimulando a lipólise, resultando em uma maior disponibilização de ácidos graxos livres. Na figura 1 é possível observar melhor o que foi mencionado. É importante mencionar que através do aumento da disponibilização dos ácidos graxos livres, contribuindo para uma maior oxidação das gorduras, a cafeína exerce um papel de poupança de glicogênio, esta contribuição na metabolização do glicogênio, supostamente, reduz a fadiga muscular, possibilitando um melhor rendimento em exercícios prolongados de alta intensidade (Mcardle, Katch e Katch 2001; Fox, Bowers e Foss, 1991).

Figura 1. Mecanismo pelos quais a cafeína pode aumentar a mobilização de ácidos graxos livres.



Powers e Howley, 2000 pg. 473

Cafeína como recursos ergogênicos

A cafeína começou a ser utilizada no mundo esportivo a partir da metade do século XIX, mais especificamente na primeira edição da "corrida de seis dias" que ocorreu em 1879, devido a longa duração da prova os participantes de diversas nacionalidades utilizaram de diversos produtos estimulantes

dentre os quais compostos à base da cafeína, acreditando que a mesma poderia ajudá-los a suportar o grande esforço requerido. Hoje em dia a cafeína tem sido utilizada como substância ergogênica, de forma aguda, normalmente antes da realização de exercícios físicos (Nabholz 2007; Altimari e Colaboradores 2005).

Acredita-se que a cafeína é incomum quando comparado a outras substâncias por produzir efeitos ergogênicos em uma série de protocolos de exercícios: desde os esforços nos exercícios mais curtos e de alta intensidade até os esforços submáximos e exercícios prolongados (Maughan e Burke, 2004).

Por ser um recurso barato, como já mencionado, pode ser conveniente e seguro para tentativas de melhorar o desempenho de resistência aeróbia, é válido lembrar que seu efeito depende de pessoa para pessoa, sendo assim, esse ganho pode ocorrer caso o atleta não esteja habituado a consumir regularmente cafeína. A maioria dos estudos tem demonstrado que as melhorias no desempenho ocorrem com o consumo de 6mg/kg de cafeína independente do momento que estiver sendo consumido: antes ou durante o exercício (Dâmaso 2001; Nabholz 2007).

Comitê Olímpico Internacional (COI)

A cafeína preenche todos os critérios farmacológicos que a classificam como droga, pois pode levar à dependência e na ausência desta substância o indivíduo pode ter crises de abstinência. Atualmente o Comitê Olímpico Internacional (COI) classifica a cafeína como uma droga restrita, positiva em concentrações na urina acima de 12mg/L (Nabholz, 2007).

Nos esportes de alto nível, há alguns incidentes com cafeína, um no time de ciclismo dos EUA durante os jogos olímpicos de 1984, outro em um corredor do mesmo país que teve sua medalha de bronze retirada nos 60m em 1999 depois de um teste positivo da cafeína. Outro fato, mais recente foi com uma corredora no Suriname que também perdeu sua medalha de ouro nos 800m nos jogos Pan-Americanos de 2003 (Magkos e Kavouras, 2004).

Efeitos colaterais

A cafeína provoca vários efeitos colaterais indesejados que podem limitar seu uso em alguns esportes, como insônia, dores de cabeça, irritação, ansiedade, prejuízo na memória e em alguns casos até sangramento gastrointestinal. Em virtude da inibição do hormônio antidiurético (ADH), a cafeína faz também a estimulação da diurese. Suspeita-se que altos níveis de ingestão de cafeína aumentem os riscos de câncer na bexiga (Maughan e Burke, 2004; Garrett e Kinkendall, 2003).

Outros inconvenientes que a droga pode causar quando consumida em quantidades excessivas (mais de cinco xícaras de café por vez) é que além de poder produzir concentrações urinárias de cafeína tida como inaceitáveis pelas agências que governam os esportes a cafeína pode ser tóxica, causando os efeitos citados acima. Outro motivo de preocupação da administração da droga é que em virtude da ação diurética pode ser prejudicial em situações quentes e úmidas, prejudicando o bom rendimento do atleta. Há indícios de que a ingestão de grandes quantidades de cafeína pode produzir delírios e alucinações (Wolinsky e Hickson 2002).

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS ESTUDOS

Foram analisados oito artigos científicos, publicados entre 1996 e 2008, sendo sete de origem internacional e um nacional. O critério de inclusão utilizado no estudo foi de característica experimental e que faziam à relação da interferência da cafeína no exercício físico, não considerando o tipo do mesmo. O tempo empregado na maioria dos estudos foi de duas a três semanas, com exceção de dois estudos de Soeren e Graham (1998), com duração de nove semanas e Bell e Mc Lellan (2002), com seis semanas.

A amostra total dos artigos analisados foi composta por setenta e oito homens e nove mulheres, formando no total oitenta e sete. Sendo dos homens, nove treinados em força, dezoito ciclistas, dezenove treinados em endurance, seis atletas recreacionais, consumidores de cafeína, vinte e seis praticantes regulares de atividades aeróbias e nove mulheres também praticantes regulares de atividades aeróbias.

Em relação à quantidade de ingestão de cafeína nos estudos, sete deles utilizaram entre 5 e 6 mg/kg e um 300 mg, sem considerar o peso de cada indivíduo que participou do teste. A maioria administrou a dosagem de cafeína aproximadamente uma hora antes dos testes. Dos oito estudos, sete que consideraram a capacidade cardiorespiratória, utilizaram o ciclo-ergômetro como material de avaliação. Dentre os estudos, seis apresentaram algum efeito no exercício devido a ingestão de cafeína e em dois a cafeína não respondeu de forma positiva ao esperado.

Dos estudos encontrados, apenas um realizou experimentos comparando a ingestão de cafeína e efedrina com a realização de exercícios de força máxima, resistência muscular e pico de força anaeróbia. No estudo, os autores, Williams e colaboradores (2008), utilizaram protocolos com exercícios de supino e puxada dorsal e não foi encontrado diferença nos três aspectos citados acima, não sendo possível afirmar que a suplementação de efedrina ou cafeína podem melhorar a força muscular ou a performance anaeróbia.

Assim como o estudo mencionado acima, os autores Yeo e colaboradores (2005), também fazem à comparação da ingestão de cafeína aliada a outra substância, neste caso, o carboidrato. O protocolo testou a diferença da ingestão de glicose pura, glicose com cafeína e água, sendo possível afirmar que comparando com a ingestão de glicose sozinha, quando ingerida com a cafeína, há um aumento no carboidrato exógeno oxidado durante o exercício, sendo assim, um aumento da utilização do carboidrato que foi ingerido.

No estudo de Soeren e Graham (1998), foi feita uma relação dos efeitos agudos da ingestão de cafeína no nível hormonal, metabólicos e em exercícios de endurance, os indivíduos que participaram do estudo, todos eles consumidores de cafeína, foram submetidos a teste em abstinência a cafeína de dois e quatro dias. Concluiu-se no estudo que um curto tempo de abstinência de cafeína não interfere no efeito ergogênico produzido nos exercícios de endurance, quando comparado aos não abstêmicos. Mostrando também que quando ocorre a ingestão de cafeína em abstêmicos, a mesma produz efeitos nos ácidos graxos livres e na noradrenalina, mas não na adrenalina

plasmática. Contudo, ainda é possível afirmar que o mecanismo através do qual a cafeína atua como ergogênico não é o mesmo que produz alterações metabólicas (nas catecolaminas), mas sim pelo efeito que ela causa nos tecidos, que ainda precisam ser melhor descritos segundo os autores.

Já no estudo de Bell e Mc Lellan (2002), os autores compararam os efeitos ergogênicos da cafeína e a duração dos mesmos com usuários e não usuários. Os efeitos dos testes e a duração dos mesmos foram significativamente melhores nos não-usuários de cafeína.

Em relação a exercícios de curta duração e alta intensidade, Jackman e colaboradores (1996), examinaram os efeitos da ingestão de cafeína no metabolismo celular e de endurance durante um exercício curto e intenso. A ingestão de cafeína resultou em um aumento significativo na atividade de endurance comparado ao grupo que ingeriu placebo, o mesmo resultou num aumento da concentração de adrenalina plasmática durante todo o protocolo, mas não interferiu nas concentrações de noradrenalina. A concentração de lactato nos exercícios de força não foram afetadas pela ingestão de cafeína, mas durante todo o protocolo de exercícios suas concentrações aumentaram significativamente. Já a baixa do glicogênio muscular não foi diferente entre os tratamentos em nenhum momento do protocolo, ainda assim, mesmo na fadiga havia no mínimo 50% da concentração original de glicogênio. Os dados mostraram que a ingestão de cafeína pode ser uma ajuda ergogênica efetiva em exercícios de curta duração, entre 4 e 6 minutos. No entanto, os autores afirmam que o mecanismo não é associado com a economia de glicogênio muscular. Isso é possível, segundo eles, porque a cafeína executa ações diretamente nas atividades musculares e ou nos processos neurais que envolvem a atividade.

No estudo de Silveira, Alves e Denadai, 2004, eles abordam o efeito da lipólise induzida pela cafeína na performance e no metabolismo da glicose no exercício intermitente. O objetivo do estudo foi examinar se uma maior disponibilidade de ácidos graxos reduziria as concentrações de lactato e glicose sanguínea, seguido de um maior tempo de exaustão durante um exercício intermitente intenso. Foi observado no experimento que

houve um aumento significativo no tempo de exaustão quando comparado ao placebo, assim como a ingestão da cafeína aumentou as concentrações de ácidos graxos livres já antes do exercício, em contraponto, a glicose sanguínea só aumentou nos momentos finais do teste e as concentrações de lactato não

sofreram alterações. Deste modo, os resultados do estudo levam a crer que o aumento da lipólise induzida pela cafeína pode contribuir para a performance durante o exercício intermitente intenso em virtude de uma redução na utilização de glicose e aumento do tempo de exaustão.

Tabela 2. Estudos Realizados com Cafeína e Exercício Físico.

ESTUDO	AMOSTRA	PROTOCOLO DE INTERVENÇÃO	RESULTADO
Williams e colaboradores, 2008	9 indivíduos do gênero masculino com idade de $26,2 \pm 4,3$	3 semanas de treinamento, com uma dosagem de 300 mg de cafeína, 45min antes do teste com a Cafeína em cápsula, com a realização de um Teste de força máxima e outro de Teste de Wingate (30seg)	Não houve diferença na força muscular, resistência muscular ou pico de força anaeróbia
Yeo e colaboradores, 2005	8 indivíduos do gênero masculino com idade 27 ± 2	3 semanas de treinamento, com uma dose de 5 mg/Kg de cafeína em uma solução com 5,8% de glicose ou uma solução de glicose com cafeína ou água com treinamento a 64% do VO_2 máximo, por 120 minutos.	Comparado com a ingestão de glicose sozinha, quando ingerida com cafeína, há aumento no carboidrato exógeno oxidado.
Bishop e colaboradores, 2006	11 indivíduos do gênero masculino com idade 23 ± 1	2 semanas de treinamento, com uma dose de 6 mg/kg ingerido 60 minutos antes do teste com a cafeína dissolvida em água saborizada, os indivíduos pedalarão por 90 minutos a 70% do VO_2 máximo.	A ingestão de cafeína antes de exercícios intensos pode elevar o IgA salivar, que atua na defesa contra patógenas e antígenos presentes na mucosa.
Bishop e colaboradores, 2005	8 indivíduos do gênero masculino com idade 24 ± 2	2 semanas de treinamento, com uma dose de 6 mg/kg ingeridos 60 minutos antes do teste com a cafeína dissolvida em água com limão e os indivíduos pedalarão por 90 minutos á 70% do VO_2 máximo.	A ingestão de cafeína aumenta o número de células dos linfócitos
Soeren e Graham, 1998	6 indivíduos do gênero masculino com idade $36,2 \pm 4,2$	9 semanas de treinamento, com uma dose de 6 mg/kg ingeridos 60 minutos antes do teste, cafeína em cápsula. Teste de exaustão na bicicleta ergométrica de 80-85% do VO_2 máximo.	O aumento das atividades de endurance não é relacionado com mudanças hormonais ou metabólicas e isso não é relacionado com o uso habitual de cafeína nos atletas recreacionais.

Bell e Mc Lellan, 2002	21 indivíduos sendo 15 do gênero masculino e 6 do feminino com idade 32 ± 7	6 semanas de treinamento, com dose de 5 mg/Kg ingeridos 1 a 6 horas antes do teste; cafeína em cápsula. 6 exercícios de ciclismo a 80% do VO_2 máximo.	A duração e a magnitude dos efeitos ergogênicos que sugeriu a ingestão de cafeína foram melhores nos não usuários comparados com os usuários.
Jackman e colaboradores, 1996	14 indivíduos sendo 11 do gênero masculino e 3 do feminino com idade $23,5 \pm 2$	2 semanas de treinamento, com dose de 6 mg/kg ingeridos imediatamente antes do teste; cafeína em cápsula. Pedalar 2 minutos e descansar 6 minutos Repetir e pedalar até a exaustão.	A ingestão de cafeína pode ser uma ajuda ergogênica eficiente para exercícios com duração entre 4 a 6 minutos, mas não é associado com a economia de glicogênio muscular.
Silveira, Alves e Denadai, 2004.	10 indivíduos do gênero masculino e com idade $20,7 \pm 3$	2 semanas de treinamento, com dose de 5 mg/Kg ingeridos 60 minutos antes do teste, cafeína em cápsula. Teste intermitente no ciclo-ergômetro a uma intensidade de 30% acima do Limiar Anaeróbio.	O aumento da lipólise induzido pela cafeína, pode contribuir para performance durante o exercício intermitente intenso via uma redução na utilização de glicose e aumento do tempo de exaustão.

CONCLUSÃO

A cafeína é uma das substâncias que vêm sendo estudada por vários pesquisadores, por seu possível potencial ergogênico. Os achados apontam a cafeína como um eficiente ergogênico para a melhoria do desempenho durante os exercícios. Porém, ainda não parece estar claro quais os mecanismos de ação estariam envolvidos nessa melhoria de performance. Em relação aos possíveis efeitos colaterais nada foi confirmado na prática.

O efeito ergogênico da cafeína sobre o desempenho tem sido evidenciado após a ingestão aguda de doses de cafeína entre 5 e 6 mg/kg de peso corporal. Tais quantidades produzem concentrações de cafeína na urina abaixo dos limites estabelecidos pelo COI para detecção de doping. Embora a administração desta substância possa ser feita de diversas formas, a forma oral tem sido a preferida por atletas e pesquisadores, em seus estudos, pela fácil aplicabilidade.

Vale ressaltar que diversos fatores como as dosagens de cafeína empregadas, o tipo de exercício físico utilizado, o estado nutricional, o estado de aptidão física individual, além da tolerância à cafeína

(habituação ou não à cafeína) podem influenciar a análise dos resultados apresentados por esses diferentes estudos.

É possível afirmar então que a cafeína é um ergogênico eficiente, além de ser barato e de fácil acesso. Contudo, necessitam ainda mais estudos nessa área, para que se possa concluir os exatos efeitos que a cafeína exerce sobre a performance durante os exercícios.

REFERÊNCIAS

- 1- Altimari, L.R.; Cyrino, E.S; Zucas, S.M.; Okano, A.H.; Burini, R.C. Cafeína: Ergogênico Nutricional no Esporte. Revista Brasileira de Ciências e do Movimento. Brasília v. 9 n.3 p. 57-64/ julho 2001.
- 2- Altimari, L.R.; Cyrino, E.S.; Zucas, S.M.; Burini, R.C. Efeitos Ergogênicos da Cafeína sobre o Desempenho Físico. Revista Paulista de Educação Física. São Paulo, 14(2):141-58, jul./dez. 2000.
- 3- Bell, G.D.; McLellan, M.T. Exercise Endurance 1, 3 and 6 h After Caffeine Ingestion in Caffeine Users and Nonusers. J Appl. Physiol 93: 1227-1234, 2002.

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

- 4- Bishop, N.C.; Fitzzerald, C.; Porter, P.J.; Sanlon, G.A.; Swith, A.C. Effect of caffeine ingestion on lymphocyte counts and subset activation in vivo following strenuous cycling. *Eur J Appl Physiol* 93: 606-613, 2005.
- 5- Bishop, N.C.; Walker, G.J.; Scanlon G.A.; Richards, S. Rogers. Salivary IGA Response to Prolonged Intensive Exercise Following Caffeine Ingestion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol 38, n. 3, p. 513-519, 2006.
- 6- Braga, L.C.; Alves, M.P. A Cafeína como Recurso Ergogênico nos Exercícios de Endurance. *Revista Brasileira de Ciências e do Movimento*. Brasília v.8 n.3 p. 33-37. junho 2000.
- 7- Damaso, A. Nutrição e Exercício na Prevenção de Doenças. Rio de Janeiro: Medsi, 2001. p. 392-393.
- 8- Fox, E.L.; Bawers, R.W.; Foss, M.L. Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. p. 453-477.
- 9- Garrett Jr.; William E.; Kirkendall, D.T.A ciência do exercício e dos esportes. Porto Alegre: Artmed, 2003. p.401-410.
- 10- Graham, T.E. Caffeine and Exercise: Metabolism, Endurance and Performance. *Sports Med*. 31(11):785-807, 2001.
- 11- Jackmann, M.; Wendling, P.; Friars, D.; Graham, T.E. Metabolic, catecholamine, and endurance responses to caffeine during intense exercise. *J. Appl. Physiol* 81:1658-1663, 1996.
- 12- Maughan, R.J.; Burke, L.M. Nutrição esportiva. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 139-141.
- 13- Magkos, F.; Kavouras, S.A. Caffeine and Ephedrine: Physiological, Metabolic and Performance-Enhancing Effects. *Sports Med* p. 34(13), 871/889, 2004.
- 14- McArdle, W.D.; Katch, F.I.; Katch, V.L. Nutrição para o desporto e o exercício. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 306-311.
- 15- Mello, D.; Kunzler, D.K.; Farah, M. Cafeína e seu efeito ergogênico. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*. São Paulo v.1, núm.2 p. 30-37, Mar/abril, 2007.
- 16- Monteiro, A.G. Treinamento Personalizado: Uma abordagem didático metodológica. São Paulo: Phorte Editora, 2000. p.7-12.
- 17- Nabholz, T.V. Nutrição esportiva: aspectos relacionados à suplementação nutricional. São Paulo: Sarvier, 2007. p. 409-412.
- 18- Powers, S.K.; Howley, E.T. Fisiologia do exercício: Teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho. São Paulo: Manole, 2000. p. 463-477.
- 19- Robergs, R.A.; Roberts, S.O. Princípios fundamentais de fisiologia do exercício para aptidão, desempenho e saúde. São Paulo: Phorte Editora, 2002. p. 250-259.
- 20- Silva, Michel S. Os efeitos da cafeína relacionados à atividade física: uma revisão. *Revista Digital - Buenos Aires* – Ano 9 n°66, 2003.
- 21- Soeren, M.H.V.; Graham, T.E. Effect of caffeine on metabolism, exercise endurance, and catecholamine response after withdrawal. *J. Appl, Physiol*, 85:1493-1501, 1998.
- 22- Sökmen, B.; Armonstrong, L.E.; Kraemer, W.S.; Casa, D.S.; Dias, J.C.; Judelson, D.A.; Maresh, C.M. Caffeine use in sports: Considerations for the athlete. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Vol. 0 Núm. 0. 2008.
- 23- Williams, D.A.; Cribb, P.J.; Cooke, M.B.; Hayes, A. The effect of ephedra and caffeine on maximal strength and power in resistance-trained athletes. *Journal of Strength and conditioning research*, 22(2)/ 464-470, 2008.
- 24- Willams, H. Nutrição para a saúde, condicionamento físico e desempenho esportivo. São Paulo: Manole, 2002. p. 14-15.

Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

ISSN 1981-9927 versão eletrônica

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbne.com.br

25- Wilmore, J.H.; Costill, D.L. Fisiologia do Esporte e do Exercício. São Paulo: Manole, 1999.

26- Wolinsky, I.; Hickosn Junior. J.F. Nutrição no exercício e no esporte. São Paulo: Roca, 2002. p. 407-408.

Recebido para publicação em 30/08/2008

Aceito em 18/09/2008