



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

LARISSA DOS SANTOS LEONEL

**EFEITO DE UM MATERIAL CERÂMICO EMISSOR DE INFRAVERMELHO NO
DESEMPENHO DE CAMUNDONGOS SWISS SUBMETIDOS A UM PROTOCOLO
EXPERIMENTAL DE EXCESSO DE TREINAMENTO**

Palhoça

2014

LARISSA DOS SANTOS LEONEL

**EFEITO DE UM MATERIAL CERÂMICO EMISSOR DE INFRAVERMELHO NO
DESEMPENHO DE CAMUNDONGOS SWISS SUBMETIDOS A UM PROTOCOLO
EXPERIMENTAL DE EXCESSO DE TREINAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso em graduação de Educação Física, da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel.

Orientador: Prof. Daniel Fernandes Martins, Dr.

Co-orientador: Prof. Thiago César Martins

Palhoça

2014

LARISSA DOS SANTOS LEONEL

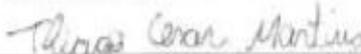
**EFEITO DE UM MATERIAL CERAMICO EMISSOR DE INFRAVERMELHO NO
DESEMPENHO DE CAMUNDONGOS SWISS SUBMETIDOS A UM PROTOCOLO
EXPERIMENTAL DE EXCESSO DE TREINAMENTO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Educação Física e aprovado em sua forma final pelo Curso de Educação Física da Universidade do Sul de Santa Catarina.

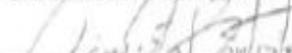
Palhoça, 17 de Novembro de 2014.



Daniel Fernandes Martins, Dr.
Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL



Thiago Cesar Martins, MSc.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC



Thiago Costa Baptista, MSc.
Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL

AGRADECIMENTOS

Para a efetivação deste estudo agradeço ao meu colega e Co-orientador Thiago César Martins pela sua dedicação e ensinamentos transmitidos.

Ao Prof. Dr. Daniel Fernandes Martins pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possíveis a conclusão desta pesquisa.

Aos meus pais, pelo apoio constante nos estudos, pelos valores ensinados que são de grande valia, pelo incentivo a seguir esta graduação e compreender a minha ausência neste período. Aos meus irmãos pelo carinho dado nesta fase tão agitada.

Ao meu namorado por todo o amor dedicado e por ter disponibilizado seu tempo para auxiliar neste processo.

Á todos os meus colegas de Laboratório que de alguma forma me auxiliaram neste período.

A todos os professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no meu desenvolvimento pessoal.

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos desta jornada, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

RESUMO

A síndrome de excesso de treinamento geralmente acontece quando os atletas são submetidos a várias sessões de treinamento com tempos de recuperação insuficientes, o que leva a redução do desempenho sem causa aparente. Assim eles apresentam respostas inflamatórias, fadiga, insônia, depressão, perda de apetite e conseqüentemente redução da atividade do sistema imune ficando mais susceptíveis a infecções e com dificuldade de restabelecer a homeostase. Paralelo a este problema, os materiais cerâmicos emissores de infravermelho longo (MCEIL) tem apresentado vários efeitos biológicos interessantes entre estes a capacidade de reduzir a dor, inflamação, acelerar o processo de cicatrização tecidual, efeitos antioxidantes, alterações na microcirculação e ativação do sistema termorregulador. Neste sentido o presente estudo teve como objetivo verificar a influência de um MCEIL no desempenho de camundongos *Swiss* submetidos a um protocolo de excesso de treinamento (PET) em esteira rolante adaptada. Neste estudo foram utilizados camundongos *swiss* machos divididos em três grupos, sendo eles: grupo não exercitado (N-Ex); grupo submetido ao PET e; o grupo que foi submetido ao PET e foi tratado com o MCEIL (PET + MC). Nas quatro primeiras semanas o treinamento foi realizado com intensidade constante com um aumento gradual da velocidade. Da quinta a oitava semana os animais tiveram um aumento de volume e intensidade, tendo posteriormente 2 semanas de recuperação. Para avaliar o efeito do MCEIL no desempenho dos camundongos realizou-se o teste de exaustão na 4^o, 8^o e 10^o semana e o teste de carga incremental na 1^o, 4^o, 8^o e 10^o semana do PET. Os resultados do presente estudo demonstraram que 4 semanas de treinamento foram suficientes para promover um treinamento. Nas 4 semanas subsequentes de treinamento os animais apresentaram sinais de excesso de treinamento. Interessantemente, no teste de exaustão os animais tratados com MCEIL apresentaram melhora no tempo de exaustão quando comparados com os animais não tratados e não treinados. Porém os mesmos animais ao serem avaliados no TCI demonstraram apenas uma tendência à melhora no desempenho na 4^o semana de treinamento, não diferindo estatisticamente do grupo não PET. Assim conclui-se que o modelo animal de excesso de treinamento adotado foi capaz de induzir sinais de excesso de treinamento validando o protocolo de excesso de treinamento utilizado no presente estudo. Além disso, o material cerâmico apresentou resultados positivos parciais na melhora do desempenho dos animais fadigados, porém mais estudos são necessários para confirmar este efeito.

Palavras chaves: Excesso de treinamento, material cerâmico, desempenho.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Conceitos de Treinamento Esportivo.....	12
Quadro 2 - Diferenças entre OR e SET.....	18
Figura 1 - Sintomas da SET	19
Quadro 3 - Hipóteses e teorias da SET.	19
Quadro 4 - Prevenção da SET.....	27
Tabela 1 - Características do PET	33
Figura 2 - Teste de exaustão em diferentes semanas de treinamento.....	35
Figura 3 - Teste de carga incremental em diferentes semanas de treinamento	36
Figura 4 - Velocidade máxima alcançada no teste de carga incremental.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS

5 HT - 5-hidroxitriptamina (Serotonina)
ANOVA - Análise de variância
ET - Excesso de Treinamento
FC - Frequência Cardíaca
GLUT-4 - Transportador de glicose 4
IL-1 - Interleucina 1
IL-10 - Interleucina 10
IL-1 β - Interleucina 1beta
IL-6 - Interleucina 6
IVLR – Infravermelho de longa radiação
LANEX - Laboratório de Neurociência Experimental
MCEIL - Material cerâmico emissor de infravermelho longo
MIA - Morte indolor assistida
Ñ- Ex.- não exercitado
OR - *Overreaching*
ORF - *Overreaching* Funcional
ORNF - *Overreaching* Não Funcional
PR- Período de Recuperação
SAG - Síndrome de Adaptação Geral
SET - Síndrome de Excesso de Treinamento
SNC - Sistema Nervoso Central
SNPS - Sistema Nervoso Parassimpático
SNS - Sistema Nervoso Simpático
TCI - Teste de Carga Incremental
TE - Teste de Exaustão
TNF- α - Fator de necrose tumoral alfa
UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina
VE - Velocidade de Exaustão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E PROBLEMA	9
1.2 OBJETIVO GERAL	10
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
1.4 JUSTIFICATIVA	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 TREINAMENTO DESPORTIVO	12
2.2 PERIODIZAÇÃO	13
2.3 PRINCIPIOS DO TREINAMENTO	13
2.3.1 Participação ativa	13
2.3.2 Desenvolvimento multilateral	14
2.3.3 Individualidade biológica	14
2.3.4 Adaptação	14
2.3.5 Sobrecarga	15
2.3.6 Continuidade	15
2.3.7 Interdependência volume-intensidade	16
2.3.8 Treinabilidade	16
2.3.9 Especificidade	17
2.2 EXERCÍCIO FÍSICO EM ANIMAIS	17
2.3 SÍNDROME DE EXCESSO DE TREINAMENTO	17
2.3.1 Sintomas	19
2.3.1.1 Hipótese do glicogênio	20
2.3.1.2 Hipótese da fadiga central	21
2.3.1.3 Hipótese da Glutamina	21
2.3.1.4 Hipótese do estresse oxidativo	22
2.3.1.5 Hipótese do sistema nervoso autônomo	22
2.3.1.6 Hipótese hipotalâmica	23
2.3.1.7 Hipótese das citocinas	23
2.3.2 Diagnóstico	24
2.3.3 Testes	25
2.3.3.1 Testes em animais	26

2.3.4 Prevenção	26
2.4 MATERIAL CERÂMICO EMISSOR DE INFRAVERMELHO LONGO	27
2.4.1 Efeitos do material cerâmico emissor de infravermelho	28
3 MÉTODOS	32
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	32
3.2 ANIMAIS	32
3.3 PROTOCOLO DE EXCESSO DE TREINAMENTO	32
3.4 TESTES DE DESEMPENHO.....	33
3.4.1 Teste de carga incremental	33
3.4.2 Teste de Exaustão	34
3.5 PROCEDIMENTO PARA A MORTE INDOLOR ASSISTIDA (MIA)	34
3.6 ANÁLISE DOS DADOS	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	41
REFERENCIAS	42
ANEXOS	46

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E PROBLEMA

O treinamento esportivo é a maneira mais antiga de organizar as sessões de treinamento para a melhora do desempenho de atletas ou equipes visando a melhor forma esportiva (TUBINO, 2003; LUSSAC, 2008). Neste processo não tão simples é necessário respeitar características biológicas e psicológicas individuais (DANTAS, 2003; LUSSAC, 2008). Considerando essas características, respeita-se a periodização, no qual estrutura-se o treinamento com intuito de atingir o objetivo proposto, priorizando os princípios do treinamento esportivo (TUBINO, 2003; DANTAS, 2003; LUSSAC, 2008).

O treinamento de forma geral segue uma progressão gradual de volume e intensidade, com períodos de recuperação para que o atleta possa adaptar-se as tarefas impostas por sua modalidade e executá-las posteriormente com maior aptidão (BOMPA, 2002; LUSSAC, 2008). Após a execução de uma carga de treino o atleta pode entrar em estágio de supercompensação se houver repouso adequado, permitindo sua adaptação e posteriormente receber novo estímulo. Entretanto se o estímulo for excessivo e o tempo de repouso não for apropriado, após sucessivas cargas de treino poderá haver comprometimento do desempenho, aparentemente sem explicação, onde alguns eventos como severa desadaptação fisiológica, psicológica, neurológica, e dos sistemas imunológicos e endocrinológicos podem acontecer. Tais fatores caracterizam a síndrome do excesso de treinamento (SET) (KREHER; SCHWARTZ, 2012).

Para que amenize a ocorrência da SET existem métodos simples para tal objetivo, como respeitar a periodização do atleta, controlar a quantidade de competições por temporada, ajustar volume e intensidade do treino com base no desempenho e humor, ingestão hídrica e alimentação adequada para a sessão de treinamento, recuperação entre treinos/períodos de treinamento, evitar condições ambientais extremas e garantir apropriadas horas de sono (KREHER; SCHWARTZ, 2012). Além destes métodos, estudos demonstram que algumas análises laboratoriais e testes de desempenho auxiliam no diagnóstico desta síndrome que é complexa (KREHER; SCHWARTZ, 2012; MEEUSSEN et al, 2013).

Atletas que se encontram com a SET apresentam sintomas como fadiga, depressão, bradicardia, diminuição na motivação, insônia, irritabilidade, agitação, taquicardia, hipertensão e inquietação, estes acarretados por alterações no sistema nervoso simpático (SNS) e parassimpático (SNPS). Como resposta aos excessos de contrações musculares

exercidas nos treinamentos, há ocorrência de microtraumas musculares e articulares com grande liberação de citocinas como a interleucina-6 (IL-6), interleucina-1 β (IL-1 β) e o fator de necrose tumoral-alfa (TNF- α) sinalizando respostas inflamatórias agudas e crônicas quando há o quadro de SET (SMITH, 2000; CARMICHAEL, 2010).

Outra característica é a redução na quantidade de glicogênio muscular ocorrendo um aumento de estresse oxidativo, levando a fadiga e redução no desempenho do atleta. O exercício em excesso pode levar a uma redução na quantidade de glutamina no plasma levando a uma disfunção no sistema imunológico favorecendo infecções principalmente no trato respiratório superior (KREHER; SCHWARTZ, 2012).

Avanços tecnológicos e científicos recentes demonstram que materiais cerâmicos emissores de infravermelho longo (MCEIL) podem reduzir a nocicepção, inflamação (LEUNG et al, 2010b), acelerar o processo de cicatrização nos tecidos (LEUNG et al, 2012a), estimular efeitos antioxidantes (LIN; LEE; LUNG, 2013), alterar a microcirculação e ativar do sistema termorregulador (BEZERRA, 2004).

A hipótese do presente trabalho sugere que o MCEIL poderia acelerar o processo adaptativo após as sessões de treinamento, otimizando a recuperação do atleta por promover efeitos anti-inflamatórios, antioxidantes, auxiliar na regeneração de tecidos, e com isto amenizar os efeitos de um protocolo de excesso de treinamento (PET).

Por ser um método não invasivo e com benefícios que possivelmente poderiam auxiliar na recuperação após o exercício físico e então prevenir a SET, surgiu a seguinte pergunta de pesquisa: Quais os possíveis efeitos do MCEIL da marca Biopower® em um modelo animal de PET?

1.2 OBJETIVO GERAL

Verificar a influencia de um MCEIL no desempenho de camundongos submetidos a um protocolo de excesso de treinamento em esteira rolante adaptada.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Verificar o efeito do tratamento com material cerâmico emissor de infravermelho longo, no:

- Tempo para exaustão no Teste de Exaustão (TE);
- Tempo e velocidade de exaustão por meio do teste de carga incremental;

1.4 JUSTIFICATIVA

A SET causa desconfortos fisiológicos, psicológicos, neurológicos, e dos sistemas imunológicos e endocrinológicos, podendo levar ao fim da carreira de um atleta. Os critérios básicos para o diagnóstico são a redução de desempenho sem causa aparente, mesmo após meses de descanso, exclusão de doenças anteriores e distúrbios do humor, entre outros.

A melhor abordagem ainda é o repouso, podendo levar anos para a recuperação total. Devido ao difícil diagnóstico e tratamento pouco eficaz os treinadores tentam prevenir ao máximo chegar neste estágio, mas em certas modalidades a intensidade e volume de treinamento são altíssimos e não há repouso adequado devido à quantidade de competições.

O MCEIL quando em contato com a pele emite energia eletromagnética, a energia é transferida para as partículas de cerâmica que em seguida reemitem radiação infravermelha para a pele, repercutindo em efeitos positivos para a saúde, como a melhoria da circulação, reparo e regeneração dos tecidos, aumento da imunidade e a regulação dos fluidos corporais (sistema humoral). O aumento da temperatura corporal e o aumento da mobilidade de fluido do corpo, e um alívio da dor, são também algumas consequências da irradiação produzida pelos MCEIL. Recentemente tem sido incorporado em roupas (luvas, bermudas, vestidos), permitindo seu uso em casa, por uma via simples e não invasiva, no trabalho, e até mesmo durante o sono, facilitando assim, a vida diária dos clientes.

A dificuldade de diagnosticar a SET e o tratamento tão incerto torna-se a opção mais viável para atletas e treinadores a prevenção. A base neste caso consiste em métodos simples, como respeitar a periodização do atleta e seguir aspectos do princípio do treinamento, métodos estes parcialmente subjetivos, pois necessitam que os atletas auxiliem neste processo fornecendo sua percepção do treino. Entretanto potenciais recursos não invasivos podem ser úteis tanto na recuperação ou ainda na SET o qual possui caráter multifatorial e de difícil diagnóstico. Os materiais cerâmicos possivelmente poderiam auxiliar na prevenção, atuando principalmente na recuperação do estresse físico proporcionado pelos longos períodos de treinamento e competições de alto desempenho.

Neste sentido, o presente estudo pretende investigar, o possível efeito de um MCEIL no desempenho e recuperação de camundongos submetidos a um protocolo de excesso de treinamento (PET) em esteira rolante.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 TREINAMENTO DESPORTIVO

O conceito de treinamento esportivo está intimamente ligado aos Jogos Olímpicos, passando por alguns períodos: nos períodos nomeados como da Arte e da Improvisação os vencedores das competições eram aqueles que possuíam maiores recursos pessoais inatos; a fase do Empirismo considerava o planejamento do treinamento como parte fundamental da vitória (DANTAS, 2003; LUSSAC, 2008). No Pré-científico iniciaram-se estudos para dar embasamentos teóricos aos treinamentos; e no período Científico houve mais ênfase nas metodologias, na bioquímica e na tecnologia (TUBINO, 2003).

Com a evolução do treinamento esportivo diferentes autores conceituaram o que seria essa nova forma de aprimorar os atletas (ver abaixo, Quadro 1).

Quadro 1 – Conceitos de Treinamento Esportivo

Autor	Conceitos
Matveev (1986)	Forma básica do treino do atleta, organizada com exercícios que de forma pedagógica aperfeiçoa o atleta.
Barbanti (1997)	Processo organizado que de aperfeiçoamentos estimulam mudanças morfológicas e funcionais no organismo que influenciam no rendimento do esportista.
Tubino e Moreira (2003)	Conjunto de procedimentos utilizados para prevenção de pessoas e atletas com variações de exercícios, voltado para o esporte educacional, esporte por lazer e esporte de rendimento.
Dantas (2003)	Conjunto de procedimentos e meios para a condução do atleta à sua plenitude máxima em ambitos psicológicos, técnicos e físicos em um determinado período.
Santos (2005)	Preparação e especialização esportiva objetivando alcançar resultados consideráveis e revelar altos níveis de atuação. Considerar etapas de preparação com base em um plano de expectativas desportiva.

Fonte: Elaboração do autor, 2014.

Os atletas preparam-se para atingir objetivos específicos, fisiológicos e psicológicos com intuito de aprimorar o desempenho visando a melhor forma esportiva. Contudo o treinador é quem lidera, organiza e planeja o treinamento, necessitando estabelecer objetivos mensuráveis e tangíveis aos atletas e determinar procedimentos para alcançá-los, para que haja obtenção de resultados expressivos nas competições (BOMBA, 2002; LUSSAC, 2008).

2.2 PERIODIZAÇÃO

Para a progressão do treinamento é necessário um planejamento geral e detalhado do tempo disponível para o treinamento de acordo com objetivos intermediários e estabelecidos, respeitando os princípios científicos do treinamento esportivo, auxiliando na melhora das habilidades e capacidades motoras e psicológicas do atleta (BARBANTI, 1997; BOMBA, 2002; DANTAS, 2003; TUBINO; MOREIRA, 2003; LUSSAC, 2008).

O delineamento do treinamento traz o propósito de estabelecer um prognóstico com base na constatação do rendimento do atleta, o tempo disponível, recursos humanos, financeiros e materiais existentes. Para a obtenção de resultados positivos nas competições o treinador carece orientar a redução de estímulos de treinamento em determinadas épocas, para que haja recuperação física e psicológica (TUBINO; MOREIRA, 2003).

2.3 PRINCÍPIOS DO TREINAMENTO

O treinamento dispõe de referências científicas essenciais para todos que buscam o alto rendimento (TUBINO; MOREIRA, 2003). A teoria e metodologia do treinamento esportivo têm princípios biológicos, psicológicos e pedagógicos que regrados sistematicamente formam os princípios do treinamento (BOMBA, 2002).

2.3.1 Participação ativa

O treinador deve elaborar com o atleta os objetivos do treinamento de longo e curto prazo, onde o atleta por sua vez deve ter a capacidade de se auto avaliar, e submeter-se periodicamente à testes de controle para estar ciência do nível de desempenho alcançado (BOMBA, 2002; LUSSAC, 2008).

2.3.2 Desenvolvimento multilateral

Independente do quão especializada uma formação possa se tornar, em princípio deve ser exposta a um desenvolvimento multilateral para que os fundamentos sejam adquiridos. Uma base ampla e multilateral de desenvolvimento físico, especialmente em relação à preparação física geral, é uma condição básica para atingir um nível altamente especializado de preparação física e maestria técnica. Com uma base consolidada evitam-se lesões por estresse (*overuse*), monotonia e supertreinamento (BOMBA, 2002; LUSSAC, 2008).

2.3.3 Individualidade biológica

Cada individuo possui estrutura física e formação psíquica específica que obriga estabelecer diferentes tipos de condicionamento para o processo de preparação esportiva (TUBINO; MOREIRA, 2003; LUSSAC, 2008). Neste sentido o treinador precisa tratar cada atleta de forma individualizada, levando em conta suas habilidades, potencial, suas características de aprendizagem e também a especificidade do desporto, independente de seu nível de desempenho (BOMPA, 2002; LUSSAC, 2008).

Uma associação de genótipo (carga genética transmitida) e fenótipo (capacidades ou habilidades) além de características coletivas influencia diretamente na individualidade biológica (DANTAS, 2003; LUSSAC, 2008).

2.3.4 Adaptação

Constantemente o ser humano interage e sofre influências do ambiente externo, entretanto mecanismos internos de proteção mantêm a homeostase em diferentes variáveis fisiológicas como a temperatura corporal e as reservas energéticas (TUBINO; MOREIRA, 2003). Qualquer fator que altere as condições normais acarreta no desequilíbrio e quebra da homeostase levando a ativação de mecanismos de compensação para restabelecer as funções adequadas. (LA ROSA, 2001; TUBINO; MOREIRA, 2003; LUSSAC, 2008).

Todos os estímulos atuantes no organismo podem se tornar fatores estressantes, dependendo da magnitude da sua influencia. Os agentes estressores são classificados em três tipos: estresse físico, mental e bioquímico. Para cada estímulo haverá uma resposta, onde são classificados em estímulos débeis os que não acarretam em consequenciais; os médios que

apenas excitam; os estímulos médios para fortes que provocam adaptações, e os muito fortes que causam danos ao organismo (TUBINO; MOREIRA, 2003; LUSSAC, 2008).

Ao ser estimulado o organismo pode passar por um período de supercompensação, promovendo a Síndrome de Adaptação Geral (SAG). Dividida em três fases: a de alarme, fase de resistência e a fase de exaustão (LA ROSA, 2001; TUBINO; MOREIRA, 2003; LUSSAC, 2008).

Diante de agentes estressores ocorre aumento na atividade dos sistemas imunológico, endócrino e do SNC para restabelecer as funções adequadamente. As adaptações ocorridas podem ser de curta duração, chamadas de acomodações; de média duração consideradas aclimatações; ou longa duração se enquadrando em adaptações genéticas (TUBINO; MOREIRA, 2003; LUSSAC, 2008).

2.3.5 Sobrecarga

O organismo é capaz de restituir suas funções após diferentes estímulos e se preparar para estímulos mais severos, fenômeno este chamado de assimilação compensatória. Inicialmente recompõem-se as reservas energéticas, chamado de período de restauração, e posteriormente o organismo dispõe de mais energia para novos estímulos, que seria o período de restauração ampliada (TUBINO; MOREIRA, 2003; LUSSAC, 2008).

Para a progressão do treinamento o atleta recebe o tempo de recuperação adequado para que haja a restauração completa, para posteriormente receber um novo estímulo mais severo ao anterior. Caso a relação restauração/novo estímulo estejam incorretos por prolongadas sessões, acarretará em um sobretreinamento ou excesso de treinamento (TUBINO; MOREIRA, 2003; LUSSAC, 2008).

As formas de aplicação da sobrecarga no treinamento variam de acordo com os tipos de sessão de treinamento, situação dos atletas conforme o cronograma de treinamento, e a melhor forma da variação volume-intensidade (TUBINO; MOREIRA, 2003; LUSSAC, 2008). A definição pedagógica do treinamento começa na fase de planejamento e prossegue durante o processo de aplicação das cargas, visando o rendimento e a longevidade esportiva (SANTOS, 2005).

2.3.6 Continuidade

A condição atlética só pode ser atingida com anos seguidos de treinamento esportivo com especialização constante da modalidade praticada (TUBINO; MOREIRA,

2003) Visto que experiências anteriores com outros treinamentos influenciam nesta condição. Este princípio presa por um treinamento ininterrupto, entretanto respeitando a relação carga-recuperação (TUBINO; MOREIRA, 2003; SANTOS, 2005; LUSSAC, 2008).

2.3.7 Interdependência volume-intensidade

O volume é considerado por medidas quantitativas, caracterizada pela regulação da carga conforme o período de preparação do atleta, já a intensidade é controlada pela qualidade de cargas aplicadas (MONTEIRO, 2000; SANTOS, 2005; LUSSAC, 2008). O volume ou quantidade é expresso em quilômetros, horas de treino e número de saltos por exemplo. A intensidade é o grau de carga (máxima, submáxima, média ou mínima) (BARBANTI, 1997; LUSSAC, 2008).

Para o êxito de atletas de alto rendimento a grande quantidade e a alta qualidade de trabalho devem ser aplicadas, necessitando adequar-se as fases do treinamento. Porém qualquer ação de incremento de volume/intensidade provocará modificações na intensidade/volume, ou seja, o aumento de um destes estímulos provocará a diminuição da abordagem em treinamento da outra (TUBINO; MOREIRA, 2003).

As zonas de intensidade do treino podem ser determinadas por métodos baseados nos sistemas energéticos, que conforme o aumento da intensidade há uma diminuição na duração do esforço estabelecendo uma diferença de mobilizações do sistema energético e priorizando o treinamento aeróbico ou anaeróbico (SANTOS, 2005).

2.3.8 Treinabilidade

Considera-se que atletas de alto rendimento encontram-se com qualidades genéticas favoráveis para a modalidade específica, contudo quanto mais treinado melhor será o seu rendimento. Devido ao prolongado tempo de dedicação do atleta à modalidade praticada, ocorre uma saturação em aspectos psicológicos e físicos, estando sempre no seu limite máximo. Os atletas possuem idênticas condições iniciais para o alto rendimento, porém suas respostas frente à mesma carga de treinamento são diferentes, deste modo deve-se considerar a individualidade do atleta (TUBINO; MOREIRA, 2003; LUSSAC, 2008).

2.3.9 Especificidade

Para desenvolver fatores determinantes no rendimento do atleta é preciso especificá-las. Não há sessão de treinamento que desenvolva simultaneamente e com igual predominância todos os fatores para desempenho, por este motivo o treinamento deve ser variado (TUBINO; MOREIRA, 2003; LUSSAC, 2008). Deve-se levar em consideração o sistema energético predominante, grupos musculares envolvidos no treinamento e a biomecânica do movimento específico (MONTEIRO, 2000; LUSSAC, 2008).

2.2 EXERCÍCIO FÍSICO EM ANIMAIS

O treinamento esportivo realizado com animais consiste em protocolos de treinamento com base no tipo de exercício físico, que pode ser em esteira adaptada, realizando-se caminhadas ou corridas de baixa a alta intensidade (FERREIRA et al, 2007) ou em meio aquático, por meio da natação (MAZZARDO-MARTINS et al, 2010), ambos são forçados. Os exercícios físicos são realizados como método terapêutico (MAZZARDO-MARTINS et al, 2010) e para treinamento (PEREIRA, 2013b). Para a prescrição do treinamento considera-se o volume e intensidade e realizam-se testes para a mensuração da carga máxima e posteriormente executar o protocolo (FERREIRA et al, 2007; PEREIRA, 2013 b).

2 3 SÍNDROME DE EXCESSO DE TREINAMENTO

O treinamento esportivo segue princípios científicos que se correlacionam para que o atleta possa encontrar-se na sua melhor forma, para isso o treino deve seguir uma progressão gradual de volume e intensidade, com períodos de recuperação para que ocorra adaptações das tarefas impostas por sua modalidade e executá-las com maior aptidão (BOMPA, 2002). Após a execução de uma carga de treino o atleta entra em estágio de supercompensação se houver repouso adequado, permitindo ao atleta receber novo estímulo. Entretanto se o estímulo for excessivo e o tempo de repouso não for apropriado após sucessivas cargas poderá comprometer o desempenho (MEEUSSEN, 2013)

Diminuição no desempenho esportivo com sinais e sintomas de desadaptação fisiológica e psicológica são características tanto de *Overreaching* (OR) quanto de Síndrome

de Excesso de Treinamento (SET), o que os diferencia é o tempo necessário para que ocorra uma recuperação completa (KREHER; SCHWARTZ, 2012).

Alguns autores caracterizam o OR em Funcional e Não Funcional e SET, considerando a etiologia, tempo de recuperação e consequências para o atleta (ver abaixo, Quadro 2).

Quadro 2 – Diferenças entre OR e SET

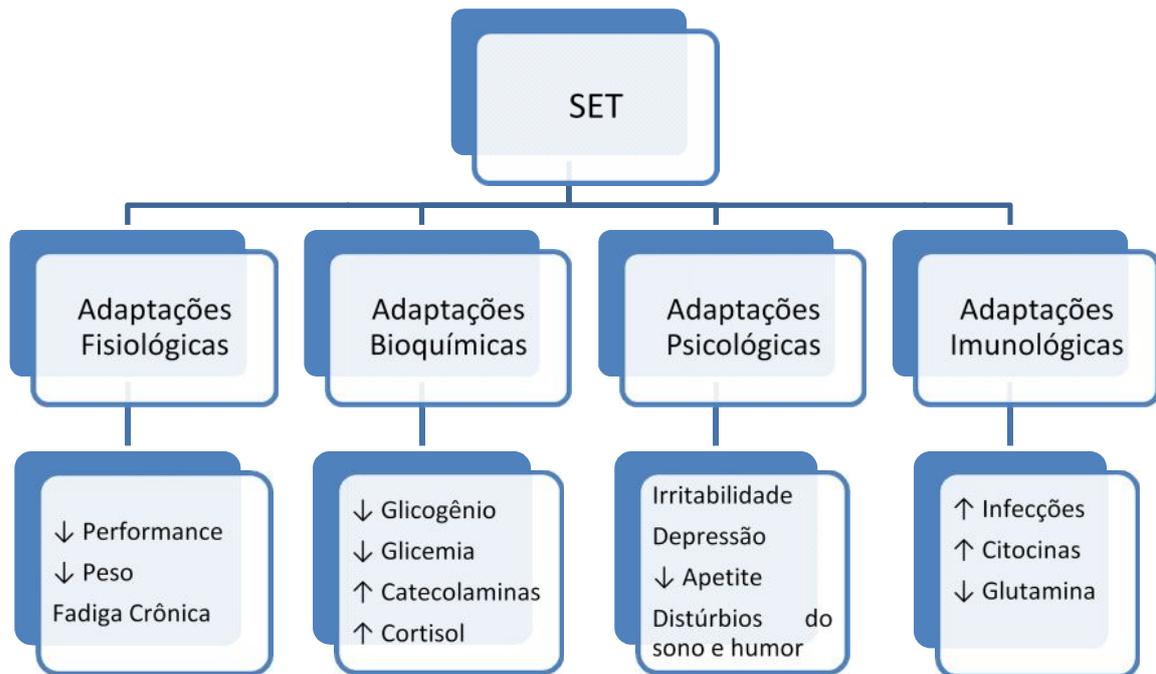
Terminologia	Sinônimo	Definição	Tempo de Recuperação	Consequências
<i>Overreaching</i> Funcional (ORF)	<i>Overreaching</i> á Curto prazo	Decréscimo temporário do desempenho esportivo que após a recuperação adequada causa aumento no rendimento	Dias ou semanas	Positiva (Super compensação)
<i>Overreaching</i> Não Funcional (ORNF)	<i>Overreaching</i> á longo prazo	Intenso treinamento que leva á um decréscimo do desempenho, acompanhado com sintomas psicológicos e neuroendócrinos. Porém com o repouso adequado há uma recuperação completa.	Semanas ou meses	Negativo, devido sintomas que causam perda do desempenho esportivo.
Síndrome de Excesso de Treinamento		Consiste em um ORNF rigoroso, com decréscimo de desempenho por mais de 2 meses. Com severa desadaptação fisiológica (psicológica, neurológica, imunológica e endocrinológica).	Meses ou anos	Negativo, devido sintomas que podem destruir a carreira do atleta.

Fonte: KREHER.; SCHWARTZ, 2012; MEEUSSEN et al. 2013.

2.3.1 Sintomas

A SET caracteriza-se por um conjunto de sintomas fisiológicos, bioquímicos, psicológicos e imunológicos.

Figura 1 - Sintomas da SET.



Fonte: ROGERO; MENDES; TIRAPEGUI, 2005.

Devido as não adaptações fisiológicas e neurológicas acarretadas pela SET autores especulam algumas hipóteses que poderiam explicar queda no desempenho (Ver a baixo, Quadro 3).

Quadro 3 – Hipóteses e teorias da SET.

Continua...

Hipóteses	Teoria	Referência
Hipótese do Glicogênio	↓ Glicogênio causa fadiga e decréscimo de performance	Snyder et al(1995); Kreher; Schwartz (2012); Meeussen et al (2013)
Hipótese da Fadiga Central	↑ de Triptofano no cérebro aumenta de 5-HT (serotonina) causando distúrbios do sono, humor e depressão.	Kreider et al (1998); Rogero; Rossi; Tirapegui (2004) Mendes; Tirapegui (2005); Kreher; Schwartz (2012).

Continuação...

Hipótese da Glutamina	↓ Glutamina causa disfunção imunológica e aumenta a probabilidade de infecções	Hiscock; Petersen (2002); Smith (2003); Halson; Jeukendrup (2004); Gentil (2005); Vieira (2007); Kreher; Schwartz (2012).
Hipótese do Estresse Oxidativo	Excessivo estresse oxidativo provoca lesão e fadiga muscular.	Ferraresso (2010); Kreher; Schwartz (2012); Pereira et al (2013a)
Hipótese do Sistema Nervoso Autônomo	Alteração da atividade do Sistema Nervoso Simpático e Parassimpático acarretando em depressão, fadiga e irritabilidade.	Halson; Jeukendrup (2004); Kreher; Schwartz (2012).
Hipótese Hipotalâmica	Desregulação do hipotálamo e dos eixos hormonais causa sintomas da SET	Rogero; Tirapegui (2000); Halson; Jeukendrup (2004); Nakamoto (2005); Vieira (2007) Kreher; Schwartz (2012).
Hipótese das Citocinas	Inflamação e liberação de citocinas interferem ou podem causar as hipóteses anteriores.	Rogero; Tirapegui (2000); Rogero; Tirapegui (2003); Smith (2003); Rogero; Mendes; Tirapegui (2005); Vieira (2007) Kreher; Schwartz (2012); Pereira et al (2013b).

Fonte: KREHER; SCHWARTZ, 2012; MEEUSSEN et al. 2013.

2.3.1.1 Hipótese do glicogênio

Quando a concentração de glicogênio está baixa associa-se a intensidade e duração do treinamento, ou seja, exercícios prolongados reduzem o estoque de glicogênio próximo à depleção (SNYDER et al., 1995; KREHER; SCHWARTZ, 2012; MEEUSSEN et al., 2013). A baixa concentração do glicogênio muscular consiste em um fator desencadeante da fadiga periférica, o que reforça a relevância deste substrato energético no desempenho do atleta (ROGERO; MENDES; TIRAPEGUI, 2005).

2.3.1.2 Hipótese da fadiga central

O exercício de longa duração e de alta intensidade reduz a concentração do glicogênio muscular e a consequente depleção, podendo estimular a oxidação de aminoácidos de cadeia ramificada (leucina, isoleucina e valina), ocorrendo uma diminuição da concentração plasmática desses aminoácidos facilitando a captação de triptofano livre no hipotálamo e conseqüentemente promoveria um aumento na síntese de serotonina (5-hidroxitriptamina). Isto pode desencadear a fadiga central, onde o atleta apresenta-se com distúrbios do humor, sono, depressão e desvios comportamentais (KREIDER et al, 1998; ROGERO; MENDES; TIRAPEGUI, 2005; KREHER; SCHWARTZ, 2012). Outro mecanismo é através do aumento gradual da concentração de ácidos graxos, os quais competem com o triptofano pela ligação à albumina, observa-se uma maior utilização da albumina por parte dos ácidos graxos, resultando em elevação da concentração de triptofano livre aumentando os níveis de serotonina no cérebro. (ROSSI; TIRAPEGUI, 2004; ROGERO; MENDES; TIRAPEGUI, 2005)

2.3.1.3 Hipótese da Glutamina

A glutamina é essencial para a função das células imunes, desempenha papel na síntese de DNA/RNA, transporte de nitrogênio, gliconeogênese, e utilizada como substrato energético para leucócitos, linfócitos, macrófagos e neutrófilos. A diminuição da glutamina após o exercício favorece o aumento na incidência de infecções no trato respiratório superior em atletas com SET (HALSON; JEUKENDRUP, 2004; HISCOCK; PETERSEN, 2002; SMITH, 2003; GENTIL, 2005; VIEIRA, 2007; KREHER; SCHWARTZ, 2012).

Exercício com duração maior que duas horas ou repetidos exercícios de alta intensidade podem diminuir as concentrações de glutamina no plasma (HISCOCK; PETERSEN, 2002). A baixa concentração de glutamina representa-se por uma superutilização e/ou diminuição na produção devido à sobrecarga muscular e reduções no plasma estão associadas a atletas com SET (HISCOCK; PETERSEN, 2002; HALSON; JEUKENDRUP, 2004).

Quando as concentrações de glutamina estão abaixo dos níveis fisiológicos a função celular imune pode ser comprometida. A suplementação de glutamina auxilia na

restauração dos níveis fisiológicos, porém não melhora a deficiência pós-exercício das células imunes (HISCOCK; PETERSEN, 2002; KREHER; SCHWARTZ, 2012).

2.3.1.4 Hipótese do estresse oxidativo

Durante e após o exercício físico são liberadas espécies reativas de oxigênio que interagem sobre as mitocôndrias, acarretando em uma diminuição da fosforilação oxidativa e redução na síntese de ATP, refletindo na queda de desempenho em atletas (FERRARESSO, 2010). Quando o estresse oxidativo se torna patológica, espécies reativas de oxigênio (superóxido, peróxido de hidrogênio e radical hidroxila) podem causar inflamação, fadiga muscular e dor resultando na inibição de performance (KREHER; SCHWARTZ, 2012).

Em um estudo com ratos mostrou que no grupo que executou o protocolo de excesso de treinamento ocorreu uma maior peroxidação lipídica comparado aos grupos controle e treinados, ou seja, nos animais que apresentaram SET havia uma maior quantidade de liberação de espécies reativas de oxigênio (FERRARESSO, 2010). Em outro estudo com camundongos os animais com SET apresentaram maior quantidade de espécies reativas de oxigênio na musculatura esquelética (PEREIRA et al., 2013a).

A inesperada queda da capacidade oxidativa, desvinculada do processo de destreinamento, poderia estar relacionada com o aumento da geração de espécies reativas de oxigênio (EROs) podendo ser essa uma hipótese para a diminuição do desempenho físico, caracterizando a SET.

2.3.1.5 Hipótese do sistema nervoso autônomo

A SET caracteriza-se por alterações no SNS e SNPS. Em modalidades esportivas com predominância do sistema aeróbico há alterações significativas no SNPS, caracterizadas por fadiga, depressão, bradicardia, diminuição na motivação do atleta. Já em modalidades que prioriza o sistema anaeróbico o excesso de treinamento afeta o SNS no qual o atleta apresenta insônia, irritabilidade, agitação, taquicardia, hipertensão e inquietação (KREHER; SCHWARTZ, 2012).

A ativação reduzida do SNS presentes em atletas com SET associa-se a uma diminuição noturna na excreção de catecolaminas (HALSON; JEUKENDRUP, 2004). A variabilidade da frequência cardíaca (VFC), também tem sido usada como um indicador da função autônoma (HALSON; JEUKENDRUP, 2004). Um estudo realizado por Hynynen e

colaboradores (2006) não mostrou diferença na VFC entre os atletas com SET e controle durante o sono. No entanto, uma diminuição da VFC foi vista logo depois de acordar, sugerindo aumento da atividade simpática nos atletas com SET.

2.3.1.6 Hipótese hipotalâmica

Esta hipótese associa-se a mudanças hormonais provocadas no atleta através de alterações no eixo hipotálamo-hipófise-adrenal e eixo hipotálamo-hipófise-gonadal. Em atletas com SET há alterações nos níveis de cortisol, adrenocorticotrófico e testosterona. (HALSON; JEUKENDRUP, 2004; KREHER; SCHWARTZ, 2012).

Os níveis séricos de testosterona e cortisol variam conforme a prática de exercício físico, na fase aguda as modificações dependem da duração e intensidade do exercício (NAKAMOTO, 2005 VIEIRA, 2007). Durante o período de recuperação, há um aumento na concentração sérica de cortisol e um aumento da ligação deste hormônio ao tecido muscular, aumentando a catabolização proteica, ocorrendo assim uma elevada taxa de concentração de ureia e diminuição de massa magra nos atletas com SET (ROGERO; TIRAPEGUI, 2000).

As catecolaminas como a adrenalina e a noradrenalina também estão envolvidas nos processos que desencadeiam a SET. O aumento na concentração plasmática de noradrenalina, acompanhado pela queda de sua concentração urinária no início do dia, são fatores provavelmente relacionados à hipótese de exaustão da adrenal (NAKAMOTO, 2005).

2.3.1.7 Hipótese das citocinas

Durante o treinamento físico de alto volume e intensidade ocorrem microtraumas devido às contrações musculares, ocasionando lesões tanto musculares, articulares e esqueléticas. Este excesso de estímulo provocará reações do organismo, com resposta inflamatória aguda local, na qual poderá evoluir a um quadro inflamatório crônico; gerando assim uma inflamação sistêmica com liberação de interleucinas anti e pró-inflamatórias (ROGERO; TIRAPEGUI, 2000; VIEIRA, 2007; KREHER; SCHWARTZ, 2012).

A inflamação sistêmica ativará monócitos circulantes, que sintetizam grandes quantidades de citocinas pró-inflamatórias (Interleucina-1, Interleucina-6 e fator de necrose tumoral- α) desencadeando possíveis alterações no SNC, como diminuição de apetite,

distúrbios do sono e depressão (ROGERO; TIRAPEGUI, 2003; ROGERO; MENDES; TIRAPEGUI, 2005; VIEIRA, 2007; KREHER; SCHWARTZ, 2012). Os receptores de IL-1 e IL-6 no cérebro são abundantes na região hipotalâmica e ambos estimulam a liberação do hormônio cortisol. A IL-6 controla a liberação de hormônios esteroides pela ação direta nas células adrenais através da ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal com a liberação de adrenalina e cortisol (SMITH, 2003).

Em estudo com camundongos evidenciou-se a grande quantidade de IL-6 na musculatura do sóleo comparando o grupo controle e o grupo que recebeu protocolo de treinamento aeróbico durante as 8 semanas. Também houve um aumento na quantidade de TNF- α nos extensores longos dos dedos no grupo treinado. Outros resultados encontrados foram maiores concentrações da citocina no sóleo dos animais submetidos ao protocolo de excesso de treinamento do que apenas os treinados; aumento destas citocinas no fígado dos animais, evidenciando assim que a síndrome eleva os níveis das citocinas pró-inflamatórias causando um quadro de inflamação sistêmica (PEREIRA et al., 2013b)

As citocinas pró-inflamatórias promovem a manutenção da glicemia por meio da estimulação da neoglicogênese e favorecendo a síntese de proteína na fase aguda relacionadas ao processo de inflamação (SMITH, 2000; ROGERO; MENDES; TIRAPEGUI, 2005).

As citocinas podem interferir com o transporte de glicose em células musculares para a síntese de glicogênio diminuindo os transportadores de glicose-4 (GLUT-4) devido à regulação negativa causada por TNF- α , diminuindo os estoques de glicogênio, contribuindo para o sentimento de ‘perna pesada’ e fadiga muscular presente em atletas com SET (SMITH, 2003).

A quantidade de glutamina no plasma também influencia na SET, a baixa concentração está associada a utilização por vários processo mediados por citocinas, pois a glutamina é precursor para a síntese de citocinas inflamatórias (HALSON; JEUKENDRUP, 2004).

Em estudo comparando as quantidades de IL-6 no plasma entre exercício de extensão de joelhos, ciclismo, corrida e exercícios excêntricos, demonstrou que este último e o ciclismo apresentam a menor quantidade de IL-6 no plasma em relação aos outros exercícios (FISCHER, 2006).

2.3.2 Diagnóstico

O diagnóstico da SET consiste primariamente em uma redução do desempenho sem causa aparente. O atleta precisa apresentar uma diminuição do desempenho mesmo com meses de recuperação, além de distúrbios do humor, falta de sinais e sintomas de outras possíveis causas da baixa performance como: asma, hiper-reatividade brônquica, doenças da tireoide, doença adrenal, diabetes *mellitus* ou *insipidus*, deficiência de ferro com ou sem anemia, infecções (miocardite, hepatite) e desnutrição (devido a transtornos alimentares, doenças celíacas). O diagnóstico torna-se difícil, pois os sintomas aparecem somente quando o atleta encontra-se na síndrome e não há um teste específico para diagnosticar, sendo necessário enfatizar a prevenção (MEEUSSEN, 2013).

Na medicina esportiva utilizam-se testes de triagem para auxiliar no diagnóstico da síndrome (função do rim, potássio, magnésio e glicose), hemograma completo, taxa de hemossedimentação, taxa de proteína C-reativa, concentrações de ferro, creatina quinase e hormônios estimuladores da tireoide. Com a realização de testes clínicos periódicos é possível prevenir a SET (KREHER; SCHWARTZ, 2012).

2.3.3 Testes

Os testes que são realizados auxiliam tanto para a prevenção como para o diagnóstico da síndrome. Em testes imunológicos as altas concentrações de células T ativadas e baixa concentrações de imunoglobinas relacionam-se com uma propensão para infecções do trato respiratório superior, essa diminuição de resposta sistema imune associa-se também aos sintomas do ORNF, sendo necessários mais marcadores da queda do desempenho para diagnosticar o atleta com SET (KREHER; SCHWARTZ, 2012).

A mensuração do lactato em atletas que executaram dois protocolos de exercícios mostrou que tanto aqueles que apresentavam a SET ou ORNF não chegaram a concentrações máximas de lactato, podendo ser um parâmetro para diagnosticar a redução do desempenho, mas não distingue em qual dos dois quadros o atleta se encontra. Em ambos os protocolos os atletas com SET apresentaram reações de prolactina e adenocorticotrófico mais elevados que outros com ORNF. Nas concentrações de cortisol o grupo SET e ORNF apresentaram baixas concentrações, não sendo sensível o suficiente para diagnosticar a redução de desempenho sem causa aparente (MEEUSSEN, 2010).

A incapacidade de manter a intensidade do exercício, onde o desempenho específico da modalidade é reduzido quando a carga de treino é mantida ou aumentada

caracteriza o atleta com SET. Sendo essencial a realização de teste de desempenho, tanto específico da modalidade, ou seja, testar a capacidade de execução de um exercício que o atleta já realiza nos seus dias de treinamento, quanto os de carga incremental. Os testes de desempenho observando as atividades já exercidas na rotina diária de treinamento mostra-se mais eficaz para diagnosticar a fadiga do atleta (MEEUSSEN, 2013).

Para a realização dos testes de desempenho devem-se ter alguns cuidados, pois os laboratórios não possuem a mesma padronização para os testes, deste modo aconselha-se que: o atleta realize os testes sempre no mesmo laboratório; muito dos testes não são da modalidade específica (ser específico); e normalmente não há um acompanhamento prévio dos testes, então, realizar testes pré-síndrome na pré-temporada (MEEUSSEN, 2013).

Questionários que medem estados emocionais como o teste de Perfil dos Estados do Humor-POMS (*Profile of Mood States*) que mensura seis fatores de humor, a tensão, depressão, raiva, vigor, fadiga e confusão mental são de grande valia para diagnosticar a síndrome. Testes de velocidade psicomotora auxiliam no diagnóstico da SET, pois observa-se fatores de concentração e problemas de memória presentes em indivíduos com fadiga crônica e com SET. Mesmo com realizações de testes não há uma fidedignidade para diagnosticar a SET, neste sentido faz-se primordial a prevenção (MEEUSSEN, 2013).

2.3.3.1 Testes em animais

Em camundongos os testes realizados para diagnosticar a síndrome são os comportamentais, no qual consiste em teste de desempenho, através dos testes de carga incremental e de exaustão (FERREIRA et al ,2007). São realizadas análises bioquímicas de citocinas anti e pró-inflamatórias, concentração de lactado sanguínea, análise histológica da musculatura esquelética (FERREIRA et al, 2007;) e teste de força muscular, através do *Grip Force Test* (KEHL et al, 2010).

2.3.4 Prevenção

Os sintomas da SET caracteriza-se por fadiga, queda de desempenho e alterações do humor sendo mais severas que o *Overreaching*. Porém não há evidencias que o atleta encontra-se de fato com SET. O desequilíbrio da prescrição do treinamento entre carga, volume e recuperação, a monotonia dos treinamentos associados com fatores pessoais

emocionais são desencadeadores da síndrome. Neste sentido os treinadores e atletas procuram prevenir a SET (MEEUSSEN, 2013). Como forma de prevenção alguns autores listam alguns métodos (ver a baixo, Quadro 4).

Quadro 4 – Prevenção da SET.

Respeitar a periodização
Controlar a quantidade de competições
Ajustar o volume e intensidade conforme o estado de humor
Alimentação adequada para a sessão de treinamento
Hidratação adequada
Assegurar a ingestão de carboidratos durante o exercício
Horas de sono adequadas
Promover a resiliência
Descanso de no mínimo 6 horas entre exercícios máximos
Evitar condições ambientais extremas
Realizar o teste de POMS e alterar as cargas de treinamento

Fonte: MEEUSSEN et al., 2006; KREHER; SCHWARTZ, 2012.

A melhor forma de prevenir é educar os atletas sobre os sintomas e riscos da síndrome, incluí-los no processo de prescrição deixando-os cientes do que será proposto. Deve-se investigar o histórico familiar do atleta, a sua percepção do treinamento e fatores estressores pessoais para a prescrição do treinamento e diagnosticar possíveis propensões para desencadear a síndrome (KREHER; SCHWARTZ, 2012).

2.4 MATERIAL CERÂMICO EMISSOR DE INFRAVERMELHO LONGO

A radiação do infravermelho longo é definida como uma onda eletromagnética com comprimento de onda de 4 a 16 μm (INOUE; KAGAYA, 1989; VATANSEVER; HAMBLIN, 2012). Alguns materiais emitem radiação eletromagnética quando estimulados por fótons ou elétrons. A intensidade e a frequência da onda emitida são determinadas pela composição química do material. Para a obtenção de eficientes irradiadores de infravermelho longo tem sido utilizados materiais cerâmicos covalentes (Si_3N_4 , SiC , B_4C), ou misturas de óxidos cerâmicos puros (biocerâmica) (SANTOS, 2006; VATANSEVER; HAMBLIN, 2012)

Por meio de pesquisas, foi possível incorporar a biocerâmica em polímeros e tecidos como algodão, lycra, poliéster e lã (VATANSEVER; HAMBLIN, 2012). O MCEIL em contato com a pele transfere energia vibracional molecular (calor) através da lei termodinâmica de condução e convecção, onde devido a temperatura do corpo ser significativamente maior que a do ambiente, a energia é transferida para as partículas de cerâmica que em seguida reemite o infravermelho para a pele (SANTOS, 2006; VATANSEVER; HAMBLIN, 2012).

O mecanismo de ação no qual o infravermelho de longa radiação (IVLR) age ainda é incerto, mas discute-se é que o efeito biológico provavelmente seja causado pela proximidade entre as frequências dos tecidos biológicos e do comprimento de onda no IVLR, pois a maioria das células dos tecidos biológicos tem o diâmetro de aproximadamente 10 μm e que existem comprimentos de onda na faixa do infravermelho longo de aproximadamente 10 μm , sendo assim possível, bioestimular com este tipo de radiação, as células de frequência semelhante e obter as vibrações maximizadas, ou seja, em ressonância, levando a um maior efeito terapêutico em tecidos mais profundos (PÉREZ; MARTÍNEZ; 1995; VATANSEVER; HAMBLIN, 2012)

Acredita-se também que a radiação no IVLR possa promover a quebra de aglomerados de moléculas de água, pois possui um *quantum* energético adequado para a geração de ressonância e a sincronização das moléculas de água. Os fótons emitidos na faixa de 4 a 14 μm são iguais ao *quantum* de energia que se requer para obter a rotação da molécula de água. Quando os fótons se chocam contra o dipolo, a carga elétrica negativa do oxigênio desloca o campo elétrico e a carga elétrica positiva do hidrogênio recebe a força por outro lado. Portanto, a molécula de água começa a girar, fragmentando o aglomerado de água sem romper as uniões entre o hidrogênio e o oxigênio, aumentando com isto a permeabilidade da membrana à água, levando ao aumento da microcirculação (PÉREZ; MARTÍNEZ; 1995; VATANSEVER; HAMBLIN, 2012)

2.4.1 Efeitos do material cerâmico emissor de infravermelho

Os principais efeitos do MCEIL incluem a melhora da circulação (BEZERRA, 2004), reparo e regeneração dos tecidos (LEUNG et al, 2012), aumento da imunidade e a regulação dos fluidos corporais (sistema humoral) (INOUE; KAGAYA, 1989; SILVA, 2009; CONRADO; MUNIN, 2013). O aumento da temperatura corporal e o aumento da mobilidade

de fluido do corpo, e um alívio da dor, são também algumas consequências da irradiação produzida pelos MCEIL (INOUE; KAGAYA, 1989; SILVA, 2009).

Os efeitos antioxidantes do IFVLR foram comprovados em um estudo realizado com 46 estudantes de Taiwan tratados durante 40 minutos. O grupo parassimpático (P) recebeu radiação na região craniana e sacral, o grupo simpático (S) apenas na região torácica e lombar (T1-L2) e o grupo simpático e parassimpático (SP) foi tratado da região do cérebro ao sacro. A coleta de superóxido no sangue mostrou que todos os grupos apresentaram menores concentrações da substância pós-tratamento, favorecendo assim uma diminuição deste subproduto nocivo da respiração mitocondrial, demonstrando um efeito antioxidante (LIN; LEE; LUNG, 2013).

O material cerâmico emissor de infravermelho parece reduzir a dor. Em estudo com humanos, Silva e colaboradores (2009) trataram pacientes com síndrome pós-pólio durante quatro semanas e ao fim do experimento houve uma diminuição da intensidade da dor e uma diminuição significativa da frequência cardíaca (FC) durante o sono. A redução da dor é explicada pelo fato de o infravermelho ser benéfico ao sistema musculoesquelético, por diminuir espasmos musculares e aumentar o estado de relaxamento muscular. Onde para cada aumento de 1°C na temperatura do tecido, ocorre um aumento na taxa metabólica, resultando em uma elevada necessidade de oxigênio e nutrientes no tecido, estimulando também a liberação de endorfinas que fornecem um efeito analgésico. A redução da FC está associada ao fato de as biocerâmicas em contato com a pele causarem uma vasodilatação das artérias que irrigam a pele e o músculo, facilitando assim o retorno venoso e diminuindo a sobrecarga cardíaca (TOYOKAWA et al, 2003; SILVA, 2009).

Em um estudo com células *in vitro*, onde as células foram mantidas encubadas durante 24 horas com peróxido de oxigênio e separadas em dois grupos, o controle e tratado com o material cerâmico, mostrou que o tratado com o material cerâmico teve uma diminuição na citotoxicidade induzida pelo estresse oxidativo à enzima lactato comprado ao controle (LEUNG et al. 2012a).

Em estudo com 32 voluntárias com idade entre 20 e 60 anos não praticantes de exercício físico, utilizaram uma bermuda de cintura alta impregnada com material cerâmico durante 4 meses, durante 8 horas diárias. Foram realizadas mensurações antropométricas da cintura, quadril e coxas, mostrando que durante os primeiros 60 dias houve uma redução de medidas das voluntárias e após manteve-se as medidas adquiridas, mesmo sem a realização de dietas e mantendo as atividades diárias antes do tratamento. Os resultados obtidos estão associados possivelmente devido a uma melhoria na perfusão do sangue e a estimulação da

drenagem linfática, que pode ser uma consequência principalmente de um aumento incremental da temperatura local. Tem sido referido que um aumento de 1 ° C na temperatura do tecido pode aumentar a taxa metabólica local (CONRADO; MUNIN, 2013).

Estudo com obesos tratados com IFVLR em dez sessões, mostraram um acréscimo de 1°C na temperatura corporal, vasodilatação e aumento da microcirculação pós-tratamento. A radiação infravermelha com comprimento de ondas entre 4 e 14 nm causou perda de peso de 0,1 kg e 0,5 kg em todos os voluntários. Outros resultados incluem diminuição da frequência respiratória e pressão arterial sistólica (BEZERRA, 2004). As ondas infravermelhas entre 4 e 14 nm produzem efeitos sobre as moléculas de água, sobre a membrana celular e diversos eletrólitos. A radiação aumenta as concentrações de cálcio na membrana e no citoplasma celular, favorecendo a permeabilidade de água na membrana celular produzindo a movimentação de cálcio. Processo este que ocorre também nos neutrófilos (classe das células sanguíneas leucocitárias que fazem parte do sistema imunológico), melhorando a circulação sanguínea (PÉREZ; MARTÍNEZ, 1995; BEZERRA, 2004).

Em estudo realizado com animais mostrou que MCEIL pode ter efeitos benéficos sobre o coração durante o estresse oxidativo, suprimindo a contratilidade do coração e melhorando em longo prazo o estresse oxidativo, reduzindo a probabilidade de uma parada cardíaca e infarto isquêmico (LEUNG et al, 2012b).

Em estudo realizado com humanos com síndrome da fibromialgia, mostrou que o grupo tratado com o MCEIL obteve uma redução nos sintomas do distúrbio do sono, fadiga e dor comparado ao grupo placebo e não tratado, enfatizando assim que o MCEIL teve resultado positivo na qualidade de vida dos pacientes (SANTOS, 2006).

Em estudo realizado com ratos, no qual foram submetidos a uma incisão na região dorsal e tratados com o MCEIL durante 30 minutos pós-lesão e avaliados o quadro inflamatório (edema e exsudato inflamatório) em 24, 48 e 72 horas. Mostrando que os animais que foram expostos ao MCEIL não apresentaram formação de edema ou exsudato inflamatório entre 24 e 72 horas pós-cirurgia, associando ao fato de a radiação infravermelha gera aumento da temperatura local, melhorando a microcirculação causada pela vasodilatação, elevando o metabolismo celular e aumento na capacidade de drenagem linfática, favorecendo o processo de cicatrização tecidual (SONNEWEND et al, 2004).

Em um estudo de Boer, Conrado e Munin (2013) com 12 jovens adultos do sexo masculino, entre 17 e 29 anos de idade, onde pesquisam o efeito de um tecido impregnado com nanocerâmica na aptidão física cardiorrespiratório. Realizaram o teste ergoespirométrico

para a mensuração do VO_2 máximo, os grupos que usou a roupa com biocerâmica e o grupo que usou a roupa placebo, onde demonstraram que a roupa com material cerâmico aumentou a aptidão física cardiorrespiratória e o VO_2 máximo nos teste de potência aeróbica.

3 MÉTODOS

3.1 TIPO DE PESQUISA

A pesquisa caracteriza-se por experimental-explicativa de natureza quantitativa (SANTOS, 2011).

3.2 ANIMAIS

Na presente pesquisa foram utilizados camundongos machos da linhagem *Swiss*, com idade de 30 dias, pesando entre 25-35 g. Os animais foram fornecidos pelo Biotério Central da Universidade Federal de Santa Catarina e permaneceram no Laboratório de Neurociência Experimental (LANEX), até o término dos experimentos.

Os animais foram recebidos do Biotério após o desmame (cerca de 25 dias de idade) e permaneceram no Biotério de manutenção de animais do LANEX na Universidade do Sul de Santa Catarina até completarem pelo menos 30 dias de idade. Os animais foram mantidos em ciclo claro/escuro de 12 h, a temperatura de 22 ± 2 °C, e alimentados com ração e água à vontade. Os mesmos foram alojados em caixas de polipropileno opaco branco com tampa de arame, com no máximo 5 animais por caixa. A exaustão foi feita por intermédio de um exaustor. O todo o experimento foi realizado no ciclo claro dos animais. Os experimentos foram realizados após a aprovação do protocolo N° 14.008.4.08.IV pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UNISUL (CEUA-UNISUL), realizados de acordo com o guia de cuidados de animais de laboratório conforme descrito por Zimmermann (1983).

3.3 PROTOCOLO DE EXCESSO DE TREINAMENTO

Os animais foram submetidos a uma semana de habituação na esteira rolante, com treinamentos durante cinco dias, de 10 minutos diários a uma velocidade de 5m/min.

Para a realização dos experimentos foram necessários 30 animais, divididos em 3 grupos com $n = 10$.

Grupo 1- (Não exercitado) grupo controle.

Grupo 2- Protocolo de excesso de treinamento (PET) + Material sem cerâmica

Grupo 3- PET + Material cerâmico (MC) emissor de infravermelho longo.

Os treinamentos dos animais forma realizados como descrito anteriormente por Pereira et al (2012) no qual consiste em um protocolo de 8 semanas, 5 dias na semana. Onde nas 4 primeiras semanas os animais executaram treinamento aeróbico e nas 4 semanas posteriores inicia-se o PET.

Tabela 1 – Características do PET

Semanas	Intensidade (% VE)	Duração (min)	Nº sessões diárias	Grau da esteira (%)	Recuperação entre sessões (h)
1	60	15	1	0	24
2	60	30	1	0	24
3	60	45	1	0	24
4	60	60	1	0	24
5	60	60	1	-14	24
6	75	75	1	-14	24
7	90	90	1	-14	24
8	90	90	2	-14	4
9	PR	PR	PR	PR	PR
10	PR	PR	PR	PR	PR

Fonte: PEREIRA, et al. 2012.

VE= Velocidade de Exaustão; PR= Período de Recuperação.

3.4 TESTES DE DESEMPENHO

3.4.1 Teste de carga incremental

Após 24 horas de repouso da última sessão semanal de adaptação na esteira rolante adaptada foi realizado o teste de carga incremental (TCI) como descrito por Ferreira e colaboradores (2007). O teste inicia-se com intensidade de 6m/min., com acréscimo de 3m/min. a cada três minutos até a exaustão dos animais, considerado exaustão quando o animal tocar 5 vezes no fundo da raia durante o período de 1 minuto ou permanecia de 10 segundos no fundo da raia. A velocidade de exaustão do camundongo foi utilizada para determinar a intensidade do treinamento aeróbico e do protocolo de excesso de treinamento. O teste de carga incremental foi realizado na 1^a, 4^a, 8^a e 10^a semana do protocolo.

3.4.2 Teste de Exaustão

O teste de exaustão foi realizado 24 horas após o TCI com uma velocidade de 36m/min., com uma inclinação de 8% da esteira. O fim do teste foi determinado quando o camundongo tocar 5 vezes o fundo da raia no tempo de 1 minuto ou permanecer mais de 10 segundos no fundo da raia. O teste de exaustão foi realizado na 4^a, 8^a e 10^a semana do protocolo.

3.5 PROCEDIMENTO PARA A MORTE INDOLOR ASSISTIDA (MIA)

Para realizar a MIA dos animais, os mesmos receberam uma injeção intraperitoneal de uma dose excessiva de anestésico (Pentobarbital, 80 mg/kg, i.p.) de acordo com a resolução 714, de 20/06/2002 – Conselho Federal de Medicina Veterinária (CFMV), sob supervisão do médico veterinário responsável.

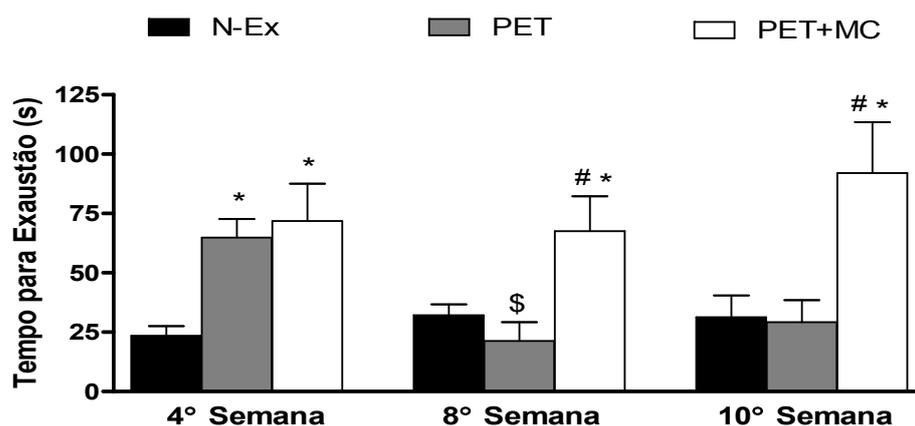
3.6 ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados foram apresentados com a média \pm erro padrão da média (E.P.M.). Para análise dos dados foi empregado a Análise de Variância de duas vias, seguida pelo teste de Bonferroni para múltiplas comparações ou análise de uma via seguida pelo teste de *Student Newman Keuls*. Em todas as análises, valores de *p* menores que 0,05 foram considerados estatisticamente significativos. Para a realização do cálculo estatístico, foi utilizado o software GraphPad Prism 5.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2, está ilustrado o comportamento dos animais submetidos ao teste de exaustão.

Figura 2 - Teste de exaustão em diferentes semanas de treinamento



Legenda: Teste de exaustão. O gráfico mostra o teste após as 4 semanas de treinamento, ao fim do protocolo de excesso de treinamento (8 semanas) e após as 2 semanas de recuperação (10 semanas). N-Ex= não realizou exercícios; PET= realizou o protocolo de excesso de treinamento; PET+MC= realizou o protocolo de excesso de treinamento e obteve o tratamento com o material cerâmico. Os dados são expressos com média ± erro padrão da média (E.P.M.), $n = 10$ animais. * $p < 0,05$ quando comparado com o grupo não exercitado; # $p < 0,05$, quando comparado com o grupo que não recebeu tratamento, e \$ $p < 0,05$ quando comparado com os animais do mesmo grupo na 4ª semana.

Na figura 2 o eixo Y demonstra o tempo em que os animais chegaram à exaustão e no eixo X as semanas em que os testes foram realizados. Na quarta semana do protocolo experimental, notou-se que os animais submetidos ao protocolo de excesso de treinamento (PET, barra cinza) e os animais que também foram submetidos ao PET e tratados com material cerâmico (MC) emissor de infravermelho (barra branca), apresentaram um aumento de 110% no tempo de exaustão (média $64,88 \pm 7,81$ e $71,86 \pm 15,70$ segundos; respectivamente) quando comparados com os animais não exercitados (N-Ex, $23,50 \pm 4,02$ segundos, barra preta). Esses resultados demonstram que o período referente ao protocolo de exercício físico utilizado no presente estudo aumentou o tempo de exaustão, sugerindo uma melhora no desempenho dos animais.

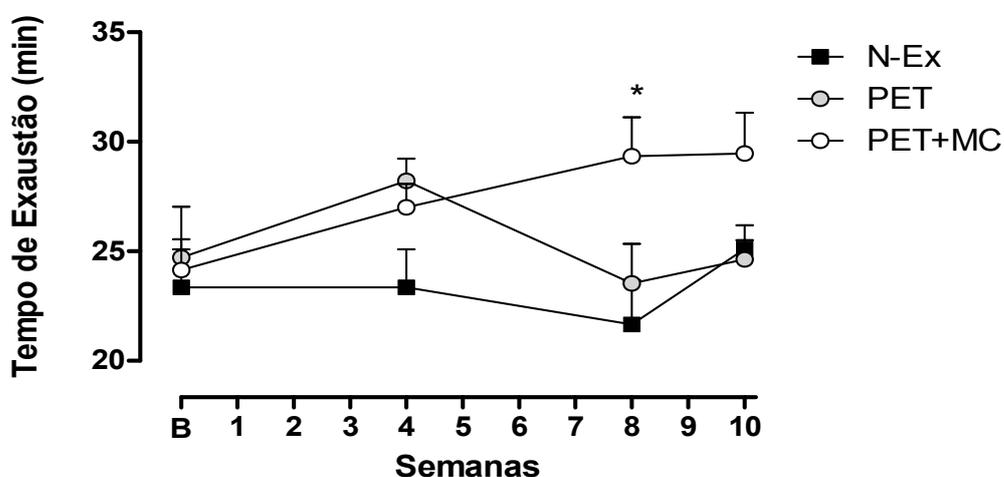
No entanto, na oitava semana do protocolo experimental, observa-se que os animais submetidos ao PET não apresentaram diferença significativa no teste de exaustão quando comparados com o grupo N-Ex. Além disso, os mesmos animais apresentaram uma redução do tempo de exaustão quando comparados com eles mesmos no teste da quarta semana, validando assim o PET utilizado no presente estudo. Interessantemente, os animais que foram submetidos ao PET e tratados com MC (barra branca), mantiveram um tempo de

exaustão (média $67,50 \pm 14,72$ segundos) semelhante à avaliação anterior quando comparado ao grupo submetido apenas ao PET (média $32,17 \pm 4,57$ e $21,29 \pm 7,96$ segundos).

Na décima semana do protocolo experimental, percebe-se que os animais submetidos ao PET não apresentaram diferença significativa no teste de exaustão quando comparados com o grupo N-Ex, nem quando comparados com eles mesmos no teste da oitava semana, evidenciando assim que mesmo após duas semanas de recuperação não houve melhora ou restabelecimento do desempenho, validando comportamentalmente o PET desenvolvido no presente estudo. Porém os animais que foram submetidos ao PET e tratados com MC mantiveram-se com o aumento do tempo de exaustão (média $92 \pm 21,44$ segundos) quando comparados com os animais do grupo N-Ex (média $31,33 \pm 9,09$ segundos) e do grupo PET (média $29,25 \pm 9,18$ segundos). Tais resultados demonstram um efeito preventivo do tratamento com MC à redução do desempenho causada pelo PET.

A figura 3 representa o desempenho dos animais submetidos ao teste de carga incremental, avaliados pelo tempo máximo alcançado até a exaustão.

Figura 3 - Teste de carga incremental em diferentes semanas de treinamento



Legenda: Teste de carga incremental. O gráfico mostra o teste basal ou seja antes de iniciar o protocolo de treinamento (B), após as 4 semanas de treinamento, ao fim do protocolo de excesso de treinamento e depois das 2 semanas de recuperação (10ª semana). N-Ex= não realizou exercícios; PET= realizou o protocolo de excesso de treinamento; PET+MC = realizou o protocolo de excesso de treinamento e obteve o tratamento com o material cerâmico. Os dados são expressos com média \pm erro padrão da média (E.P.M.), $n = 10$ animais. * $p < 0,05$ quando comparado com o grupo não exercitado.

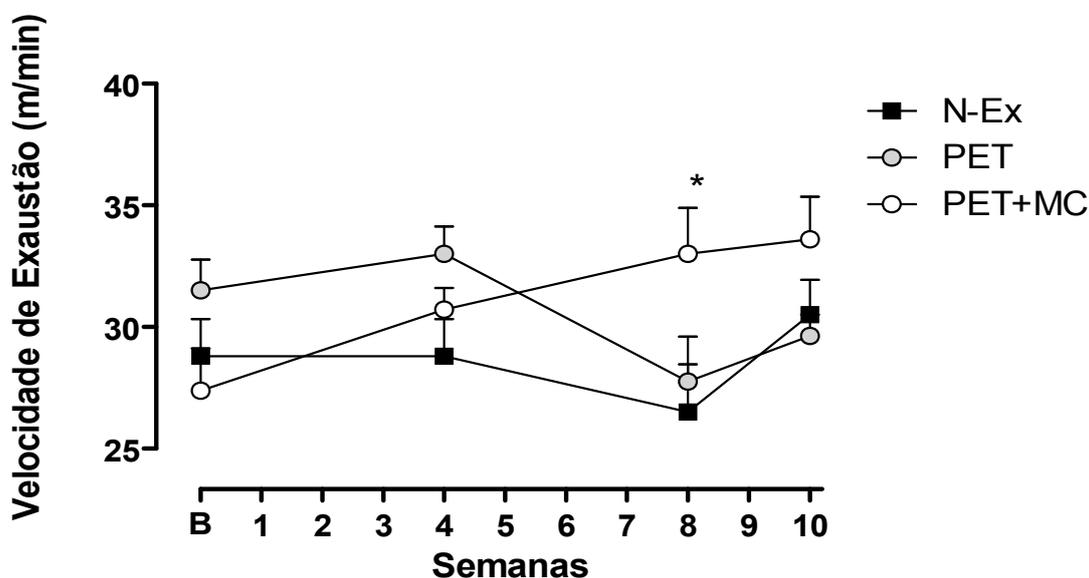
No eixo X são apresentadas as semanas experimentais e no eixo Y o tempo de exaustão em minutos. Na semana anterior ao início do protocolo experimental (B - basal) observa-se que os grupos N-Ex (quadrado preto), PET (círculo cinza) e PET e tratado com MC (círculo branca) iniciaram com a média de $24,52 \pm 1,58$, $24,72 \pm 1,41$ e $24,14 \pm 1,41$ minutos, respectivamente, não havendo diferença estatística entre eles.

Na quarta semana de execução do protocolo, observa-se que os animais do grupo PET (círculo cinza) e PET+MC (círculo branca) (média de $28,21 \pm 1,02$ e $27 \pm 1,07$ minutos) apresentaram um aumento do tempo de exaustão, quando comparados com o grupo N-Ex (quadrado preto) (média $24,52 \pm 1,58$ minutos), mostrando que o protocolo de exercício causou um melhora no desempenho.

Na oitava semana os animais do grupo PET não apresentaram diferença estatística no tempo de exaustão (média de $23,54 \pm 1,80$ minutos), quando comparados com o grupo N-Ex, este resultado enfatiza que o PET realizado induz uma redução no desempenho dos animais. No entanto, os animais do grupo PET tratado com MC apresentaram uma tendência em melhorar o desempenho quando comparados ao grupo PET apenas. Na décima semana o grupo PET permaneceu com seu desempenho próximo ao grupo N-Ex (média $24,63 \pm 0,87$ e $25,10 \pm 1,09$ minutos), ressaltando que mesmo após as duas semanas de recuperação não foram o suficiente para recuperar o seu desempenho. Enquanto o grupo PET tratado com MC manteve-se na média de $29,46 \pm 1,86$ minutos no tempo de exaustão no TCI.

A figura 4 representa o desempenho dos animais submetidos ao teste de carga incremental, avaliados pela máxima velocidade encontrada até a exaustão.

Figura 4 - Velocidade máxima alcançada no teste de carga incremental



Legenda: velocidade de exaustão em metros por minutos (m/min) no teste de carga incremental. O gráfico mostra o teste antes de iniciar o protocolo de treinamento (B), após as 4 semanas de treinamento, ao fim do protocolo de excesso de treinamento e depois das 2 semanas de recuperação (10 semanas). N-Ex= não realizou exercícios; PET= realizou o protocolo de excesso de treinamento; PET+MC= realizou o protocolo de excesso de treinamento e obteve o tratamento com o material cerâmico. Os dados são expressos com média \pm erro padrão da média (E.P.M), $n = 10$ animais. * $p < 0,05$ quando comparado com o grupo não exercitado.

No eixo X estão apresentadas as semanas experimentais e no eixo Y a velocidade de exaustão em metros por minuto. Observa-se que na semana zero (basal) os animais dos grupos N-Ex (círculo preto), PET (círculo cinza) e PET tratados com MC (círculo branco) estavam com média $28,80 \pm 1,53$, $27,75 \pm 1,10$ e $28,71 \pm 1,28$ (m/min), respectivamente.

Na quarta semana, o grupo que não realizou o protocolo (círculo preto, N-Ex) manteve-se com média $28,80 \pm 1,53$ m/min, enquanto os grupos exercitados PET e PET+MC obtiveram um aumento na sua velocidade de exaustão ($33 \pm 1,13$ e $31,80 \pm 0,73$ m/min).

Na oitava semana o grupo PET tratado com MC (média $33 \pm 1,89$ m/min) apresentou melhora significativa quando comparados com o grupo N-Ex (média $26,50 \pm 1,96$ m/min). O grupo PET reduziu seu desempenho (média $27,75 \pm 1,85$ m/min) chegando próximo ao grupo não exercitado (N-Ex), demonstrando que o protocolo de excesso de treinamento foi capaz de reduzir o desempenho dos animais.

Na décima semana os animais do grupo PET+MC (círculo branca) mantiveram sua velocidade de exaustão (média $33,60 \pm 1,74$ m/min). E os grupos PET (média $29,63 \pm 0,88$) e N-Ex (média $29,40 \pm 1,12$ m/min). Evidenciando que mesmo após as duas semanas de recuperação o grupo PET manteve-se com a velocidade de exaustão reduzida enquanto que o grupo PET tratado com MC permaneceu com desempenho mais elevado, mostrando que o tratamento auxilia na recuperação pós-exercício.

No presente estudo padronizou-se em nosso laboratório um modelo animal de excesso de treinamento por meio de um protocolo de excesso de treinamento (PET). Constatou-se pelo teste de exaustão (TE) e teste de carga incremental (TCI) nos quais analisou-se variáveis como tempo e velocidade de exaustão, que o protocolo foi eficiente em induzir sinais de exaustão presentes na síndrome de excesso de treinamento. Os principais resultados do estudo demonstraram que: i) inicialmente quando os animais foram submetidos ao treinamento por 4 semanas seus tempos e velocidades de exaustão aumentaram quando comparados ao grupo não exercitado (N-Ex). Estes resultados sugerem 2 aspectos importantes do estudo. O primeiro foi que os testes utilizados foram sensíveis em detectar exaustão nos animais e o segundo aspecto denotou-se que 4 semanas de treinamento foram suficientes para promover aumento no desempenho. Um outro achado importante do estudo foi: ii) a validação do protocolo animal de excesso de treinamento no LANEX. Esta afirmação se dá pelo fato que nos testes de exaustão realizados após os animais serem submetidos a 4 semanas subsequentes ao treinamento, a um período de treinamento muito intenso. Este excesso de treinamento foi capaz de induzir nos animais, mesmo treinados, uma redução no tempo e velocidade de exaustão caracterizando sinais de excesso de treinamento.

Esses achados estão de acordo com os resultados encontrados por Pereira e colaboradores (2013). Além disso, vários aspectos deste treinamento podem explicar os resultados encontrados. A redução de desempenho tem relação com a intensidade do estímulo, quando os animais entraram no PET chegando a 90% da sua capacidade máxima e sem recuperação adequada, a incidência de microlesões permanece constante levando a uma maior quantidade de liberação de espécies reativas de oxigênio e conseqüentemente a fadiga muscular e inflamação crônica (FERRARESSO, 2010; PEREIRA et. al, 2013a). Os microtraumas ocasionados pela corrida excessiva geram reações do organismo como resposta inflamatória aguda local, conforme evidenciado no estudo de Pereira e colaboradores (2013b). No referido estudo, os autores utilizaram camundongos swiss machos e o mesmo protocolo de treinamento do presente trabalho, onde dividiram os animais em grupos, o controle que não praticou exercício, o grupo treinado (executou 8 semanas de treinamento em 60% da máxima fase estável do lactato com no máximo 60 minutos de treinamentos diários) e o grupo *overtraining* (exerceu o PET), no qual encontraram no grupo submetido ao PET uma grande quantidade de IL-6 na musculatura do sóleo quando comparou-se aos grupos controle e o que recebeu protocolo de treinamento aeróbico. Também houve um aumento na quantidade de TNF- α nos extensores longos dos dedos no grupo treinado. Outro resultado encontrado no mesmo estudo de Pereira e colaboradores (2013b) mostraram maiores concentrações de TNF- α e IL-6 no sóleo dos camundongos submetidos ao PET do que apenas os treinados e um aumento destas citocinas no fígado dos animais, evidenciando assim que o excesso de treinamento eleva os níveis das citocinas pró-inflamatórias causando um quadro de inflamação sistêmica evoluindo a um quadro inflamatório crônico (ROGERO; TIRAPEGUI, 2000; VIEIRA, 2007; KREHER; SCHWARTZ, 2012).

Os receptores da Interleucina-1 e Interleucina-6 no cérebro são abundantes na região hipotalâmica e ambos estimulam a liberação do hormônio cortisol, elevando as respostas inflamatórias e causando uma redução de respostas do sistema imune (SMITH, 2003). Pelas citocinas possuírem receptores no hipotálamo, pode desencadear alterações no sistema nervoso central SNC, como diminuição de apetite, distúrbios do sono e depressão (ROGERO; TIRAPEGUI, 2003; ROGERO; MENDES; TIRAPEGUI, 2005; VIEIRA, 2007; KREHER; SCHWARTZ, 2012).

O treinamento na máxima fase estável do lactato, da 1^o a 4^o semana do protocolo de excesso de treinamento, onde treinaram em 60% da capacidade máxima individual, ou seja, a mais alta intensidade do exercício onde ocorre equilíbrio entre a produção e remoção de lactato, apresentou melhora no desempenho dos animais no teste de exaustão como nos

estudos de Ferreira e colaboradores (2007) e Pereira e colaboradores (2013a). Porém a partir da 5ª semana, onde chegaram a treinar em 90% da sua capacidade máxima e duas sessões diárias, evidenciou-se a redução de desempenho no grupo PET no seu tempo para exaustão, teste no qual correram a 105% da capacidade máxima, sendo predominantemente de metabolismo anaeróbico. Isto evidencia que os treinamentos intensos e recuperação inadequada levam a um quadro de inflamação crônica. Apesar de duas semanas de recuperação os animais não restauraram seu desempenho, e conforme Kreher e Schwartz (2012) e Meeussen e colaboradores (2013) caracteriza-se como *overreaching* não funcional (ORNF), podendo levar a síndrome de excesso de treinamento (SET), mas para que se possa afirmar que o PET levou a SET serão necessários avaliações de mais parâmetros fisiológicos.

Outro interessante achado do presente estudo foi a constatação que os animais submetidos ao tratamento com um MC apresentaram uma melhora no desempenho quando submetidos ao protocolo de excesso de treinamento no seu tempo para exaustão. São vários os estudos mostrando evidências dos vastos efeitos dos MC ou biocerâmicas, entre eles destaca-se: aumento da temperatura local, no qual melhora a microcirculação causada pela vasodilatação, eleva o metabolismo celular e aumenta a capacidade de drenagem linfática, favorecendo o processo de cicatrização tecidual (SONNEWEND et al, 2004); a redução dos sintomas do distúrbio do sono, fadiga e dor conforme o estudo de Santos (2006), a redução da dor é explicada pelo fato de o infravermelho ser benéfico ao sistema musculoesquelético, por diminuir espasmos musculares e aumentar o estado de relaxamento muscular. Onde para cada aumento de 1°C na temperatura do tecido, ocorre um aumento na taxa metabólica, resultando em uma elevada necessidade de oxigênio e nutrientes no tecido, estimulando também a liberação de endorfinas que fornecem um efeito analgésico (SILVA et al, 2009); ao seu efeito anti-oxidante, em estudo de Leung e colaboradores (2012a) mostrou que o grupo tratado com o material cerâmico teve uma diminuição na citotoxicidade induzida pelo estresse oxidativo.

Por outro lado, os animais ao serem avaliados no TCI demonstraram tendência à uma melhora no desempenho na 4ª semana de treinamento, porém ao aumentar a intensidade e volume do treinamento, os animais do grupo PET reduziram seu desempenho. Talvez essa redução deva-se a uma possível inflamação crônica gerada pela corrida em esteira. Entretanto os animais tratados com MCEIL não mantiveram seu desempenho significativamente elevado. Neste teste o MCEIL não foi capaz de melhorar significativamente o desempenho dos animais tratados, e por se tratar de uma nova tecnologia, são necessários novos estudos para compreender o mecanismo neurobiológico dos MCs na promoção do aumento da performance física.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Em resumo, o modelo animal de excesso de treinamento demonstrou que 4 semanas de treinamento foram suficientes para promover um treinamento. E nas 4 semanas posteriores de treinamento, onde executaram sessões exaustivas, induziu sinais de excesso de treinamento validando o protocolo de excesso de treinamento do presente estudo.

No teste de exaustão os animais tratados com o material cerâmico apresentaram melhora no tempo de exaustão quando comparados com os animais não tratados e não treinados, após as sessões de treinamento intenso, podendo ser explicado pelos efeitos positivos que o material cerâmico apresenta, como efeitos antinociceptivo, de redução do estresse oxidativo, de reparação tecidual acelerada.

Porém os animais ao serem avaliados no TCI os animais demonstraram apenas tendência à uma melhora no desempenho na 4ª semana de treinamento, ao aumentar a intensidade e volume do treinamento, os animais do grupo PET reduziram seu desempenho e os animais tratados com MCEIL não mantiveram seu desempenho significativamente elevado. Demonstrando que o MCEIL não foi capaz de melhorar significativamente o desempenho dos animais tratados.

Por se tratar de um método novo de melhora do desempenho sugere-se que haja novas pesquisas voltadas a análises fisiológicas para investigar os mecanismos de ação do MCEIL na *performance*. E com base de outras avaliações fisiológicas, será possível observar se o protocolo de excesso de treinamento é capaz de induzir a síndrome de excesso de treinamento em animais e se o tratamento com biocerâmicas é de fato efetivo.

REFERÊNCIAS

- BARBANTI, V. J. **Teoria e Prática do Treinamento Esportivo**. 2º ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.
- BEZERRA, A.F. **Efeitos biológicos da radiação infravermelho na obesidade**. 2004. 40 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica). Universidade do Vale do Paraíba, 2004.
- BOER, N. C. P; CONRADO, L. A. L. e MUNIN, E. Biomodulação produzida por tecidos impregnados com nanocerâmicas na aptidão física cardiorrespiratória. **Encontro de pós graduação e iniciação científica**. 2013.
- BOMBA, T.O. **Periodização: Teoria e Metodologia do Treinamento**. São Paulo: Phort, 2002.
- CARMICHAEL, M. D et al. Role of brain macrophages on IL-1 β and fatigue following eccentric exercise-induced muscle damage. **Journal ELSEVIER - Brain, Behavior and Immunity**, v. 24, p. 564-568. Jan, 2010.
- CONRADO, L. A. L. E MUNIN, E. Reductions in body measurements promoted by a garment containing ceramic nanoparticles: a 4-month follow-up study. **Journal of Cosmetic Dermatology**, v. 12, p. 18-24, 2013.
- DANTAS, E. H. M. **A prática da preparação física**. 5º. ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003.
- FERRARESSO, R. L. P. **Estudo da relação entre ataque oxidativo, sistema de defesa antioxidantes e atividade mitocondrial em ratos submetidos a um protocolo de indução do overtraining em esteira**. 2010. 98f. Dissertação (Mestrado em Biologia Funcional e Molecular) - Universidade Estadual de Campinas – Campinas, 2010.
- FERREIRA, J. C. B. et al. Maximal lactate steady state in running mice: effects of exercise training. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**. v. 34, p. 760-765, 2007.
- FISCHER, C. P. Interleukin-6 in acute exercise and training: what is the biological relevance? **Journal Exercise Immunology**, v. 12, p. 6–33. 2006.
- GENTIL, P. **Bases Científicas do Treinamento de Hipertrofia**. Rio de Janeiro: Sprint, 2005.
- HALSON, S. L; JEUKENDRUP, A. E. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. **International Journal of Sport Medicine**, v. 34, p. 967-981. 2004.
- HISCOCK, N.; PEDERSEN, B.K. Exercise-induced immunosuppression: plasma glutamine is not the link. **Journal of Applied Physiology**. p. 813-822. 2002.

HYNYNEN, A.; UUSITALO, A.; KONTTINEN, N et al. Heart rate variability during night sleep and after awakening in overtrained athletes. **Medicine Science Sports Exercise**, v. 38, p. 313-317. 2006.

INOUE, S., KAGAYA, M. Biological activities caused by far-infrared radiation. **International Journal of Biometeorol.**, p. 145-150. 1989.

KEHL, L. J.; TREMPPE, T. M.; HARGREAVES, K. M. A new animal model for assessing mechanisms and management of muscle hyperalgesia. **Pain**, v. 85, n. 3, p. 333-343, 2000.

KREHER, J. B.; SCHWARTZ J. B. Overtraining Syndrome: A Practical Guide. **Journal of Sport and Health Research.**, v 4, n 2, p. 128- 138, mar., 2012.

KREIDER R. B. et al. Central fatigue hypothesis and overtraining. **Overtraining in sport**. P 309 -334, 1998.

LEUNG, T.K. et al. Biological effects of melt spinning fabrics composed of 1% bioceramic material. **Textile Research Journal.**, v.82, p. 1121-1130, mar., 2012a.

LEUNG, T. K. et al. Effects of Far Infrared Rays Irradiated from Ceramic Material (BIOCERAMIC) on Psychological Stress-Conditioned Elevated Heart Rate, Blood Pressure, and Oxidative Stress-Suppressed Cardiac Contractility. **Chinese Journal of Physiology.**, v. 55, p. 323-330, 2012b.

LIN, C. C.; LEE, C. L; LUNG, C.C.. Antioxidative effect of farm-infrared radiation in human. **Journal of Public Health Frontier.**, v. 2, p. 97-102. Jun., 2013.

LUSSAC, R. M. P. Os princípios do treinamento esportivo: conceitos, definições, possíveis aplicações e um possível novo olhar. **Lecturas, Educación Física y Deportes.**, v. 121, Jun, 2008.

MAZZARDO-MARTINS L, MARTINS D.F, MARCON R, DOS SANTOS U. D, SPECKHANN B, GADOTTI V. M, et al. High-intensity extended swimming exercise reduces pain-related behavior in mice: involvement of endogenous opioids and the serotonergic system. **Journal Pain.**, v. 11, p. 1384-93. 2010.

MATVÉEV, L. P. **Fundamentos do treino desportivo**. Lisboa: Livros Horizonte, 1986.

MEEUSEN, R. et al. Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: ECSS Position Statement Task Force. **European Journal of Sport Science**, v. 6, p. 1-14. 2006.

_____. Prevention, Diagnosis, and Treatment of the Overtraining Syndrome: Joint Consensus Statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. **European Journal of Sport Science**. v. 13, n 1. p. 185-205, 2013.

_____. Diagnosing overtraining in athletes using the two-bout exercise protocol. **British Journal of Sport Medicine**, v. 44, p. 642-648. 2010.

MONTEIRO, A. G. **Treinamento personalizado: uma abordagem didático-metodológica**. São Paulo: Phort, 2005.

NAKAMOTO, F. P. Consequências Fisiológicas do Overtraining. **Centro de Estudos de Fisiologia do Exercício**, 2005.

PEREIRA, B. C. et al. A new overtraining protocol for mice based in downhill running sessions. **Jornaul Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, p. 794, mai, 2012.

_____. Overtraining is associated with DNA damage in blood and skeletal muscle cells of Swiss mice. **BMC Physiology**. P. 1-9. 2013a.

_____. Nonfunctional Overreaching Leads to Inflammation and Myostatin Upregulation in Swiss Mice. **International Journal of Sport Medicine**, p. 1-30, Mai., 2013b.

PÉREZ, A. C. N; MARTÍNEZ, A. J. A. **Fibra de photon-platino**. Santiago de Compostela. p. 7-71. 1995.

ROGERO, M. M.; MENDES, R. R.; TIRAPEGUI, J. Aspectos neuroendócrinos e nutricionais em atletas com overtraining. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabolismo**, São Paulo , v. 49, n. 3, Jun 2005.

ROGERO, M. M.; TIRAPEGUI, J. Aspectos atuais sobre glutamina, atividade física e sistema imune. **Revista Brasileira de Ciência e Farmacologia**, v. 36, p. 201-212. 2000.

_____. Overtraining - Excesso de Treinamento: Conceitos Atuais. **Revista Nutrição em Pauta**. nº 60. 2003.

ROSSI L, TIRAPEGUI J. Implicações do sistema serotoninérgico no exercício físico. **Arquivo Brasileiro de Endocrinologia e Metabolismo**, v. 48, p. 227-33, 2004.

SANTOS, S.G. **Métodos e técnicas de pesquisa quantitativa aplicada a educação física**. 1. ed. Florianópolis: Tribo da ilha, 2011.

SANTOS, A. N. B. **Efeitos da radiação do infravermelho longo em pacientes portadores de síndrome da fibromialgia**. 2006. 47-66f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica). Universidade do Vale do Paraíba – São José do Campo, 2006.

SANTOS, I. N. S. **Bases metodológicas do treinamento desportivo**. Lages: Uniplac. 2005.

SILVA, T. M., et al. Effects of the use of MIG3 bioceramics fabrics use-longinfrared emitter-in pain, intolerance cold and periodic limb movements in post-polio syndrome. **Revista de neuropsiquiatria**, v. 67, p. 1049-1053. 2009.

SMITH, L. L. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to exercise stress? **Medicine & Science in Sports Exercise**, v. 32. p. 317-331. 2000.

_____. Overtraining, excessive exercise, and altered immunity: is this a T helper-1 versus T helper-2 lymphocyte response? **Sports Medicine**, v. 33, p. 347-364, 2003.

SNYDER A .C, et al. Overtraining following intensified training with normal muscle glycogen. **Medicine & Science in Sports Exercise**, v. 27, n. 7, p. 1063-1070. 1995.

SONNEWEND D. et al. O efeito da radiação infravermelho longo e microcorrentes sobre o processo de reparação de feridas em ratos. **International Federation for Medical and Biological Engineering**, v. 5, p. 93-96, 2004.

TOYOKAWA H. et al. Promotive effects of far-infrared ray on full-thickness skin wound healing in rats. **Experimental Biology and Medicine**, v. 228, p.724-729, 2003.

TUBINO. M. J. G.; MOREIRA, S. B. **Metodologia científica do treinamento desportivo**. 13. ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003.

VATANSEVER, F.; HAMBLIN, M. R. Far infrared radiation (FIR): its biological effects and medical applications. **Photon lasers Medicine**, v. 1, p. 1-12, 2012.

VIEIRA, A.K. Alterações hormonais, imunológicas e fisiológicas durante o estado de overtraining. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 1, p. 23-29. 2007.

ZIMMERMANN M. Ethical guidelines for investigations of experimental pain in conscious animals. **Pain**, n. 16, p. 109-110, 1983.

ANEXOS

ANEXO A- Parecer do CEUA- UNISUL



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA/UNISUL

Tubarão, 16 de junho de 2014.

Registro na CEUA (código): 14.008.4.08.IV

Ao pesquisador: Daniel Fernandes Martins
Larissa dos Santos Leonel

Curso de Fisioterapia - Campus Universitário Pedra Branca

Prezado(a) Pesquisador(a) ,

Vimos, através deste, informar que o projeto de pesquisa **“Análise dos possíveis efeitos da biocerâmica na síndrome do excesso de treinamento: estudo pré-clínico”** foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA da UNISUL.

A CEUA/UNISUL tem por finalidade cumprir e fazer cumprir, no âmbito da UNISUL e nos limites de suas atribuições, o disposto na legislação federal aplicável à criação e a utilização de animais em atividades de ensino e de pesquisa, realizadas pelos corpos docente, discente e técnico-administrativo da UNISUL e pesquisadores de outras instituições, caracterizando-se a sua atuação como educativa, consultiva, de assessoria e fiscalização nas questões relativas à matéria, sob os aspectos: I - Ético; II - Legal: enquadramento na legislação vigente.

Gostaríamos de salientar que, embora aprovado, qualquer alteração dos procedimentos e metodologias que houver durante a realização do projeto em questão, deverá ser informado imediatamente à Comissão de Ética no Uso de Animais da UNISUL.

Atenciosamente.


Peter Johann Bürger

Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/UNISUL

Unisul - Universidade do Sul de Santa Catarina

☎ (48) 3279-4036

✉ ceua@unisul.br peter.burger@unisul.br



Antes de imprimir este e-mail pense em sua responsabilidade e compromisso com o MEIO AMBIENTE

Anexo B – Ficha de Orientação

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA – UNISUL
CURSO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO EM EDUCAÇÃO FÍSICA
FICHA DE FREQUÊNCIA - SESSÕES DE ORIENTAÇÃO

Acadêmica: Larissa dos Santos Leonel

Orientador Pedagógico: Daniel Fernandes Martins

TCC: () I (x) II

Data	CH	Pauta	Assinatura Orientador	Assinatura Orientando
11/08	1h	Resultados e Discussão		Larissa Leonel
18/08	1h	Resultados e Discussão		Larissa Leonel
25/08	1h	Resultados e Discussão		Larissa Leonel
08/09	1h	Resultados e Discussão/ conclusão		Larissa Leonel
15/09	1h	Resultados e Discussão/ conclusão		Larissa Leonel
29/09	1h	Conclusão		Larissa Leonel
13/10	1h	Resumo/ Cap. 1, 2 e 3.		Larissa Leonel
20/10	1h	Resumo/ Cap. 1, 2 e 3.		Larissa Leonel
27/10	1h	Slides		Larissa Leonel
10/11	1h	Últimos ajustes do TCC		Larissa Leonel