

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO MOVIMENTO
HUMANO**

**INFLUÊNCIA CIRCADIANA NO COMPORTAMENTO
DE VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E FÍSICAS
UTILIZADAS PARA O DIAGNÓSTICO DO
DESEMPENHO FÍSICO**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

Mauri Schwanck Behenck

**Santa Maria, RS, Brasil
2006**

**INFLUÊNCIA CIRCADIANA NO COMPORTAMENTO DE
VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E FÍSICAS UTILIZADAS PARA
O DIAGNÓSTICO DO DESEMPENHO FÍSICO**

por

Mauri Schwanck Behenck

Monografia apresentada ao Curso de Especialização do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano, Área de Concentração em Fisiologia do Exercício, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito Parcial para a obtenção do grau de **Especialista em Ciência do Movimento Humano**.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Osório Cruz Portela

**Santa Maria, RS, Brasil
2006**

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Educação Física e Desportos
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Monografia de
Especialização

**INFLUÊNCIA CIRCADIANA NO COMPORTAMENTO DE VARIÁVEIS
FISIOLÓGICAS E FÍSICAS UTILIZADAS PARA O DIAGNÓSTICO DO
DESEMPENHO FÍSICO**

Elaborada por
Mauri Schwanck Behenck

como requisito parcial para obtenção do grau de
Especialista em Ciência do Movimento Humano

COMISSÃO EXAMINADORA:

Luiz Osório Cruz Portela, Dr.
(Presidente/Orientador)

Eliane Zenir Corrêa de Moraes, Ms. (UFSM)

Luis Felipe Dias Lopes, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 24 de junho de 2006

À minha filha **Camila**, fonte de toda
a minha inspiração e perseverança.

RESUMO

Monografia de Especialização
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Movimento Humano
Universidade Federal de Santa Maria

INFLUÊNCIA CIRCADIANA NO COMPORTAMENTO DE VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E FÍSICAS UTILIZADAS PARA O DIAGNÓSTICO DO DESEMPENHO FÍSICO

AUTOR: MAURI SCHWANCK BEHENCK

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ OSÓRIO CRUZ PORTELA

Local e Data de Defesa: Santa Maria, 24 de junho de 2006.

No contexto da avaliação e diagnóstico do desempenho físico os conhecimentos advindos da Cronobiologia, tornam-se relevantes, pois, estes nos permitem entender e considerar as variações que estão ocorrendo a todo o momento em nosso organismo. Considerando que a avaliação física em Laboratórios de Fisiologia do Exercício, hoje, é uma realidade em diversas regiões do país e baseia-se na resposta de determinadas variáveis ao estresse físico causado pelo exercício, desconhece-se até que ponto a não observância do turno da avaliação, pode ter efeito sobre o diagnóstico do desempenho físico realizado nestes laboratórios. Assim, buscou-se investigar a influência circadiana sobre o comportamento de variáveis fisiológicas e físicas específicas em teste progressivo de esforço máximo utilizadas para o diagnóstico do desempenho físico em adultos jovens. Foram investigados 06 indivíduos (03 homens e 03 mulheres), voluntários, fisicamente ativos, comprovadamente aptos para realizarem esforço físico exaustivo idade de $22,50 \pm 2,65$ anos. Os indivíduos compareceram em dois dias distintos (com intervalo de sete dias) no Laboratório, sendo que em um dos dias a coleta de dados foi realizada as 9h e no outro foi realizada as 16h. As análises foram realizadas em repouso e durante o teste progressivo exaustivo tendo em vista as seguintes variáveis: consumo de oxigênio, produção de dióxido de carbono, ventilação, taxa de troca respiratória, frequência cardíaca, lactato sanguíneo, velocidade máxima de corrida e tempo total de teste. Os resultados obtidos, não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre os diferentes períodos do dia (9h e 16h), ao utilizar o teste de Wilcoxon, considerando como significativo um $p < 0,05$. Assim, considerando o protocolo utilizado e o grupo avaliado conclui-se que o diagnóstico do desempenho físico, tendo como base o comportamento de variáveis fisiológicas e físicas específicas em teste progressivo de esforço máximo, não sofre influência circadiana, sugerindo que não há obrigatoriedade de realização da reavaliação do desempenho físico em laboratório no mesmo turno do dia daquele realizado anteriormente.

Palavras-chave: diagnóstico do desempenho físico, ritmo circadiano, avaliação ergoespirométrica

ABSTRACT

CIRCADIAN INFLUENCE ON THE BEHAVIOR OF SPECIFICS PHYSIOLOGIC AND PHYSICS USED FOR THE DIAGNOSIS OF THE PHYSICAL PERFORMANCE

AUTHOR: MAURI SCHWANCK BEHENCK
ADVISOR: PROF. DR. LUIZ OSÓRIO CRUZ PORTELA

In the context of the evaluation and diagnosis of the physical performance, the knowledge deriving from the Cronobiologia, becomes important, because these knowledge allow to understand each other and to consider the variations that are happening to all the moment in our organism. Considering that the physical evaluation in Laboratories of Physiology of the Exercise, today, is a reality in several areas of the Country and it bases on the answer certain variables to the physical stress caused by the exercise, it is ignored to what extent the non observance of the shift of the evaluation, it can have effect on the diagnosis of the physical performance accomplished in these laboratories. Thus, it was looked for to investigate the circadian influence on the behavior of specifics physiologic and physics variables in progressive test of maximum effort used for the diagnosis of the physical performance in young adults. Six individuals were investigated (03 men and 03 women), volunteers, physically actives, healthy with the following characteristics: percentile of fat of $16,61 \pm 7,70\%$, stature of $169,85 \pm 10,45$ cm, corporal mass of $60,29 \pm 11,30$ kg and $22,50 \pm 2,65$ year-old age. The individuals attended in two different days (with interval of seven days) in the Laboratory, and in one of the days the variables was accomplished the 9:00 and in the another it was accomplished the 16:00. The analyses were accomplished in rest and during the exhaustive progressive test with the following variables: consumption of oxygen, production of CO₂, ventilation, respiratory quotient, heart frequency, seric lactato, maximum speed of race and total time of test. The obtained results, they didn't present difference among the different periods of the day (9:00 and 16:00), when using the test of Wilcoxon, considering as significant a $p < 0,005$. Thus, considering the used protocol and the assessed group, the diagnosis of the physical performance, tends as base the behavior of specifics physiologic and physics variables in progressive test of maximum effort, it doesn't suffer influence circadiana, suggesting that there is not obligatory to realize the second assessment of the physical performance in the same shift of the day of that accomplished previously.

Key words: diagnosis of the physical performance, circadian rhythm, ergoespirometric evaluation

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Protocolo de Mader	19
-------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados do VO_2 ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) em repouso e durante o teste progressivo de esforço máximo, relativos aos diferentes turnos do dia	27
Tabela 2 - Resultados do VCO_2 (l/min) em repouso e durante o teste progressivo de esforço máximo, relativos aos diferentes turnos do dia	27
Tabela 3 – Resultados do VE (l/min) em repouso e durante o teste progressivo de esforço máximo, relativos aos diferentes turnos do dia	28
Tabela 4 – Resultados de R em repouso e durante o teste progressivo de esforço máximo, relativos aos diferentes turnos do dia	29
Tabela 5 – Resultados de FC em repouso e durante o teste progressivo de esforço máximo, relativos aos diferentes turnos do dia	30
Tabela 6 – Resultados de lactato sanguíneo (mM) (LAC) em repouso e durante o teste progressivo de esforço máximo, relativos aos diferentes turnos do dia.	32
Tabela 7 – Resultados de tempo total do teste progressivo (TempoTotal), VO_2 pico, FC máxima e velocidade máxima (VelMáx) alcançada, relativos aos diferentes turnos do dia.....	34

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I - Termo de Consentimento Informado	132
ANEXO II - Ficha de dados pessoais e de medidas antropométricas	134
ANEXO III - Fichas de coleta de dados	137

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ANEXOS

1 INTRODUÇÃO	01
1.1 Contextualização do problema	01
1.2 Objetivos	03
1.2.1 Geral	03
1.2.2 Específicos	04
1.3 Variáveis	04
1.3.1 Variáveis independentes	04
1.3.2 Variáveis dependentes	04
1.3.3 Variável de controle	05
1.4 Justificativa	05
1.5 Delimitação do estudo	05
2 REVISÃO DE LITERATURA	06
2.1 O que é cronobiologia?	06
2.2 Os ritmos biológicos	11
2.3 Influências circadianas sobre o desempenho físico	14
3 METODOLOGIA	18
3.1 Caracterização do estudo	18
3.2 Grupo de estudo	18
3.3 Materiais e métodos	18
3.3.1 Esteira ergométrica.....	18
3.3.2 Analisador de gases	19

3.3.3 Analisador de lactato	20
3.3.4 Sensor de FC	21
3.4 Procedimentos para a coleta de dados	23
3.5 Tratamento estatístico	25
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	26
5 CONCLUSÃO	35
6 BIBLIOGRAFIA	36
ANEXOS	39

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do problema

A ritmicidade é um fenômeno inerente aos seres vivos em geral, estando presente em todos os níveis de organização, desde uma simples célula (seres unicelulares), tecidos e órgãos, até organismos completos (DELATTRE, 2004). Considerando o ritmo como a organização de um fenômeno no tempo, existem vários ritmos biológicos diferentes operando simultaneamente no organismo. A denominação de ritmo circadiano para os ritmos endógenos com períodos de cerca de 24 horas foi primeiro introduzido em 1959, por Halberg (DELATTRE, 2004), no entanto, existem outros períodos, como ultradianos, circanuais ou maiores. Sabe-se, no entanto, que as manipulações experimentais (como modificações no ciclo vigília/sono) podem resultar em recalibragem ou outras alterações nessa estrutura temporal. Como consequência, os dados obtidos podem ser facilmente mal interpretados caso o investigador, em suas pesquisas, não tenha em mente os princípios da Cronobiologia, haja vista que eles permitem que se entendam as variações que estão ocorrendo a todo momento em nosso organismo. Assim, esses princípios devem ser lembrados quando feitos protocolos, interpretados resultados ou instituídos os tratamentos para os pacientes.

Devido à importância já mencionada, há necessidade de se relacionar modificações observadas no organismo com as variações circadianas. O interesse por este tema científico vem crescendo e os estudos realizados nesta área objetivam a busca do embasamento para que o ser humano possa desenvolver-se plenamente.

No contexto de prática, o conhecimento gerado a partir da cronobiologia já embasa a ação de muitos profissionais. É bem conhecido na farmacologia que as reações orgânicas a determinados medicamentos mantêm relação com o tempo de ação, período de pico, etc. Assim, a cronobiologia subsidia a prática médica em relação à conduta com o paciente com a finalidade de garantir e/ou otimizar a ação do fármaco prescrito. Conclusivamente, considerando o atual estágio do conhecimento sobre o tema, não se pode ignorar que os ritmos biológicos estão na base do conhecimento para a investigação e posterior orientação ao paciente.

Também nas diferentes formas de prática de atividades físicas, pode-se usufruir dos conhecimentos cronobiológicos. O profissional da atividade física trabalha com os efeitos produzidos pela prática regular e adequada de exercício físico sobre o desempenho humano. A exploração das respostas das capacidades físicas em função da influência de ciclos biológicos pode permitir a otimização do treinamento aplicado, pois há comprovadamente variação do desempenho durante o dia, seqüência de dias, semanas, meses. Por outro lado, também torna-se possível estabelecer determinadas cuidados e/ ou rotinas, principalmente quando tem-se por objetivo medidas fisiológicas, necessárias para que se obtenha resultados confiáveis no que diz respeito a avaliação em determinadas condições que envolvem o exercício físico.

O estudo de campo aqui apresentado parte do pressuposto que as variáveis biológicas sofrem variações circadianas e conseqüentemente são determinantes das nossas ações, tanto em situação de repouso, quanto frente ao exercício físico, o que torna relevante a investigação dessas relações. Por outro lado, tal intenção de pesquisa se justifica tendo em vista a prática laboratorial no que se refere ao diagnóstico do desempenho físico.

Hoje, a avaliação física em Laboratórios de Fisiologia do Exercício é uma realidade em diversas regiões do país e tem como linha mestre a observação das reações orgânicas em função do estresse físico causado pelo exercício. Para essa prática, os fisiologistas fazem uso da análise de diferentes variáveis as quais tem relação direta com os protocolos de testes utilizados. Tendo como base o teste ergoespirométrico, o qual objetiva a avaliação do desempenho físico em função de cargas progressivas de trabalho, são variáveis comuns de serem utilizadas: o VO_2 , a FC, o lactato sangüíneo, a pressão sanguínea, a sensação subjetiva de esforço, a velocidade de corrida e o tempo total de teste. Dependendo dos objetivos e da infra-

estrutura, pode-se ter interesse por algumas dessas variáveis ou ainda por outras que se somam a essas.

As pessoas que desfrutam desse serviço normalmente fazem avaliações com certa periodicidade, a fim de acompanharem a evolução do seu desempenho e avaliarem e otimizarem a planificação do treinamento a que estão sendo submetidas. Não é difícil de imaginar que, em função das possibilidades do laboratório e a disponibilidade de tempo do avaliado, os testes ocorram em turnos diferentes do dia, ou seja, o primeiro teste tenha sido realizado de manhã e, após um período de três meses de treinamento sistematizado, a reavaliação seja realizada à tarde. No entanto, sabendo-se da reconhecida variação circadiana que é imposta ao organismo humano, desconhece-se até que ponto essa prática, ou seja, a não observância do turno da avaliação, pode ter efeito sobre o diagnóstico do desempenho físico realizado em laboratório.

Frente a essa realidade e com base nos fundamentos da cronobiologia, propôs-se o seguinte problema:

EXISTE INFLUÊNCIA CIRCADIANA SOBRE O COMPORTAMENTO DE VARIÁVEIS FISIOLÓGICAS E FÍSICAS ESPECÍFICAS EM TESTE DE ESFORÇO MÁXIMO UTILIZADAS PARA O DIAGNÓSTICO DO DESEMPENHO FÍSICO?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

- Investigar a influência circadiana sobre o comportamento de variáveis fisiológicas e físicas específicas em teste progressivo de esforço máximo utilizadas para o diagnóstico do desempenho físico em adultos jovens, fisicamente ativos, de ambos os sexos, na faixa etária de 20 a 26 anos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Verificar o comportamento do VO_2 , da produção de dióxido de carbono (CO_2), da taxa de troca ventilatória (R), da ventilação (VE), da FC e do lactato sanguíneo, de sujeitos submetidos a um teste progressivo de esforço máximo em esteira ergométrica em diferentes turnos do dia;

- Verificar respostas de velocidade máxima de corrida e de tempo total de teste, de sujeitos submetidos a um teste progressivo de esforço máximo em esteira ergométrica em diferentes turnos do dia;

- Analisar a influência dos diferentes turnos do dia sobre os resultados das variáveis fisiológicas (VO_2 , VCO_2 , R, VE, FC e lactato sanguíneo) e físicas (velocidade máxima de corrida e tempo total do teste) analisadas.

1.3 Variáveis

1.3.1 Variáveis independentes

- Teste progressivo de esforço máximo pela manhã
- Teste progressivo de esforço máximo pela tarde

1.3.2 Variáveis dependentes

- FC;
- VO_2 ;
- VCO_2 ;
- R;
- VE;
- lactato sanguíneo;
- velocidade máxima de corrida;
- tempo total de teste.

1.3.3 Variável de controle

- temperatura ambiente

1.4 Justificativa

O presente estudo justifica-se:

- pela necessidade de maiores informações a respeito da possível influência circadiana sobre o comportamento de variáveis fisiológicas e físicas, as quais embasam a ação dos profissionais que trabalham com avaliação física no que se refere ao diagnóstico do desempenho físico e à prescrição da intensidade do treinamento.
- por não ter sido encontrado na literatura consultada informações referentes ao assunto e que fossem voltadas particularmente para as avaliações e/ou variáveis que normalmente são utilizadas em avaliações físicas laboratoriais, principalmente no que diz respeito ao comportamento do lactato sangüíneo.
- pelo fato dos resultados obtidos, independente do direcionamento que apresentarem, servirem de subsídios para profissionais da área da saúde e pesquisadores que tem em sua rotina o uso da avaliação ergoespirométrica.

1.5 Delimitação do estudo

O presente estudo limitou-se a investigar a influência dos diferentes turnos do dia sobre o comportamento de variáveis fisiológicas e físicas específicas em teste progressivo de esforço máximo utilizadas para o diagnóstico do desempenho físico em adultos jovens, fisicamente ativos, de ambos os sexos, na faixa etária de 20 a 26 anos. A temperatura ambiente foi monitorada e os sujeitos estudados receberam orientação em relação a alimentação e a prática de exercício físico no período precedente a realização dos testes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O que é a cronobiologia?

A Cronobiologia como ciência remonta ao início deste século, contudo, a idéia de relacionar modificações observadas nos organismos com o tempo é antiga. Exemplos disso são os relatos sobre Archilochus, poeta grego, que há mais de 2.500 anos, reconheceu que os ritmos governam o homem; ou sobre Herofilo, de Alexandria (335-380 a. C.), que observou diferenças ao relacionar os batimentos cardíacos com diferentes momentos do dia (SIBÉRIO, 2003). No entanto, mesmo tendo uma origem tão antiga, a Cronobiologia é pouco difundida entre o meio científico; não que sejam poucos os pesquisadores no assunto, mas ela ainda é desconsiderada por outras ciências afins. Sabe-se que envolve o funcionamento de todos os organismos vivos, inclusive o humano. Entretanto, na maioria das vezes, o conhecimento limita-se a isso, ignorando-se o seu funcionamento, a sua determinação e as suas implicações práticas.

Tendo em vista este fato, faz-se necessário abordar inicialmente alguns conceitos básicos que são fundamentais para a compreensão da Cronobiologia. Analisando o aspecto antropológico, certamente o homem primitivo deve ter reconhecido que o ciclo anual das estações fazia-se acompanhar de mudanças na folhagem das árvores e de migração de pássaros; que as fases da lua relacionavam-se com o ciclo menstrual ou que o ciclo diário claro/escuro determinava a atividade ou o repouso. Este conhecimento empírico, por vezes sistematizado esotericamente - na astrologia, onde a vida humana é dominada pelo movimento dos corpos

celestes - hoje em dia é o alvo deste novo campo de ciência, cada vez mais abrangente em seu caráter multidisciplinar (HRUSHESKY, 1983; PAULY, 1983).

Conceitualmente, cronobiologia é aquele ramo da ciência que objetiva explorar e quantificar mecanismos da estrutura temporal biológica, incluindo as manifestações rítmicas da vida (PAULY, 1983). Como as outras ciências, pode a Cronobiologia ser subdividida em especialidades tais como Cronofisiologia, Cronopatologia, Cronotoxicologia, Cronofarmacologia, Cronoterapia e ainda Cronomorfologia.

Ritmicidade é o centro do estudo da Cronobiologia. A ritmicidade é reconhecida como uma propriedade fundamental da matéria viva em todos os seus níveis de estruturação: biologia molecular, ultraestrutura celular, células, tecidos, órgãos e organismos (HAUS et al., 1983; PAULY, 1983). As evidências de ritmicidade estão presente em todos os seres vivos - procariontes e eucariontes (desde vegetais até o homem) (PAULY, 1983). Esses ritmos biológicos estudados consistem em uma adaptação seletiva dos seres vivos ao meio-ambiente. Logicamente, era de se esperar que organismos adaptados aos ciclos que os cercam (provenientes das rotações periódicas da Terra sobre si mesma e desta ao redor do Sol) se beneficiassem de uma seleção natural positiva (PAULY, 1983; REINBERG, 1987).

A Cronobiologia, como qualquer outra especialidade científica, acerca-se de um vocabulário técnico, a saber: um ritmo é um componente periódico de uma série temporal, e é caracterizado por uma média, uma amplitude, um período e um formato de onda. A média é a intermediária dos valores absolutos mais altos e mais baixos ao longo do período. Serve de comparação para os valores fisiológicos clássicos. Acrofase é o nome dado aos "picos" dos valores medidos, e, opostamente, batifase ou "depressões" seriam os valores mais baixos. Amplitude, contrariando o conceito matemático usual, é, para a maioria dos cronobiologistas, a diferença ou variação entre a acrofase e o nível médio. Período seria a duração de um ciclo completo de uma variação periódica. Ainda temos a palavra "fase", usada por alguns pesquisadores (PAULY, 1983) para designar um valor instantâneo do ritmo sob o ciclo, isto é, um pico, uma depressão ou qualquer outro ponto da curva (PAULY, 1983; REINBERG, 1987) .

Termos especiais são usados pelos cronobiologistas para determinar os períodos: ultradianos para os menores de 20 horas de duração; circadianos para

aqueles de 20 a 28 horas; e *infradianos* para os maiores de 28 horas. Alguns dos ritmos infradianos mais comumente descritos são os *circaseptano* (com 7 ± 3 dias), *circatrigintano* (com 30 ± 7 dias) e *circanual* (com 1 ano ± 2 meses) (HAUS et al., 1989; HRUSHESKY, 1983; PAULY, 1983).

Para se caracterizar um ritmo acuradamente, é necessário amostras de múltiplos pontos para serem consideradas, ou seja, um dia, uma semana, um mês, um ano ou mais. Preferencialmente a amostragem deve ocorrer em vários destes períodos. Cronobiologistas habitualmente empregam duas espécies de análises: longitudinal e transversal. A primeira é feita medindo-se a variável em estudo num mesmo animal varias vezes ao longo do tempo. Obviamente, não é possível assim medir-se, por exemplo, as amins biogênicas do cérebro, para isso, faz-se necessário o segundo tipo de amostragem - transversal - onde periodicamente se retira subgrupos da população em estudo para serem sacrificados. Estudos longitudinais são sempre preferíveis em Cronobiologia, pois permitem estudar por um longo tempo um mesmo animal. O modelo matemático mais usado é o sinusoidal, apesar de novas técnicas de planilhamento e diagramação estarem se popularizando (PAULY, 1983).

Os ritmos biológicos são sempre "ao redor de", e nunca com um período rígido. Contudo, mantêm-se sincrônicos com o meio-ambiente, graças a sua sensibilidade a alguns estímulos sincronizadores ambientais tais como a alternância claro/escuro. Estes sincronizadores também pode ser chamados de "Zeitgeber" (do alemão, "fornecedores de tempo") ou agentes de entrada. Os sincronizadores não criam os ritmos biológicos, mas os influenciam de uma forma "calibradora". O sincronizador dominante em roedores é o ciclo claro/escuro, sendo os ritmos biológicos também influenciados, se bem que secundariamente, por alternâncias frio/calor, barulho/silêncio, etc. Os humanos são certamente influenciados pela luz, mas o sincronizador dominante parece ser o regime social; este deve ser entendido como um conjunto de costumes adquiridos pela convivência social, como os horários de despertar, das refeições, de adormecer, extensão do período de sono, entre outros (HAUS et al., 1989; PAULY, 1983; REINBERG, 1987).

Se todos os sincronizadores são removidos, então o organismo é dito como existindo sob condições constantes, isto é, constantes luminosidade, temperatura, enfim, completamente isolado dos sincronizadores ambientais. Essa condição pode ser conseguida em certas cavernas ou em ambientes experimentais, artificialmente

controlados. Sob essas condições constantes, o ritmo circadiano é dito “correndo solto” (“free running”, no original). Isto significa que irá avançar ou atrasar-se conforme o número de minutos ou de horas que tenha de diferença do dia de referência (24 horas). Alguns estudos têm sido dirigidos em humanos vivendo em casernas subterrâneas ou cavernas permitindo um total isolamento dos sincronizadores ambientais. Mostrou-se, assim, que os ritmos circadianos, quando correndo livremente, variam entre 25 e 25,5 horas (PAULY, 1983; REINBERG, 1987). Portanto, os humanos parecem ter uma tendência natural ao atraso de fase.

Estes experimentos onde os ritmos biológicos são observados sem a influência dos sincronizadores indicam que a origem destes é endógena. Apenas seu ajustamento pode ser atribuído aos estímulos ambientais. Com isso surgiu entre os cronobiologistas a indagação: que mecanismo ou mecanismos controlam as funções rítmicas? As hipóteses surgidas a partir desta indagação foram a de controle hormonal, neural ou genético. Ainda houve pesquisadores que hipotetizaram que o controlador básico da periodicidade biológica provinha de forças geofísicas, tais como variações das radiações cósmicas ou intensidade do campo magnético da Terra. Esses acreditavam que existia um ciclo endógeno potencial nos organismos, mas que estes são induzidos externamente. Entretanto, a maioria dos cronobiologistas discorda dessa opinião e prefere pensar que do genoma provém os sinais endógenos, independentes de forças exógenas. Para apoiar solidamente esta última hipótese, usaram-se técnicas de DNA recombinante no estudo do relógio biológico de moscas do gênero *Drosophila*. Esses relógios biológicos, também conhecidos como "pacemakers" ou osciladores, seriam estruturas superiores controladoras dos ritmos biológicos. Nas *Drosophilas*, pelo menos sete sítios gênicos do DNA estão, de algum modo, envolvidos na perturbação ou mesmo abolição de certos ritmos biológicos. Algumas mutações quimicamente induzidas em zonas específicas do genoma das moscas, produzem espécimes que, além de possuírem aberrações cromossômicas, também têm ritmos mais longos, mais curtos ou ainda completa falta de ritmos, se comparadas às moscas em estado selvagem (MARQUES, 1991).

O produto deste locus gênico alterado mostrou semelhança química com um grupo de macromoléculas - proteoglicanas - que possuem, por sua vez, certas seqüências de aminoácidos que poderiam formar sítios específicos para reações de glicolisação (importantes para a manutenção de sinapses, secreção, comunicação

intracelular e para o desenvolvimento de maneira geral). Além disso, a seqüência de bases do locus gênico mencionado parece apresentar regiões homólogas à regiões do DNA de diversas espécies de vertebrados como a galinha, o camundongo e o homem.

Outros estudos (LINDEN, 1991) tinham por quadro teórico a indicação que o Núcleo Supraquiasmático (NSQ) em mamíferos está envolvido com os ciclos circadianos de atividade motora, de sono/vigília, de ingestão de água, de temperatura corporal e da concentração sangüínea de certos hormônios. Assim fizeram-se transplantes de tecido nervoso do NSQ de hamsters mutantes, com um ciclo biológico de 20 horas, um hamster tipo selvagem, com o ciclo de aproximadamente 24 horas. Observou-se assim que os hamsters transplantados passaram a ter um ciclo de 20 horas. Feito o experimento ao inverso, chegou-se a resultados perfeitamente análogos, sugerindo a participação do sistema nervoso como um possível relógio biológico central ou “pacemaker”. Especificamente o NSQ também foi descrito (REINBERG, 1987) como controlador cronológico da secreção de ACTH e prolactina, bem como do comportamento rítmico da fome e da sede. Outros possíveis controladores seriam a glândula pineal - quanto a melatonina - e o córtex cerebral (PAULY, 1983) .

Os ritmos circadianos operam simultaneamente, encontrando-se sobrepostos a outros ritmos, de diferentes freqüências, e, no organismo normal, há fases específicas para relacioná-los uns com os outros. Quando estas relações são rompidas temos uma condição chamada de discronismo (PAULY, 1983). Esta pode ser definida como uma alteração da estrutura temporal associada com demonstrável déficit físico, fisiológico ou mental, se não doença. Quem viaja freqüentemente longas distâncias é seguidamente acometido de um mal-estar generalizado, chamado pelo uso corrente, de “jet-lag”. A explicação cronobiológica deste fenômeno indica o deslocamento transmeridional, que coloca o indivíduo em um novo meio-ambiente, como o responsável. Essa mudança exige que seus ritmos biológicos entrem em sincronia (ou calibrem-se) com os sincronizadores do novo local, como o fuso horário. A adaptação dos ritmos biológicos deste viajante não ocorrerá imediatamente, podendo levar de alguns dias até uma semana ou mesmo mais tempo. Enquanto o sincronismo total não ocorre, formam-se ciclos intermediários e transitórios. Complicando ainda mais a questão, alguns ritmos biológicos readaptam-se com maior facilidade do que outros (HAUS et al., 1989;

PAULY, 1983; REINBERG, 1987). Mecanismo semelhante, mas em menor escala, poderia explicar o mal estar que algumas pessoas sentem quando da implantação do horário de verão em nosso País.

A vasta maioria da comunidade científica acredita no conceito da regulação para a constância ou homeostasia. A homeostase entende a ritmicidade como consequência da busca de um ponto de equilíbrio perdido e enfatiza essa noção de estabelecimento de um ponto fixo de equilíbrio do organismo e de estados não-dinâmico (HALBERG, 1987). Esta hipótese não é jamais verificada na prática. Com efeito, estudos quantitativos de processos biofísicos e bioquímicos revelam (com raras exceções) variações periódicas ao longo do tempo (REINBERG, 1987). Há ritmos na morfologia, na fisiologia e na farmacologia. Todas as funções fisiológicas conhecidas mostram possuir flutuações circadianas se mensuradas sistematicamente ao longo das 24 horas. Sinais vitais, incluindo temperatura oral, pulso, pressão sangüínea sistólica e diastólica, função pulmonar, medidas de performance em geral e testes fisiológicos subjetivos como coordenação olho-mão e memória breve - todos estes apresentando variações circadianas (PAULY, 1983). Ritmos bioquímicos não são tão facilmente mensuráveis como temperatura, por exemplo, contudo, podem ser acompanhados - ao menos em parte - com instrumentos adequados.

2.2 Os ritmos biológicos

Ritmos circadianos têm sido demonstrados (HAUS et al., 1989; PAULY, 1983) nos constituintes do sangue, tais como células brancas, que apresentam um padrão rítmico facilmente identificável e reproduzível (estes ritmos estendem-se, igualmente bem caracterizados, para cada um dos componentes deste grupo, como neutrófilos e eosinófilos). Em plaquetas e monócitos, por grandes variabilidades de amostra, não se conseguiu estabelecer um padrão de variação rítmica. Já em linfócitos, padrões são igualmente nítidos permitindo, inclusive, uma análise em separado de seus subtipos (B e T). Essas variações no número de células circulantes encontradas (HAUS et al., 1989) devem ser largamente atribuídas à modificações circadianas nos processos de proliferação celular, liberação e/ou destruição destas. Também existem padrões rítmicos de aproximadamente 7 dias (ou circaseptanos) e

de aproximadamente 30 dias (acompanhando os ciclos menstruais em mulheres). Hematócrito, linfócitos e leucócitos apresentam ainda ciclos circanuais ou sazonais ainda não unanimemente aceitos pelos pesquisadores (HAUS et al., 1989).

Assim como o sistema hematológico o sistema imunológico também apresenta variações periódicas predizíveis (HAUS et al., 1989). Exemplificando, o tempo de exposição de células imunocompetentes a um antígeno e a resposta de combate do organismo imunizado mostram um caráter periódico. A concentração das imunoglobulinas também apresenta seu próprio ritmo. Em relação aos transplantes, sabe-se que a indução da resposta imune varia em função da hora do transplante, além de sofrer a influência adicional de um ritmo circaseptano (formação de anticorpos, produção de linfócitos, reaparecimento de células imunocompetentes após a administração de imunossuppressores quimioterápicos). A rejeição a implantes parece também obedecer esse tipo de variação periódica. Isso já foi observado em transplantes de rins humanos, onde a rejeição ocorre mais freqüentemente em múltiplos de 7 ou 8 dias, a contar do dia do transplante (sendo importante salientar que o tratamento com corticoesteróide não altera a periodicidade semanal apenas a adiando). Com esses conhecimentos pode-se determinar quando realizar uma intervenção ou um tratamento, selecionando-se a estimulação ou supressão de uma função imune desejada ou não (HAUS et al., 1989).

Na área da nutrição, já em 1918 Forsgen descobriu uma bioperiodicidade na glicogênese no fígado de mamíferos. Em 1931 este achado foi confirmado por mudanças químicas que ocorriam no fígado de ratos em uma escala de 24 horas. Um dos lotes de ratos revelou que as mudanças persistiam mesmo nos animais desprovidos de quaisquer alimentos, permitindo concluir, então que elas não representavam um fenômeno pós-alimentício (HALBERG, 1989). Outro experimento indicou um relacionamento entre a lacuna de tempo entre o despertar e o desjejum e a aquisição de peso corporal. Ainda em ratos, mostrou-se que a energia é utilizada diferentemente ao longo das 24 horas. Assim o horário das refeições - novamente - seria vinculado a ganho ou perda de peso corporal, com possível aplicação em humanos. Do ponto de vista de higiene do trabalhador, a escolha do horário de refeição pode servir como base para a melhora da saúde, segurança e produtividade dos trabalhadores. Do ponto de vista clínico, ritmos na tolerância a drogas tóxicas são influenciadas igualmente pelo horário da refeição. Evidencia-se assim,

novamente, o papel de sincronizador da alimentação de alguns dos ritmos biológicos.

Dados estão disponíveis mostrando a importância do conhecimento da Cronobiologia na etiologia, prevenção e tratamento do câncer. Em animais, a carcinogênese química tem sido provada como dependente do estágio circadiano de aplicação carcinogênica. O rompimento do equilíbrio pineal-hipotálamo-hipófise tem sido provado influente na taxa de desenvolvimento de câncer de mama em ratos. Em seres humanos o grande risco para o desenvolvimento de câncer de mama está relacionado com ritmos circadianos e circanuais de prolactina que diferem daquelas com baixo risco do desenvolvimento desta doença (HRUSHESKY, 1983). Acredita-se ainda que os tumores apresentem seus próprios ritmos de proliferação, independentes dos ritmos do organismo hospedeiro (PAULY, 1983). O conhecimento deste fato proporciona uma nova arma no tratamento anti-câncer. Este conhecimento pode ser obtido por experimentos prévios ou por estudos das funções referidas e pode otimizar o tratamento pois pode-se administrar o medicamento no momento em que as células tumorais estiverem mais sensibilizadas. Por outro lado, conhecendo-se os ritmos circadianos do organismo hospedeiro pode-se organizar o tratamento para minimizar a toxicidade, administrando nos momentos de maior resistência celular (HRUSHESKY, 1983).

Em se tratando de Cronofarmacologia, já em 1950 Carlsson e Serin foram os primeiros a demonstrar que uma dose idêntica de droga pode ter diferenças dramáticas em momentos diversos de um ciclo circadiano (PAULY, 1983). Seguindo esses estudos, muitos outros foram demonstraram mudanças na suscetibilidade e resistência ao longo de horas, para uma grande variedade de agentes, tais como etanol, fenobarbital, estriquinina e nicotina, carcinogênicos, agentes imunizantes, endotoxinas, antígenos, bactérias, raios-X, pesticidas e vários outros. Agora se tem bem estabelecido que a resposta do organismo a várias perturbações é dependente do estágio circadiano em que ela acontece. Assim, Cronofarmacologia e Cronotoxicologia encarregam-se de abranger essa variação de intensidade de metabolismo de inúmeras substâncias no organismo, conjuntamente com a Cronofarmacocinética, principalmente. Ainda tem-se o horizonte de pesquisas quase vazio no tocante ao uso especial de dietas e/ou drogas conhecidas como cronobióticas - que induzem constantes e graduais modificações nos horários rítmicos, como alimentação e sono. Algumas substâncias cronobióticas propostas

são o ACTH, barbitúricos, antidepressivos tricíclicos, lítio, nomifensina, derivados de xantina e levodopa (PAULY, 1983).

2.3 Influências circadianas sobre o desempenho físico

Outro foco de interesse diz respeito ao desempenho físico e sua possível associação com as variações circadianas. O que leva a tal hipótese é o fato do desempenho físico poder estar diretamente relacionado com o aumento da temperatura corporal ao longo do dia. Essa possível associação surgiu em função da constatação de que alguns recordes olímpicos foram alcançados ao final da tarde ou início da noite, período no qual a temperatura corporal apresenta maiores valores, tendo em vista que sua acrofase acontece por volta das 18h (SANTOS et al., 2004). Por outro lado, REILLY et al. (2003) destacam que muitas medidas de desempenho humano também podem ser afetadas por outros fatores que não apenas a temperatura corporal, tais como o ciclo sono-vigília e as condições fisiológicas locais dentro dos tecidos ativos.

Faz-se necessário dissertar sobre os principais ciclos fisiológicos em repouso para posteriormente fazer uma apreciação durante o exercício.

Uma das variáveis de interesse quando faz-se referência ao diagnóstico do desempenho físico é o consumo de oxigênio (VO_2). De acordo com SANTOS et al. (2004) e REILLY et al. (2003) o VO_2 no repouso varia em um ritmo circadiano (24 a 28h), com um mínimo ao redor das 4 horas. Segundo REILLY et al. (2003), 37% da variação observada no VO_2 pode ser explicada pela influência das alterações naturais na temperatura corporal, havendo suposições de que os níveis circulantes de catecolaminas também possam ter influência no ritmo da referida variável.

Falando em variáveis metabólicas, cabe fazer uma referência ao comportamento da glicose sanguínea, haja vista a importância deste metabólito para a adequada manutenção funcional do organismo humano. Assim, sabe-se que os níveis de glicose no sangue permanecem relativamente estáveis durante o período de 24 horas, sendo mais comum de encontrar um ritmo ultradiano (menor que 20 horas) de pequena amplitude. Normalmente os níveis máximos de glicose sanguínea

correspondem às três refeições diárias e ao período correspondente ao final do sono. (REILLY et al., 2003)

Quanto a variáveis cardiovasculares, comuns de serem monitoradas com diferentes propósitos, destaca-se a frequência cardíaca (FC) por tratar-se de uma variável que normalmente está presente em um contexto de avaliação do desempenho físico e ser uma ferramenta útil para a prescrição e acompanhamento do treinamento.

A FC varia com uma amplitude de 5 a 15% da média das 24 horas, estando na dependência da extensão das influências exógenas, sendo que sua acrofase ocorre normalmente ao redor das 15 horas. Uma ritmicidade semelhante é observada em outras variáveis cardiovasculares, tais como, o volume sistólico, o débito cardíaco, o fluxo sanguíneo e a pressão sanguínea (PS). Sabe-se que a FC, assim como a PS, são variáveis que podem sofrer influência de fatores exógenos, entre os quais o sono, a postura, a atividade física e a ingestão de alimentos. (REILLY et al., 2003)

As secreções hormonais também apresentam ritmos relativos às suas liberações, o que levaria a pensar que a explanação sobre determinados hormônios seria relevante em função de suas marcadas relações com o exercício físico, podendo destacar nesse contexto principalmente as catecolaminas. No entanto, de acordo com REILLY et al. (2003, p. 380), “nenhum padrão global dos ritmos ajudaria a explicar as curvas circadianas no desempenho físico [...]”

Martin et al. (2001) ao comparar respostas fisiológicas (temperatura corporal, FC, VE, VO₂, VCO₂, R e lactato sanguíneo) em função de uma corrida em intensidade submáxima (30 min na velocidade do limiar de lactato), realizada pela manhã (07h-09h) e a tarde (18h-21h), encontraram variações persistentes somente na temperatura corporal. Os autores relatam, com base em seus achados, que a despeito da variação na temperatura corporal, as outras respostas fisiológicas a uma corrida no limiar de lactato não são afetadas.

Com o propósito de investigar se as respostas fisiológicas e cinemáticas a um treinamento típico de natação são afetadas pela hora do dia (06h30min-08h e 16h30min-20h), Martin & Thompson (2000) monitoraram a temperatura oral, a FC, a VE, o VO₂, o VCO₂, a R, o lactato sanguíneo e a glicose sanguínea. De acordo com os dados, embora as variações diurnas sejam evidentes em repouso, durante o exercício não foi possível fazer a mesma constatação.

Feneberg et al. (1999) investigaram o sincronismo das flutuações das concentrações sanguíneas de insulina e lactato em humanos e constataram que a oscilação do lactato e da glicose apresentam uma periodicidade correspondente. Os autores relatam que seus resultados sugerem: que a concentração de lactato, um indicador do metabolismo celular, flutua periodicamente em vivo; e que as concentrações de lactato flutuam sincronicamente com os pulso de insulina.

Deschenes e colaboradores, realizaram um estudo em 1998, com o objetivo de evidenciar os efeitos cronobiológicos sobre o desempenho durante o exercício. Os referidos autores sugerem que o desempenho em exercício aeróbio pode não variar durante determinados períodos nos quais o exercício normalmente são conduzidos, apesar de algumas importantes respostas fisiológicas flutuarem em diferentes horas do dia, como concentração sanguínea de lactato em repouso e em resposta ao exercício máximo, noradrenalina durante e após o exercício máximo.

As variáveis fisiológicas usualmente são analisadas em relação a momentos específicos como o limiar ventilatório ou o limiar de lactato. Um estudo retratando essa situação foi realizado por Sekir et al. (2002), buscando investigar se as horas do dia poderiam produzir efeitos sobre a determinação das variáveis considerando esses parâmetros (limiar ventilatório e de lactato). Os resultados mostraram uma correlação moderada a alta ($r=0,56-0,94$) entre a FC, o VO_2 , o $\%VO_{2\text{ máx}}$, o tempo de limiar, a VE e a R, permitindo que os autores concluíssem que os dados obtidos a partir da determinação do limiar ventilatório e do limiar de lactato não são influenciados pela hora de coleta dos dados.

Falando-se de desempenho físico, um fator que merece uma breve explanação é o estado de humor, tendo em vista que este pode exercer influência sobre a motivação para a execução de exercícios de intensidade elevada. Assim, a luz do conhecimento científico atual reportado por Reilly et al. (2003), tem-se que os fatores do humor apresentam uma variação circadiana, sendo que os maiores distúrbios ocorrem pela noite e pela manhã, apresentando a acrofase entre 4 horas e 8 horas. Já o oposto, ou seja, os menores distúrbios podem ser observados entre 14 horas e 20 horas.

De uma forma geral, o que se tem em relação ao desempenho físico, considerando inclusive avaliações laboratoriais em contextos simulados, é que os melhores resultados são obtidos a tarde do que de manhã, possibilitando observar

uma correspondência com a curva circadiana da temperatura corporal (REILLY et al., 2003).

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização do estudo

O presente trabalho caracteriza-se como um estudo descritivo (THOMAS & NELSON, 2002), haja vista que buscou investigar a influência circadiana sobre o comportamento de variáveis fisiológicas e físicas específicas em teste progressivo de esforço máximo, utilizadas para o diagnóstico do desempenho físico em adultos jovens, fisicamente ativos, de ambos os sexos, na faixa etária de 20 a 26 anos.

3.2 Grupo de estudo

Foram investigados 06 indivíduos, destes 03 do sexo feminino e 03 do sexo masculino, os quais, voluntariamente se dispuseram a participar do estudo.

3.3 Materiais e métodos

3.3.1 Esteira Ergométrica

Utilizou-se uma esteira ergométrica da marca IMBRAMED, modelo ATL 10200. O equipamento suporta peso de até 150 Kg e possui velocidade que varia de 0 a 24 Km/h, podendo variar sua elevação de 0 a 26%.

O protocolo utilizado foi o de MADER et al. (1976), o qual consiste de um teste progressivo de esforço máximo, com estágios de cinco minutos de duração e aumentos sucessivos de velocidade de 1,8 km/h (Quadro 1).

ESTÁGIO	TEMPO (min)	VELOCIDADE (km/h)	ELEVAÇÃO (%)
01	05	07,2	01
02	05	09,0	01
03	05	10,8	01
04	05	12,6	01
05	05	14,4	01
06	05	16,2	01
07	05	18,0	01
08	05	19,8	01
09	05	21,6	01
10	05	23,4	01

Quadro 1: Protocolo de Mader

Foram adotados os critérios para interrupção do teste progressivo de esforço máximo sugeridos pelo ACSM (1995), ou seja, a presença de exaustão voluntária ou a constatação de três ou mais dos seguintes itens:

- falta de aumento da FC com novos aumentos na intensidade de trabalho;
- taxa de troca respiratória (R) > 1,15;
- Índice de Percepção de Esforço > 17 (escala de Borg de 6-20);
- platô no VO_2 com novos aumentos da carga de trabalho.

As variáveis de estudo utilizadas foram a velocidade máxima de corrida em km/h e o tempo total do teste de esforço em minutos.

3.3.2 Analisador de gases

Para a obtenção das variáveis ventilatórias foi utilizado o analisador de gases VMAX229[®]. Este aparelho possui sistema de circuito aberto para a determinação do VO_2 .

Entre outros componentes o equipamento possui módulo de análise, módulo pneumático, computador, sensor de fluxo, válvula automática de respiração e cilindros

de calibração com válvulas de gás (cilindro 1 = 16% O₂ e 4% CO₂; cilindro 2 = 26% O₂ e 0% CO₂). O equipamento possibilita a realização de teste cardiopulmonar de esforço analisando a composição dos gases expirados “respiração por respiração” a partir dos seguintes componentes de medida: transdutor de pressão, sensor de entrada de fluxo, analisador de O₂ e analisador de CO₂.

Conforme recomendação do fabricante o analisador de gases foi ligado no mínimo meia hora antes da realização do teste, procedimento necessário para que ocorra a estabilização dos componentes do equipamento. Para cada nova avaliação foram fornecidos os dados do indivíduo que foi testado os quais foram necessários para as posteriores análises dos resultados. Após foi feita a calibração do sensor de fluxo que foi utilizado na avaliação e a calibração dos gases. Tão logo o aparelho estivesse em condições de uso, o indivíduo foi monitorado com uma máscara de silicone acoplada ao sensor de fluxo e respectivos cabos. Os procedimentos aqui descritos foram repetidos a cada novo teste. As variáveis ventilatórias foram obtidas a cada respiração, durante as fases de repouso, esforço e recuperação.

O analisador de gases foi utilizado para determinar os valores submáximos e de pico das variáveis VE, R, VCO₂ e VO₂, por serem variáveis de estudo e por terem sido utilizadas como critérios de interrupção do teste de esforço (R e VO₂), conforme descrito no item 3.3.1.

3.3.3 Analisador de lactato

A mensuração do lactato sangüíneo, foi feita com o uso do lactímetro Biosen 5030[®]. O equipamento utiliza como princípio de medida a amperimetria enzimática, sendo capaz de mensurar, aproximadamente, 80 amostras por hora com concentrações de lactato que variam de 0,5 mM a 40 mM.

Antes de começar as análises o equipamento passou por um período de auto-aquecimento que dura aproximadamente 475 segundos. Após esse período foram colocadas na bandeja de análise do equipamento o recipiente contendo a solução padrão com concentração de 12 mM necessária para sua aferição e os tubos com as amostras de sangue diluídas em substância destinada a este fim. Logo após foi dado o

comando para que as análises das amostras fossem efetuadas, tendo sido possível a análise de 10 amostras por bandeja.

As coletas das amostras sanguíneas foram feitas durante o repouso e o esforço, utilizando-se os seguintes materiais de uso hospitalar: Finalgon[®] (pomada vasodilatadora), algodão, esparadrapo, álcool, microlancetas, capilares específicos para uso no Biosen 5030[®], tubos preenchidos com 1,5 ml de substância para conservação da amostra (composição não informada pelo fabricante) e luvas de procedimentos.

A pomada vasodilatadora foi colocada no lóbulo da orelha do probando aproximadamente vinte minutos antes da realização do teste de esforço.

A coleta de repouso foi realizada após o indivíduo permanecer cinco minutos sentado. Após a retirada da pomada, o lóbulo da orelha foi perfurado com uma microlanceta e a coleta do sangue foi feita com o uso de um capilar de 20 microlitros, descartável, o qual foi completamente preenchido, livre de bolhas de ar e sem gotas de sangue excedentes (procedimento preconizado pelo fabricante). Em seguida o capilar foi colocado dentro do tubo próprio para a análise, o qual permite a preservação da amostra durante 12 horas em temperatura ambiente (aproximadamente 20°C). As coletas subseqüentes foram realizadas seguindo o mesmo procedimento descrito, porém sem a necessidade de usar novamente a pomada vasodilatadora e de perfurar o lóbulo da orelha a cada coleta.

Durante o exercício progressivo, foram retiradas amostras de sangue a cada cinco minutos, conforme os estágios do protocolo adotado. O procedimento de coleta de sangue tinha início tão logo findasse cada estágio. A última coleta em esforço foi realizada imediatamente após a interrupção do teste progressivo.

As amostras de sangue obtidas foram analisadas após cada avaliação.

3.3.4 Sensor de FC

Para o registro da FC utilizou-se um telêmetro da marca POLAR[®], modelo *Accurex Plus*[™]. O equipamento transmite continuamente os dados de FC, obtidos pelos eletrodos localizados na cinta colocada no tórax do indivíduo, que são captados pelo

monitor de pulso, através de um campo eletromagnético, o qual armazena os dados a cada cinco segundos (EDWARDS, 1994).

A medida de repouso foi realizada após o indivíduo permanecer cinco minutos sentado. Já durante o exercício físico e o período de recuperação (3 minutos) os valores de FC foram obtidos a cada minuto. Os resultados relativos ao período de recuperação foram utilizados para se certificar do retorno do estado físico a parâmetros próximos ao de repouso, dando condições para o avaliado retirar-se do laboratório.

Pela necessidade de caracterizar o grupo estudado e fornecer informações obrigatórias para o cadastro do indivíduo no analisador de gases realizou-se algumas medidas antropométricas a saber:

a) Massa corporal

O instrumento utilizado para a determinação da massa corporal foi uma balança digital da marca *Welmy*, com precisão de 100 gramas e capacidade máxima de 200 kg.

A variável foi obtida com o indivíduo vestindo um calção. A mensuração foi feita estando o indivíduo sob o centro da plataforma, ereto, com a cabeça e os olhos voltados para frente, os braços ao longo do corpo, os pés ligeiramente afastados e orientados para frente, procurando ficar imóvel (DE ROSE et al., 1984).

b) Estatura

Foi utilizado um estadiômetro de madeira constituído de uma escala métrica, na qual desliza um cursor que mede a estatura do indivíduo na posição em pé, com precisão de 1 mm.

A estatura foi medida com o indivíduo de costas para o estadiômetro, de forma que os calcânhares, a panturrilha, os glúteos, as escápulas e a parte posterior da cabeça encostem-se ao aparelho. O sujeito foi instruído a tomar uma inspiração forçada e bloqueá-la por algum tempo, enquanto tenta estender seu corpo ao máximo para cima. O cursor foi assentado no ponto mais alto da cabeça (vértex). (PINTO, 1977)

c) Dobras cutâneas, diâmetros ósseos e circunferências

As dobras cutâneas foram mensuradas com um compasso científico, da marca *Cescorf* com precisão de 0,1 mm. Para os diâmetros ósseos utilizou-se um paquímetro com hastes alongadas e as circunferências foram obtidas com o uso de uma fita métrica da marca *Cardiomed*.

As mensurações das dobras cutâneas, dos diâmetros ósseos e das circunferências seguiram os procedimentos de coleta e análise adotados no Laboratório de Fisiologia do Exercício e Performance Humana (LAFEPH). Foram coletados os valores de sete pregas cutâneas (bicipital, tricipital, subscapular, suprailíaca, abdominal, coxa e panturrilha), de dois diâmetros ósseos (rádio-ulnar e femural) e de duas circunferências (antebraço e cintura). A composição corporal dos indivíduos testados foi determinada pela fórmula de Jackson & Pollock, a qual utiliza equação de Siri para determinar o percentual de gordura.

3.4 Procedimentos para coleta de dados

Foram utilizadas as dependências do LAFEPH do Centro de Educação Física e Desportos (CEFD) da Universidade Federal de Santa Maria/RS (UFSM) para a coleta dos dados.

Após contato inicial com os voluntários e o esclarecimento a respeito dos propósitos do estudo, foi marcada a primeira visita ao LAFEPH, com aqueles que concordaram em participar da pesquisa, para a coleta de dados, oportunidade na qual foi assinado o termo de consentimento.

A coleta de dados foi realizada em dois dias distintos, tendo em vista a necessidade de se aplicar os mesmos procedimentos, em condições ambientais semelhantes, com variação apenas do turno do dia.

Não foi permitido aos integrantes do estudo escolher o turno do dia que iriam realizar os testes. Assim que foi identificado o primeiro sujeito a ser avaliado, este sorteou o turno em que iria realizar o primeiro teste, ficando o turno do segundo teste

consequentemente determinado. O turno do primeiro teste dos demais foi determinado a partir do estabelecido pelo sorteio do primeiro avaliado, ou seja, se o turno do primeiro teste do primeiro avaliado foi o da manhã, o turno do primeiro teste do segundo avaliado foi o da tarde, o do terceiro participante o da manhã e assim sucessivamente. O intervalo entre a primeira e a segunda avaliação foi de sete dias.

Ao chegar ao LAFEPH para a primeira avaliação os indivíduos apresentaram atestado médico comprovando estarem aptos para realizarem esforço físico exaustivo e assinaram o Termo de Consentimento (Anexo A). Posteriormente, foram questionados a fim de preencher a ficha de identificação e anamnese (Anexo B) e foram conduzidos para a sala de avaliação antropométrica. Findada esta avaliação os probandos foram conduzidos para a sala de teste ergoespirométrico, onde permaneceram sentados, enquanto recebiam os esclarecimentos a respeito dos procedimentos a serem adotados no teste na esteira ergométrica e eram monitorados a fim de permitir as coletas de sangue, de FC e a análise dos gases expirados.

As variáveis de repouso foram obtidas após o indivíduo ter permanecido cinco minutos sentado.

Em relação ao esforço, a FC foi obtida de minuto em minuto, o lactato sangüíneo a cada cinco minutos, em função da duração dos estágios do protocolo adotado, e as variáveis ventilatórias (VO_2 , R e VE), respiração a respiração. Ao terminar o teste foram anotadas as informações referentes a velocidade máxima atingida e o tempo total de teste.

Findado o teste o indivíduo permaneceu três minutos caminhando a uma velocidade de 5 km/h e após esse período permaneceu sentado durante dois minutos. Durante o período de recuperação a FC continuou sendo monitorada a fim assegurar um retorno a condições condizentes com uma situação pós-exercício.

A variação da temperatura ambiente foi monitorada a fim de evitar uma variação muito grande de um teste para outro, podendo desta forma influenciar nos resultados.

Os dados obtidos foram registrados em fichas individuais (Anexo C), para posterior análise.

3.5 Tratamento estatístico

Foi utilizada a estatística não paramétrica, teste de Wilcoxon. O nível de significância adotado foi de 5%.

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As pessoas que passam por uma avaliação ergoespirométrica objetivando a avaliação de sua capacidade física e prescrição de exercícios físicos são submetidas a uma rotina de avaliação que é muito semelhante entre os laboratórios de Fisiologia do Exercício. A rotina de avaliação utilizada no presente trabalho, retrata essa realidade.

A primeira avaliação a que o grupo foi submetido foi a antropométrica na qual, a partir da mensuração da estatura, da massa corporal, das dobras cutâneas, dos diâmetros ósseos e de circunferências específicas foi possível determinar o percentual de gordura, entre outras variáveis. O percentual de gordura, juntamente com a estatura, a massa corporal e a idade foram utilizados para caracterizar o grupo avaliado, tendo sido encontrados os seguintes valores para essas variáveis, respectivamente, $16,61 \pm 7,70\%$, $169,85 \pm 10,45$ cm, $60,29 \pm 11,30$ kg e $22,50 \pm 2,65$ anos.

Quando se fala em diagnóstico do desempenho físico as avaliações normalmente compreendem o acompanhamento do comportamento de variáveis ergoespirométricas entre as quais se encontram o VO_2 , o VCO_2 , a VE e a R. Assim sendo, tais variáveis foram monitoradas durante os testes realizados pela manhã (às 9h) e a tarde (às 16h). No entanto, os resultados obtidos, não apresentaram diferença estatisticamente significativa nos diferentes períodos do dia (tabelas 1 a 3), no teste de Wilcoxon, considerando como significativo um $p < 0,05$.

De acordo com Santos et al. (2004) e Reilly et al. (2003) o VO_2 de repouso varia em um ritmo circadiano (24h-28h), com um mínimo ao redor das 4h. Os dados aqui apresentados não permitem uma análise mais detalhada em relação a isso, pois se teve como objetivo a observação em dois momentos únicos (9h e 16h), no entanto, ao

analisar os dados apresentados na tabela 1, tanto em repouso, quanto em exercício, não se observa qualquer tendência a um comportamento rítmico. Comportamento semelhante é visto em relação ao VCO_2 (l/min) e a VE (l/min) (tabelas 2 e 3), ou seja, independente do avaliado e do estágio do teste de esforço, não se evidencia um comportamento padronizado para as variáveis.

Tabela 1: Resultados do VO_2 ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) em repouso e durante o teste progressivo de esforço máximo, relativos aos diferentes turnos do dia.

Sujeito	Turno	Variáveis						
		VO_2R	VO_25	$VO_2 7,2$	$VO_2 9,0$	$VO_2 10,8$	$VO_2 12,6$	$VO_2 14,4$
1	M	7,0	19,2	31,9	36,4	42,0	48,1	51,8
	T	6,3	17,9	31,2	35,9	44,6	48,9	54,4
2	M	8,2	15,8	25,5	36,1	39,7	47,1	51,5
	T	6,3	17,0	25,0	34,6	42,1	36,3	-
3	M	2,8	17,8	27,7	34,9	40,8	48,1	53,3
	T	5,5	16,4	29,3	33,0	37,9	42,7	46,3
4	M	5,0	14,8	28,0	35,0	41,2	44,7	-
	T	5,7	14,0	28,4	34,3	40,2	45,1	-
5	M	5,6	16,6	31,3	38,5	40,8	-	-
	T	6,5	16,7	30,6	36,2	40,6	-	-
6	M	6,6	17,5	28,0	32,5	40,0	45,0	50,3
	T	7,7	20,1	31,1	37,1	42,4	48,7	51,4

M=manhã; T=tarde; VO_2R =consumo de oxigênio em repouso; VO_2 5 a 14,4=consumo de oxigênio associado à velocidade do estágio correspondente em km/h

Tabela 2: Resultados do VCO_2 (l/min) em repouso e durante o teste progressivo de esforço máximo, relativos aos diferentes turnos do dia.

Sujeito	Turno	Variáveis						
		VCO_2R	VCO_25	$VCO_2 7,2$	$VCO_2 9,0$	$VCO_2 10,8$	$VCO_2 12,6$	$VCO_2 14,4$
1	M	0,403	0,884	1,617	1,771	2,133	2,539	2,763
	T	0,321	0,860	1,569	1,814	2,284	2,636	3,056
2	M	0,634	1,076	1,902	2,601	2,953	3,604	4,098
	T	0,488	1,308	1,919	2,655	2,788	-	-
3	M	0,199	1,153	1,884	2,368	2,826	3,502	4,137
	T	0,392	1,198	2,175	2,415	3,254	3,649	-
4	M	0,280	0,715	1,470	1,850	2,282	2,603	-
	T	0,315	0,681	1,485	1,818	2,233	2,684	-
5	M	0,191	0,522	1,030	1,429	1,446	-	-
	T	0,258	0,567	1,104	1,354	1,594	-	-
6	M	0,372	0,844	1,352	1,570	1,973	2,246	2,728
	T	0,378	0,928	1,490	1,807	2,029	2,453	2,609

M=manhã; T=tarde; VCO_2R =produção de dióxido de carbono em repouso; VCO_2 5 a 14,4=produção de dióxido de carbono associado à velocidade do estágio correspondente em km/h

Em relação aos resultados de VO_2 ($ml.kg^{-1}.min^{-1}$) e de VE (l/min) os dados apresentados estão de acordo com os de Deschenes e colaboradores (1998b) que, ao investigarem 10 estudantes universitários do sexo masculino em diferentes horas do dia (8h, 12h, 16h e 20h), não observaram diferença significativa entre as variáveis obtidas nos diferentes momentos de análise, tanto em situação de repouso como em de exercício submáximo.

Tabela 3: Resultados do VE (l/min) em repouso e durante o teste progressivo de esforço máximo, relativos aos diferentes turnos do dia.

Sujeito	Turno	Variáveis						
		VER	VE5	VE 7,2	VE 9,0	VE 10,8	VE 12,6	VE 14,4
1	M	13,1	25,6	46,3	50,1	62,1	78,0	88,2
	T	11,5	24,2	44,1	51,7	67,4	81,6	102,0
2	M	12,8	27,9	47,8	67,2	80,9	105,4	130,9
	T	10,7	31,0	51,4	70,2	88,7	75,4	-
3	M	06,0	29,5	48,3	63,3	78,3	106,9	138,2
	T	11,7	29,9	58,4	65,6	80,8	96,0	118,1
4	M	10,2	22,9	44,7	57,7	71,4	84,0	-
	T	10,8	21,9	43,5	53,3	68,4	84,3	-
5	M	07,4	16,8	35,0	48,1	49,1	-	-
	T	09,1	18,5	34,1	43,6	51,1	-	-
6	M	12,6	27,6	44,6	49,5	62,3	69,3	91,7
	T	12,3	27,8	45,2	55,4	64,4	82,6	91,8

M=manhã; T=tarde; VER=ventilação em repouso; VE 5 a 14,4=ventilação associada à velocidade do estágio correspondente em km/h

Outra variável que faz parte do contexto de diagnóstico do desempenho físico é a R, pois se trata de uma variável ventilatória que possibilita analisar o tipo de substrato que está sendo preferencialmente utilizado para fornecer energia, tendo em vista a manutenção do esforço físico imposto. Nesse contexto, sabe-se que é uma variável útil, no entanto, deve-se ressaltar que questões como situações de hiperventilação, início do exercício físico, final do exercício exaustivo, entre outras, devem ser consideradas, pois influenciam o comportamento da mesma, comprometendo o seu uso para a análise do tipo de substrato preferencialmente utilizado, naquele momento.

De acordo com os dados apresentados na tabela 4, não existe diferença estatisticamente significativa na resposta da R, tanto em repouso quanto em esforço progressivo, ao comparar o turno da manhã (9h) com o turno da tarde (16h). Deschenes et al. (1998), também analisaram a referida variável, no entanto, obtiveram como

resposta um valor de repouso significativamente maior (0,81 $p < 0,05$) às 8h em relação aos dados obtidos às 16h (0,70) e 20h (0,72). Já em exercício submáximo, os dados demonstraram que às 8h (0,93) e às 12h (0,93) os sujeitos tiveram uma resposta da variável significativamente maior do que às 16h (0,88). Em exercício máximo, a variável não apresentou diferença estatisticamente significativa entre os diferentes pontos de coleta.

Tabela 4: Resultados de R em repouso e durante o teste progressivo de esforço máximo, relativos aos diferentes turnos do dia.

Sujeito Turno		Variáveis						
		RR	R 5	R 7,2	R 9,0	R 10,8	R 12,6	R 14,4
1	M	1,07	0,87	0,96	0,91	0,95	0,99	1,00
	T	0,94	0,90	0,93	0,93	0,95	1,00	1,04
2	M	1,01	0,89	0,98	0,95	0,97	1,00	1,05
	T	0,99	0,91	1,00	0,95	0,99	1,00	-
3	M	0,97	0,84	0,90	0,89	0,91	0,96	1,02
	T	0,93	0,96	0,97	0,96	0,97	1,00	1,03
4	M	0,83	0,90	0,91	0,95	1,00	-	-
	T	0,94	0,83	0,89	0,90	0,95	1,01	-
5	M	0,85	0,78	0,88	0,92	0,88	-	-
	T	0,97	0,84	0,89	0,92	0,93	-	-
6	M	1,06	0,92	0,92	0,92	0,94	0,95	1,03
	T	0,94	0,88	0,91	0,92	0,91	0,96	0,96

M=manhã; T=tarde; RR=taxa de troca respiratória em repouso; R 5 a 14,4= taxa de troca respiratória associada à velocidade do estágio correspondente em km/h

As respostas da FC e do lactato sangüíneo também se apresentam como uma ferramenta útil e amplamente utilizada no que diz respeito ao diagnóstico do desempenho físico a partir de testes de esforço máximo realizados em laboratórios de ergometria.

Segundo Reilly et al. (2003), a FC varia com uma amplitude de 5 a 15% da média das 24 horas, estando na dependência da extensão das influências exógenas, sendo que sua acrofase (pico) ocorre normalmente ao redor das 15 horas. Uma ritmicidade semelhante é observada em outras variáveis cardiovasculares, tais como, o volume sistólico, o débito cardíaco, o fluxo sangüíneo e a pressão sanguínea. Sabe-se que a FC, assim como a pressão sanguínea, são variáveis que podem sofrer influência de fatores exógenos, entre os quais o sono, a postura, a atividade física e a ingestão de alimentos. Em contra partida, Hill (1998), baseado em seus achados e referindo-se

apenas a FC de repouso, relata que os resultados desta variável não são influenciados pela hora do dia.

Ao analisar os resultados de FC obtidos no presente estudo (tabelas 6), observa-se que na medida em que os estágios avançavam, a diferença entre os turnos tornou-se menor. Tendo em vista que os resultados que normalmente são considerados com o propósito de avaliação de desempenho físico e/ou prescrição de intensidade de treinamento são os valores máximos ou os situados no limiar anaeróbio, os dados obtidos sugerem que o turno do dia não exerce influencia sobre a resposta das variáveis em indivíduos em condições normais de sono, alimentação e sem estresse psicológico, haja vista não ter sido possível estabelecer diferença estatisticamente significativa entre as situações de análise. Portanto, os dados aqui apresentados concordam com os achados de Hill (1998) e ampliam tais constatações tendo em vista os resultados relativos ao exercício físico, tendo como referência os estágios do protocolo de esforço adotado.

Tabela 5: Resultados de FC em repouso e durante o teste progressivo de esforço máximo, relativos aos diferentes turnos do dia.

Sujeito	Turno	Variáveis						
		FCR	FC5	FC 7,2	FC 9,0	FC 10,8	FC 12,6	FC 14,4
1	M	67	113	149	169	184	195	203
	T	58	101	146	164	185	193	200
2	M	76	103	138	164	181	192	204
	T	76	113	143	167	180	193	-
3	M	98	135	161	175	184	194	203
	T	63	135	157	166	178	191	196
4	M	77	112	158	180	188	197	-
	T	65	100	148	168	185	198	-
5	M	88	129	169	183	189	-	-
	T	74	119	162	178	189	-	-
6	M	76	145	168	173	182	193	193
	T	91	135	163	179	186	194	199

M=manhã; T=tarde; FCR=freqüência cardíaca em repouso; FC 5 a 14,4= freqüência cardíaca associada à velocidade do estágio correspondente em km/h

Os achados de Deschenes e colaboradores (1998) também corroboram os encontrados no presente estudo, já que os referidos autores não encontraram diferença estatisticamente significativa entre as respostas da FC de repouso obtidas nos

diferentes horários do dia, tendo acontecido o mesmo com as respostas da FC submáxima, bem como, com a FC máxima.

Em outro estudo, mesmo utilizando outro tipo de exercício em sua investigação (flexão/extensão de membros inferiores em dinamômetro isocinético), Deschenes et al. (2002) também não constataram diferença estatística significativa quando compararam as respostas da variável FC, obtida antes e após o exercício, nos diferentes horários de análise (8h, 12h, 16h e 20h).

Tendo em vista as variáveis hematológicas, Feneberg et al. (1999) investigaram o sincronismo das flutuações das concentrações sanguíneas de insulina e lactato em humanos e constataram que a oscilação do lactato e da glicose apresentam uma periodicidade correspondente. Segundo estes autores, os seus resultados sugerem que a concentração de lactato, um indicador do metabolismo celular, flutua periodicamente *in vivo* e que as concentrações de lactato flutuam sincronicamente com o pulso de insulina. Tomando como base tal relato, o lactato sanguíneo torna-se uma variável interessante de ser analisada nessa situação, tendo em vista que avaliações realizadas pela tarde poderiam diferir daquelas realizadas pela manhã em função da avaliação da manhã, teoricamente, ser precedida por uma alimentação mais leve (café da manhã) do que a da tarde (almoço), portanto suscitando comportamentos distintos da insulina e conseqüentemente do lactato, podendo ser um indicativo de inadequação da realização de testes e re-testes em diferentes turnos do dia. No entanto, com base na análise estatística dos dados apresentados na tabela 6, a resposta da variável não difere em função do turno de realização da avaliação. Tais achados não estão de acordo com os estabelecidos por Deschenes et al. (1998), os quais descrevem diferença estatisticamente significativa entre os valores de repouso plasmático obtidos às 8h (1,1 mM) dos estabelecidos às 16h (0,8 mM) e às 20h (0,9 mM).

Fazendo referência a prescrição de intensidade de treinamento a partir do limiar anaeróbio de 4mmol, caso nenhum evento diferencial e especial de estresse ocorra, tomando como base o turno do dia, não faria diferença prescrever com base em dados obtidos a partir de uma avaliação realizada pela manhã ou por uma realizada a tarde, pois os valores determinados no turno da manhã variaram no grupo de 9,3 km/h à 11,8 km/h e no turno da tarde, de 9,6 km/h à 11,9 km/h, sendo o valor médio e o desvio

padrão, respectivamente, $10,53 \pm 1,02$ km/h e $10,85 \pm 1,17$ km/h, tendo sido estabelecido em um dos casos o mesmo valor de velocidade de corrida no limiar de lactato nos dois turnos analisados.

Tais achados referentes a momentos específicos como o do limiar de lactato concordam com resultados obtidos por Sekir et al. em 2002. Os referidos autores, buscando investigar se a hora do dia poderia produzir efeitos sobre a determinação das variáveis considerando o limiar ventilatório e o de lactato, concluíram que os resultados obtidos a partir da determinação do limiar ventilatório e do limiar de lactato não são influenciados pela hora de coleta dos dados.

Tabela 6: Resultados de lactato sangüíneo (mM) (LAC) em repouso e durante o teste progressivo de esforço máximo, relativos aos diferentes turnos do dia.

Sujeito	Turno	Variáveis						
		LACR	LAC5	LAC 7,2	LAC 9,0	LAC 10,8	LAC 12,6	LAC 14,4
1	M	1,2	1	1,5	1,4	4,5	-	7,2
	T	0,9	-	1,7	1,9	2,8	4,7	-
2	M	1,84	1,22	2,6	2,96	4,19		10,57
	T	1,04	1,16	2,61	3,46	3,46	5,16	7,75
4	M	1,2	0,7	1,2	1,8	2,8	5	
	T	0,6	0,5	0,8	1,2	2,5	5,3	
6	M	2,4	2,42	3,9	3,89	4,51	6,83	12,25
	T	1,28	1,61	2,51	3,2	4,53	6,18	9,22

M=manhã; T=tarde; LACR=lactato sangüíneo em repouso; LAC 5 a 14,4=lactato sangüíneo associado à velocidade do estágio correspondente em km/h

Martin et al. (2001), ao analisarem as respostas fisiológicas (temperatura corporal, FC, VE, VO₂, R e lactato sangüíneo) durante uma corrida constante, de intensidade submaxima (velocidade no limiar de lactato), por um período de 30 minutos, em diferentes momentos do dia (07h-09h-18h-21h) encontraram variações persistentes somente na temperatura corporal. Os autores relatam que, a despeito da variação na temperatura corporal, as outras respostas fisiológicas a uma corrida no limiar de lactato não são afetadas. Achados semelhantes também foram evidenciados quando Martin & Thompson (2000) realizaram um estudo com o propósito de investigar se as respostas fisiológicas e cinemáticas a um treinamento típico de natação são afetadas pela hora do dia (06h30min-08h e 16h30min-20h). Os referidos autores monitoraram a temperatura oral, a FC, a VE, o VO₂, o VCO₂, a R, o lactato sanguíneo e a glicose sanguínea. De

acordo com os dados, embora as variações diurnas sejam evidentes em repouso, durante o exercício não foi possível fazer a mesma constatação.

Apesar do foco de análise ser semelhante, residindo as diferenças nas atividades físicas propostas, o que não parece nesta situação ser relevante, as conclusões de ambos os estudos acima relatados corroboram os achados do presente trabalho em relação a variável lactato sanguíneo.

Considerando a realização de um teste ergoespirométrico progressivo máximo, o desempenho físico pode ser quantificado a partir da obtenção de variáveis físicas como a velocidade máxima de corrida e/ou o tempo total de teste. No presente estudo, ambas variáveis foram alvo de investigação (tabela 8), porém, considerando-se os dois momentos de testagem, às 9h e às 16h, não houve diferença estatisticamente significativa nas respostas dessas variáveis. Os dados referentes ao tempo total de teste estão de acordo com os achados de Deschenes et al. (1998), os quais também não constataram diferença significativa nas respostas da variável considerando os quatro momentos de análise (8h, 12h, 16h e 20h); e com os achados de Reilly & Brooks (1990) que ao investigarem 15 homens em seis dias não observaram um ritmo significante em relação ao tempo de exercício.

As variáveis que mais se destacam e normalmente são referendadas quando se fala em análise da capacidade física do indivíduo são a FC máxima e o VO_2 pico, obtidas a partir de um teste ergoespirométrico. No entanto, assim como se constatou com as variáveis anteriormente descritas, não foi possível estabelecer diferença estatisticamente significativa na resposta das mesmas entre os turnos analisados, sendo que em alguns momentos os resultados são exatamente os mesmos, conforme se visualiza na tabela 7, apresentada abaixo.

Os resultados aqui estabelecidos, relativos à FC máxima e ao VO_2 pico, estão de acordo com os encontrados por Deschenes et al. (1998). No entanto, em relação a variável VO_2 pico, não há concordância com os achados de Hill (1998), o qual obteve um valor maior desta variável (quer registrado em $L \cdot \text{min}^{-1}$ ou em $\text{ml} \cdot \text{Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) no período da tarde do que no período da manhã. Talvez a discordância entre os achados referentes ao VO_2 pico tenham ocorrido em função de, em nosso estudo, ter sido adotado a inversão proporcional dos turnos do dia, não sendo a mesma seqüência de

testes para todos os participantes, ou seja, alguns realizaram o primeiro teste de manhã enquanto outros realizaram o primeiro teste à tarde, o que pode não ter sido a realidade do estudo de Hill. Tal procedimento evita que o fator motivação exerça influência sobre os resultados do estudo, o que poderia ter acontecido em função desse tipo de estudo necessitar que os procedimentos de avaliação sejam repetidos, com alteração apenas no turno do dia.

Tabela 7: Resultados de tempo total do teste progressivo (TempoTotal), VO₂ pico, FC máxima e velocidade máxima (VelMáx) alcançada, relativos aos diferentes turnos do dia.

Sujeito	Turno	Variáveis			
		Tempo Total	VO ₂ pico	FC máxima	VelMáx.
1	M	30	51,8	203	14,4
	T	33	54,4	200	16,2
2	M	30	51,5	204	14,4
	T	25	42,1	193	12,6
3	M	30	53,3	203	14,4
	T	28	46,3	196	14,4
4	M	24	44,7	197	12,6
	T	25	45,1	198	12,6
5	M	18	40,8	189	10,8
	T	19	40,6	189	10,8
6	M	30	50,3	193	14,4
	T	29	51,4	199	14,4

M=manhã; T=tarde; VO₂ pico=pico de consumo de oxigênio; FC máxima=frequência cardíaca máxima.

Youngstedt & O'Connor (1999) fazem referência a possibilidade do fator motivação poder exercer influência sobre os resultados obtidos em laboratório e de tais resultados apresentarem-se, em alguns estudos, controversos em relação a situação real de competição, referindo-se nesta última situação a indivíduos que tem por objetivo o desempenho atlético.

5 CONCLUSÃO

O ponto básico para a realização do presente estudo fundamenta-se no fato de que o conhecimento do comportamento de determinadas variáveis durante os testes realizados pela manhã (às 9h) e à tarde (às 16h), é relevante e apresenta-se como um subsídio de grande aceitação no que se refere à prática de profissionais que têm em sua rotina a realização de avaliação física, haja vista que a constatação de diferenças nos valores obtidos, poderia representar um diagnóstico inadequado quando da comparação de resultados obtidos antes e depois de um período determinado.

Apesar da ritmicidade que o organismo humano apresenta em repouso, sendo possível determinar períodos de maior responsividade de determinadas variáveis, os dados aqui apresentados sugerem que não acontece o mesmo quando esta análise é feita durante a realização de exercício físico progressivo. Assim, considerando o protocolo utilizado e o grupo avaliado conclui-se que o diagnóstico do desempenho físico, tendo como base o comportamento de variáveis fisiológicas e físicas específicas em teste progressivo de esforço máximo, não sofre influência circadiana, sugerindo que não há obrigatoriedade de realização da reavaliação do desempenho físico em laboratório no mesmo turno do dia daquele realizado anteriormente.

BIBLIOGRAFIA

ACM'S Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 5. ed., Philadelphia: Williams & Wilkins, 1995.

DELATTRE, E. Ritmos hormonais do pâncreas endócrino: dos fundamentos cronobiológicos às implicações clínicas. *Medicina – Ribeirão Preto*, v.37, p. 51-64, 2004.

DE ROSE, E. H. et al. **Cineantropometria, Educação Física e Treinamento Desportivo.** Rio de Janeiro: SEED/MEC, 1994.

DESCHENES, M. R. et al. Biorhythmic Influences on Functional Capacity of Human Muscle and Physiological Responses. *Med. Sci. Sports Exerc.* v. 30, n. 9, p. 1399-1407, 1998.

DESCHENES, M. R. et al. Aged men display blunted biorhythmic variation of muscle performance and physiological responses. *J Appl Physiol*, v. 92, p. 2319-2325, 2002.

DESCHENES, M. R. et al. Chronobiological effects on exercise performance and selected physiological responses. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, v. 77, n. 3, p. 249-56, 1998.

EDWARDS, S. **Livro do Monitor de Frequência Cardíaca.** Finlândia: Polar Electro OY, 1994.

FENEBERG, R. et al. Synchronous fluctuations of blood insulin and lactate concentrations in humans. *J Clin Endocrinol Metab*, v. 84, n. 1, p. 220-7, 1999.

GARRETT JR., W. E.; KIRKENDALL, D. T. *A ciência do exercício e dos esportes.* Porto Alegre: Artmed, 2003. p. 378-400.

HALBERG, F. Advances in Chronobiology. *Progress Clin. Biol.* v. 2227A, p. 1-26, 1987.

HALBERG, F. Some Aspects of the Chronobiology of Nutrition: More Work is Needed on "When to Eat". *Journal Nutr.* v. 119, n. 3, p. 333-343, 1989

HAUS, E. et al. L. Chronobiology in Hematology and Immunology. *The American Journal of Anatomy*, v. 168, n. 4, p. 467-517, 1983.

- HILL, D.W. et al. Temporal Specificity in Adaptations to High-intensity Exercise Training. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 1998; 30, nº 3: 450 – 455.
- HRUSHESKY, W. J. M. The Clinical Application of Chronobiology to Oncology. *The American Journal of Anatomy* 168 (4) : 519-542, 1983
- LINDEN, R. Transplante de Relógio Biológico. *Ciência Hoje* 7 (39) : 36-38, 1991
- MADER, A. et al. Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit. **Sportarzt Sportmed**, v.27, p.80-88, 109-112, 1976.
- MANFREDINI, R. et al. Circadian rhythms, athletic performance, and jet lag. *Br J Sports Méd*, v.32, p.101-106, 1998.
- MARQUES, N. A Genética dos Ritmos Biológicos. *Ciência Hoje* 7 (39) : 16-22, 1991
- MARTIN, L. et al. Comparison of physiological responses to morning and evening submaximal running. *J, Sports Sci*, v. 19, n. 12, p. 969-76, 2001.
- MARTIN, L.; THOMPSON, K. Reproducibility of diurnal variation in sub-maximal swimming. *Int. J. Sports Med.*, v. 21, n. 6, p. 387-92, 2000.
- PAULY, J. E. Chronobiology: Anatomy in Time. *The American Journal of Anatomy* 168 (4) : 365-388, 1983
- PINTO, J. R. **Caderno de Biometria**. 3. ed., Rio de Janeiro: LADEBIO, 1977.
- REILLY, T. et al. Cronobiologia e desempenho físico. IN: GARRETT JR., W. E. & KIRKENDALL, D. T. **A ciência do exercício e dos esportes**. Porto Alegre: Artmed, 2003. p. 378-400
- REILLY, T.; BROOKS, G. A. Selective persistence of circadian rhythms in physiological responses to exercise. *Chronobiol Int*, v.7, n. 1, p. 59-67, 1990.
- REINBERG, A. Chronobiologie et Chronopharmacologie - Concepts et Définitions. *Pathologie Biologie* 35 (6): 909-916, 1987
- SANTOS, E. H. R. et al. Ritmos Biológicos e Exercício Físico. IN: MELLO, M. T. de & TUFIK, S. **Atividade física, exercício físico e aspectos psicológicos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 11-18.
- SEKIR, U. et al. Effect of time of day on the relationship between lactate and ventilatory thresholds: a brief report. *Journal of Sports Science and Medicine*, v. 1, p. 136-140, 2002.

SIBÉRIO, J. M. A. Factores psicológicos e cronobiológicos do rendimento desportivo. 2003 Tese de Mestrado. (Portugal)

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 3 ed. Porto Alegre:Artmed, 2002.

YOINGSTEDT, S. D.; O'CONNOR, P. J. The influence of air travel on athletic performance. *Sports Med*, v. 28, n.3, p. 197-207, 1999.

ANEXOS

ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Eu _____, participarei como voluntário (a) do estudo referente a influência circadiana sobre variáveis fisiológicas e físicas específicas observadas durante um teste de esforço máximo na esteira ergométrica, desenvolvido pelo pesquisador Mauri Schwanck e colaboradores sob orientação do Prof. Dr. Luiz Osório Cruz Portela, que será realizada no Laboratório de Fisiologia do Exercício e Performance Humana (LAFEPH), do Centro de Educação Física e Desportos (CEFD/UFSM).

Para participar do estudo estou ciente que terei que:

1. Submeter-me previamente a um exame médico e/ou exames laboratoriais, devendo apresentar o atestado médico para ser anexado a sua pasta de dados.
2. Submeter-me a medidas de peso, estatura, dobras cutâneas, circunferências e perímetros, não sendo nenhuma destas mensurações obtidas por procedimentos invasivos.
3. Comparecer no LAFEPH-CEFD/UFSM, no dia e hora marcados para realizar o primeiro teste na esteira rolante e as medidas das batidas do coração e do ar respirado. Estas medidas não são feitas com procedimentos invasivos. Submeter-me a coleta de amostras (gotas) de sangue, retiradas através de uma picada no lóbulo da orelha, sendo este um procedimento invasivo, porém sem riscos.
4. Comparecer a segunda vez no Laboratório, no dia e hora previamente marcados, para realizar o segundo teste na esteira rolante, submetendo-me a medidas das batidas do coração e a novas coletas de amostras de sangue realizadas da mesma forma que no teste anterior.

Estou ciente que:

- I. Os testes serão realizados por pessoas especializadas.
- II. O material utilizado para coleta será descartável e de uso único, garantindo-me, assim, a inexistência de risco de contaminação.
- III. Não terei nenhum custo aos participantes do estudo.

IV. Terei acesso aos resultados obtidos nos testes realizados por mim e as interpretações dos mesmos, bem como, receberei orientações quanto às atividades físicas que pode realizar, sua intensidade e duração, se assim o desejar.

V. Tenho direito a esclarecimentos sobre outros detalhes da pesquisa, quando julgar necessário, respeitando a disponibilidade do investigador, e de cancelar esta autorização durante a coleta de dados, porém não durante o processo de análise dos resultados, não estando sujeito (a) a prejuízos de qualquer ordem.

VI. Os nomes dos participantes do estudo não serão divulgados, assegurando-me o caráter confidencial das informações obtidas durante essa pesquisa.

Estou ciente e de acordo com as informações acima expostas e aceito participar dessa pesquisa científica, subscrevendo este consentimento.

Santa Maria, de de .

PARTICIPANTE DO ESTUDO

PESQUISADOR RESPONSÁVEL
Prof. Dr. Luiz Osório Cruz Portela
Telefone: 3220-9415

ANEXO B – FICHA DE IDENTIFICAÇÃO E ANAMNESE**DADOS DE IDENTIFICAÇÃO**

Nome: _____ FICHA nº _____
Data: ____/____/____ Data de nasc.: ____/____/____ Sexo: () M () F

ANAMNESE

Faz ou fez uso de vitaminas ou complementos alimentares?

() Não () Sim Quais? (Tempo de uso) _____

Faz uso de medicamentos?

() Não () Sim Qual (is)? _____

Tem algum tipo de alergia?

() Não () Sim Qual? _____

Tem algum tipo de problema ósteo-articular?

() Não () Sim Qual (is)? _____

Doenças importantes já contraídas:

Anotador: _____

Data: ____/____/____

ANEXO C – FICHAS DE COLETA DE DADOS

FICHA DE MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

Nome: _____
 Turno: _____ Data da avaliação: ___/___/___

Massa corporal: _____ kg Estatura: _____ cm

DOBRAS CUTÂNEAS

Dobra	1ª medida	2ª medida	3ª medida	Média
Bicipital				
Tricipital				
Sub-escapular				
Axilar Média				
Peitoral				
Suprailíaca				
Abdominal				
Coxa				
Panturrilha				
Circunferência	Medida (cm)			
Cintura				
Abdômen				
Quadril				
Bíceps Relaxado (Direito/Esquerdo)				
Bíceps Contraído (Direito/Esquerdo)				
Antebraço (Direito/Esquerdo)				
Punho (Direito/Esquerdo)				
Coxa Superior (Direita/Esquerda)				
Panturrilha (Direita/Esquerda)				
Tornozelo				
Diâmetros ósseos				
Rádio-ulnar				
Femural				

Anotador: _____ Data: ___/___/___

FICHA DE AVALIAÇÃO ERGOESPIROMÉTRICA

NOME: _____
 TURNO: _____ DATA DA AVALIAÇÃO: ___/___/___

REPOUSO:

Frequência cardíaca: _____ bpm Pressão arterial: ___/___ Lactato: _____ mM
 Hora início: _____:_____ Temperatura: _____ °C

EXERCÍCIO:

VELOCIDADE (km/h)	VO ₂ (ml/kg/min)	FREQ. CARDÍACA (bpm)	LACTATO (mM)	ÍPE
5,4				
7,2				
9,0				
10,8				
12,6				
14,4				
16,2				
18,0				

RECUPERAÇÃO:

FC	1		2		3		4		5	
----	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--