

Universidade do Vale do Paraíba  
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento

**ANDRÉ PAULO DE OLIVEIRA MAFUZ**

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO  
ATRAVÉS DA ANÁLISE DA VARIABILIDADE CARDÍACA EM PILOTOS DE  
HELICÓPTERO DO GRUPAMENTO DE RADIOPATRULHA AÉREA DE SÃO  
PAULO**

São José dos Campos, SP

2006

**ANDRÉ PAULO DE OLIVEIRA MAFUZ**

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO SISTEMA NERVOSO  
AUTÔNOMO ATRAVÉS DA ANÁLISE DA VARIABILIDADE  
CARDÍACA EM PILOTOS DE HELICÓPTERO DO GRUPAMENTO DE  
RADIOPATROLHA AÉREA DE SÃO PAULO**

Dissertação de mestrado apresentada no Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Luís Vicente F. Oliveira

**São José dos Campos**

**2006**

M162e

Mafuz, André Paulo de Oliveira

Estudo do comportamento do sistema nervoso autônomo através da análise da variabilidade cardíaca em Pilotos de Helicóptero da Polícia Militar do Estado de São Paulo / André Paulo de Oliveira Mafuz. São José dos Campos: UniVap, 2006.

1 Disco laser

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, 2006.

1. Frequência cardíaca 2. Sistema Nervoso Autônomo 3. Estresse I. Oliveira, Luís Vicente Franco de, Orient. II. Título

CDU: 612.171

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, por processos fotocopiadores ou transmissão eletrônica, desde que citada a fonte.

Assinatura do aluno:



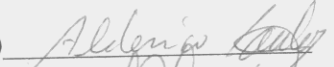
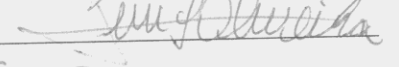

Data

05/10/06

**“ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO ATRAVÉS DA ANÁLISE DA VARIABILIDADE CARDÍACA EM PILOTOS DE HELICÓPTEROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO”**

André Paulo de Oliveira Mafuz

Banca Examinadora:

Prof. Dr. **ALDERICO RODRIGUES DE PAULA JUNIOR** (UNIVAP)   
Prof. Dr. **LUIS VICENTE FRANCO DE OLIVEIRA** (UNIVAP)   
Prof. Dr. **CLAUDEMIR DE CARVALHO** (FAP) 

Prof. Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco  
Diretor do IP&D - UniVap

## **DEDICO**

Ao meu Pai, pelos ensinamentos, pela firmeza de caráter e pela correção de atitudes que sempre demonstrou quando ainda estava entre nós.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus que guiou meu caminho, dando-me sabedoria e motivação.

Ao meu orientador, PROF. DR. LUIZ VICENTE F. DE OLIVEIRA, por ter me guiado durante a construção desta obra científica, pela confiança e pelo incentivo.

Ao PROF DR. ALDERICO RODRIGUES DE PAULA JUNIOR e PROF. DR. CLAUDEMIR DE CARVALHO, pela gentileza de aceitarem participar da banca examinadora desta Dissertação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade do Vale do Paraíba – UniVap, nas presenças de todos os seus professores e funcionários que contribuíram de alguma forma em mais esta etapa de minha vida acadêmica.

Aos Oficiais do Grupamento de Radiopatrulha Aérea “João Negrão”, em especial ao Ten Cel PM LUIZ MASSAO KITA e a todos os pilotos, instrutores e alunos, que participaram direta ou indiretamente desta obra.

Aos meus colegas de mestrado que ingressaram juntos em 2005, pelas constantes trocas de informações e demonstrações de amizade e profissionalismo.

Ao mestre Raul Santo, meu amigo e professor, que me incentivou desde o primeiro momento que soube da minha intenção em iniciar o curso de mestrado.

A minha mãe pelos anos de dedicação e pelo exemplo de força e idoneidade que sempre demonstrou desde os meus mais tenros anos.

Em especial a minha esposa DANIELE, pois não tenho sequer palavras que consigam expressar toda a minha admiração e gratidão pela compreensão em razão das minhas ausências.

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO  
ATRAVÉS DA ANÁLISE DA VARIABILIDADE CARDÍACA EM PILOTOS DE  
HELICÓPTERO DO GRUPAMENTO DE RADIOPATRULHA AÉREA DE SÃO  
PAULO**

**RESUMO**

A análise da variabilidade da frequência cardíaca tem sido empregada como recurso para a mensuração da atividade do sistema nervoso autônomo em diversas situações. Esta análise se baseia na identificação da força das bandas de baixas e altas frequências da função espectral dos intervalos R-R da frequência cardíaca. Estudos revelaram que o tônus parassimpático relacionado à banda de alta frequência controla o estado de repouso, enquanto o exercício é associado a uma ativação simpática, ligada às bandas de baixa frequência. O sistema nervoso autônomo tem um papel importante na mediação das mudanças cardiovasculares provocadas pelo estresse. O estresse faz-se presente em todas as reações do organismo desencadeadas por agressões de ordem física, psíquica ou infecciosa. Situações de tensão provocam o estresse patológico que está relacionado a doenças graves. Durante o exercício de pilotar um helicóptero muitas ações podem causar estresse e se o vôo é realizado em ocorrências policiais, há mais chances ainda do piloto apresentar alterações na atividade do sistema nervoso autônomo. Participaram deste estudo doze indivíduos saudáveis, com idade média de  $35 \pm 2,8$  anos, peso médio de  $78 \pm 9,4$  kg, altura média de  $175 \pm 3,6$  cm e índice de massa corporal médio de  $26 \pm 2,6$  kg/m<sup>2</sup>, pilotos de helicóptero do Grupamento de Radiopatrulha Aérea da Polícia Militar na cidade de São Paulo. Objetivou-se, neste estudo, analisar a atividade do sistema nervoso simpático e parassimpático baseada na análise da variabilidade da frequência cardíaca de sujeitos saudáveis antes, durante e após um vôo de natureza policial através de um sistema digital não-invasivo denominado *BioExpress* (*Heart Rhythm Instruments, Inc., USA*). É possível notar que houve um aumento significativo na frequência cardíaca e na atividade do sistema nervoso simpático durante o vôo de policiamento quando comparada à posição supina. Podemos concluir que pilotar um helicóptero em ocorrências policiais é uma atividade que causa importantes alterações nos níveis de atividade do sistema nervoso simpático e parassimpático e aumento do nível de estresse em indivíduos saudáveis.

Palavras Chaves: Variabilidade Cardíaca, *Nerve-Express*, Pilotos de Helicóptero, Sistema Nervoso Autônomo, Estresse.

**STUDY OF THE AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM BY THE RATE OF HEART  
VARIABILITY IN HELICOPTER PILOTS OF THE MILITARY POLICE FLYING  
GROUP OF SÃO PAULO**

**ABSTRACT**

Heart rate variability has been used as resource the activity of the autonomic nervous system in many situations. This analysis is based on the identification of the low and high bands force frequencies of the spectral function of R-R intervals of the heart rate. Studies had shown that parasympathetic tonus related to the high frequency band controls the state of rest, while the exercise is associated with a sympathetic activation of low frequency bands. The autonomic nervous system has an important function in the mediation of the cardiovascular changes caused by stress. The stress becomes present in all reactions of the organism caused by aggressions of physical, psychic or infectious order. Tension situation causes pathological stress, that is related to serious illnesses. During the exercise of piloting a helicopter many actions can cause stress and if this fly happen in police incident, there are more chances yet of the pilot to show alterations in the activity of the autonomic nervous system.. Twelve healthy individuals had participated of this study, with average of  $35.0 \pm 2.8$  years, average weight of  $78.0 \pm 9.4$  kg, average height of  $175.0 \pm 3.6$  cm and average index of corporal mass of  $26.0 \pm 2.6$  kg/m<sup>2</sup>, helicopters pilots from the Military Police Flying Group in the city of São Paulo. This study aimed to analyze helicopter pilots activity of the sympathetic and parasympathetic nervous system based on the analysis of the heart rate variability of healthy person before, during and after the police fly was carried out by a not-invasive digital system called Bio-Express (Heart Rhythm Instruments, Incorporation, the USA). It is possible to observed that it had an lightly increase in the heart rate and sympathetic nervous system activity during police incident is an activity that causes important alterations in the levels of activity of the sympathetic and parasympathetic nervous system and increases of the level of stress in healthy people.

Key words: Heart Rate Variability, Nerve-Express, Helicopter Pilot, Autonomic Nervous System, Stress.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Quantidade de acidentes/falecidos: frota geral de helicópteros X frota de helicópteros da Segurança Pública .....	19
<b>Figura 2.</b>	Composição do Sistema Nervoso Autônomo .....	22
<b>Figura 3.</b>	Exemplo de sinapse .....	23
<b>Figura 4.</b>	Inervação do coração .....	24
<b>Figura 5.</b>	Categorias de condições do sistema nervoso autônomo .....	32
<b>Figura 6.</b>	Ritmogramas dos níveis de funcionamento dos sistemas fisiológicos e reserva de adaptação do Health-Express, obtido em teste realizado com um dos pilotos .....	36
<b>Figura 7.</b>	Exemplo de resultado do exame realizado com um dos pilotos envolvido neste estudo, mostrando o período transicional, os parâmetros utilizados no cálculo da reação cronotrópica, os parâmetros transicionais, os parâmetros de variabilidade ótima e o índice de discrepância.	37
<b>Figura 8.</b>	Colocação do sensor torácico em um dos pilotos .....	38
<b>Figura 9.</b>	Posição do pesquisador com equipamento no interior do helicóptero .....	39
<b>Figura 10.</b>	Resultados relativos aos níveis de funcionamento dos sistemas fisiológicos e da reserva de adaptação dos pilotos .....	44
<b>Figura 11.</b>	Exemplo de ritmograma gerado no software Nerve-Express de um dos pilotos avaliados no teste .....	45
<b>Figura 12.</b>	Espectros obtidos no teste realizado com um dos pilotos envolvidos neste estudo, na posição supina e ereta .....	46
<b>Figura 13.</b>	Níveis de atividade do SNA obtidos no teste realizado com um dos pilotos .....	47
<b>Figura 14.</b>	Gráfico obtido no teste realizado com um dos pilotos envolvidos neste estudo, registrando as médias de atividade do SNS e SNPS na posição supina e ereta .....	48
<b>Figura 15.</b>	Nível de atividade do SNS e SNPS dos pilotos antes do voo de policiamento .....	49
<b>Figura 16.</b>	Nível de atividade do SNS e SNPS dos pilotos depois do voo de policiamento .....	49

<b>Figura 17.</b> Níveis médios de atividade total do SNS e SNPS dos pilotos antes e depois do vôo de policiamento .....	50
<b>Figura 18.</b> Exemplo de um ritmograma gerado no software Monitor em um dos pilotos avaliados no teste .....	51
<b>Figura 19.</b> Frequência cardíaca na posição supina e durante o vôo de policiamento ..	53
<b>Figura 20.</b> Nível de atividade do SNPS na posição supina e durante o vôo de policiamento .....	53
<b>Figura 21.</b> Nível de atividade do SNS na posição supina e durante o vôo de policiamento .....	53

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Valores antropométricos .....	41
<b>Tabela 2.</b>	Resultados relativos ao índice de reação miocárdia cronotrópica, parâmetros de variabilidade ótima em supino e ereto e índice de discrepância .....	41
<b>Tabela 3.</b>	Índices de reação cronotrópica miocárdica dos pilotos .....	42
<b>Tabela 4.</b>	Valores de parâmetros de variabilidade ótima em supino dos pilotos .	42
<b>Tabela 5.</b>	Valores de parâmetros de variabilidade ótima em ereto dos pilotos ....	43
<b>Tabela 6.</b>	Valores dos Índices de Discrepância .....	43
<b>Tabela 7.</b>	Níveis de funcionamento dos sistemas fisiológicos .....	43
<b>Tabela 8.</b>	Níveis de reserva de adaptação dos pilotos .....	44
<b>Tabela 9.</b>	Valores de frequência cardíaca e das bandas de alta e baixa frequência da variabilidade cardíaca dos pilotos .....	47
<b>Tabela 10.</b>	Nível de atividade total do SNPS e SNS dos pilotos, antes e depois do vôo de policiamento .....	47
<b>Tabela 11.</b>	Categorias de estado do sistema nervoso autônomo .....	48
<b>Tabela 12.</b>	Valores referentes ao software Monitor do grupo de pilotos antes e durante o vôo de policiamento .....	52

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b>	Ocorrências aeronáuticas por tipos de fatores contribuintes .....	18
------------------	---	----

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS**

APMBB: Academia de Polícia Militar do Barro Branco

ANAC: Associação Nacional de Aviação Civil

AVFC: Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca

BPChq: Batalhões de Choque

BPM: Batalhões de Polícia Militar

CSAEP: Centro de Seleção e Alistamento de Pessoal

CV: Conselho de Vão

CFO: Curso de Formação de Oficiais

COE: Comando de Operações Especiais

ChMR: Reação Cronotrópica Miocárdia

EPI: Equipamentos de Proteção Individual

FAB: Força Aérea Brasileira

FC: Frequência Cardíaca

FF: Aptidão Física

FSF: Funcionamento dos Sistemas Fisiológicos

GATE: Grupo de Ações Táticas Especiais

GS: Ground School

GPS: Global Position System

HE: Health-Express

HF: Banda de Alta Frequência

Hz: Hertz

IMC: Índice de Massa Corporal

IOT: Avaliação Integral do Processo Transicional

LF: Banda de Baixa Frequência

NE: Nerve-Express

NYHA: New York Heart Association

PA: Pressão Arterial

PMESP: Polícia Militar do Estado de São Paulo

POV: Parâmetros de Variabilidade Ótima

PPH: Piloto Privado de Helicóptero  
PCH: Piloto Comercial de Helicóptero  
QOPM: Quadro de Oficiais de Polícia Militar  
QOPF: Quadro de Oficiais Femininas de Polícia Militar  
RA: Reserva de Adaptação  
ROTA: Rondas Ostensivas Tobias de Aguiar  
RR: Intervalo da onda RR  
SNA: Sistema Nervoso Autônomo  
SNC: Sistema Nervoso Central  
SNPS: Sistema Nervoso Parassimpático  
SNS: Sistema Nervoso Simpático  
TS: Tensão superficial  
VC: Compensação Vascular  
VFC: Variabilidade da Frequência Cardíaca  
VLF: Banda de Frequência Muito Baixa

## SUMÁRIO

1- Introdução .....	1
2- Objetivos .....	4
2.1- Objetivo Geral .....	5
2.2- Objetivos Específicos .....	5
3- Aviação Policial Militar .....	6
3.1- Formação de Pilotos Policiais .....	8
3.2- Equipamentos .....	8
3.3- Aeronaves .....	9
4- Estresse do piloto policial de helicóptero .....	11
4.1- Escalas de Serviço .....	13
4.2- Situações de Risco .....	14
4.3- Manutenção de Treinamento Físico .....	15
4.4- Acidentes Aeronáuticos .....	16
4.4.1- Definições .....	16
4.4.2- Fatores Contribuintes .....	17
4.4.2.1- Fator Operacional .....	17
4.4.2.2- Fator Material .....	17
4.4.2.3- Fator Humano .....	17
4.5- Estatísticas .....	18
4.5.1- Acidentes Aeronáuticos com Helicópteros da Segurança Pública .....	19
5- O Sistema Nervoso Autônomo .....	20
6- Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca como Forma de Mensuração da Atividade do SNA .....	26
7- Materiais e Métodos .....	29
7.1- Caracterização do estudo .....	30
7.2- Caracterização dos sujeitos .....	30
7.3- Princípios éticos e legais .....	30
7.4- Nerve-Express .....	31

7.5- Health-Express .....	35
7.6- Coleta de Dados .....	37
7.7- Tratamento Estatístico .....	39
8- Resultados .....	40
8.1- Dados Antropométricos .....	41
8.2- Nerve-Express .....	45
8.3- Monitor .....	50
9- Discussão .....	54
10- Conclusões .....	63
11- Referências Bibliográficas .....	65
Anexos .....	71
Anexo A Termo de Consentimento Livre e Esclarecido .....	72
Anexo B Certificado do Comitê de Ética em Pesquisa da UniVap .....	73



## **1. INTRODUÇÃO**

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas têm sido publicados inúmeros estudos e pesquisas que analisam o estresse físico e mental de determinadas profissões, pois muito provavelmente os ambientes de trabalho tenham evoluído de forma a acompanhar as inovações tecnológicas constantes, mas a capacidade adaptativa do trabalhador talvez não tenha avançado com a mesma intensidade.

E, além dos fatores estressores presentes no trabalho decorrentes da elevada competitividade exigida nas empresas, ainda existem inúmeras outras situações da atual vida em sociedade que podem desencadear o estresse, tais como: preocupação com segurança, falta de tempo para convívio familiar, problemas financeiros, congestionamentos, etc.

Determinados profissionais, entretanto, tendem a apresentar maior propensão ao estresse dado ao alto grau de periculosidade e/ou exigência que suas atividades apresentam, propiciando um desgaste emocional intenso que pode prejudicar a realização da própria atividade e, em casos mais extremados, pode evoluir para patologias como a Síndrome do Pânico e os Transtornos Fóbicos, dos quais o mais importante é a Fobia Social.

Estudos desenvolvidos em psicofisiologia constataram uma consistente relação entre níveis de estresse físico e mental com alterações nas respostas fisiológicas, tais como as frequências cardíaca e respiratória, taxas de cortisol, pinefrina, norepinefrina e alterações na concentração do lactato sanguíneo durante as atividades físicas e laborais (AIDLEY, 1998).

Para a atividade aérea, estas respostas psicofisiológicas revestem-se da maior importância, tendo em vista o grande percentual do fator humano observado nas ocorrências aeronáuticas, 90% dos casos verificados no período de 1989 a 1999 (WILSON, 2002).

No caso dos pilotos de helicóptero, diversos fatores podem predispor ao surgimento do estresse tais como: elevada responsabilidade exigida na profissão, horários de serviço variados e descontínuos, dificuldade na manutenção de um programa de treinamento físico e cansaço provocado pelas vibrações e pelo nível de ruído da própria aeronave (MARQUES, 1999).

Especificamente com relação aos pilotos policiais de helicóptero, às decolagens que visam apoiar as guarnições das viaturas em situações de grave perturbação da Ordem Pública onde perseguições a carros roubados e tiroteios são infelizmente constantes, somam-se às preocupações com o voo de forma geral.

Segundo Moreira (1992), nas ocorrências policiais complexas, a ação da equipe que compõe a aeronave pode fazer a diferença entre uma solução a contento ou um desfecho trágico e é exigida dos pilotos policiais a manutenção de uma elevada condição de serenidade e autocontrole.

Desde 1984, a Polícia Militar do Estado de São Paulo (PMESP) tem utilizado o helicóptero nas mais variadas ações, dentre as quais podemos citar o socorro à população do Vale do Ribeira e Ubatuba nas enchentes de 1988 e 1990, respectivamente, e no incêndio da Favela do Heliópolis, no ano de 1996.

Além das missões de Defesa Civil, Patrulhamento Ambiental e Resgate, os helicópteros “Águias”, como são comumente conhecidas as aeronaves, atuam primordialmente em apoio às guarnições de radiopatrulha nas ocorrências policiais de natureza grave preservando vidas e auxiliando direta ou indiretamente na detenção de criminosos na capital de São Paulo, região metropolitana e Grande ABC.

As aeronaves são compostas exclusivamente por Policiais Militares e pilotadas por Oficiais de Polícia Militar que, para serem aprovados, devem se submeter a um rigoroso exame médico especializado, que é feito anualmente no Hospital da Aeronáutica, em São Paulo para revalidação da carteira de piloto.

Esses exames têm por finalidade estabelecer determinados parâmetros relativos à aptidão para o voo, mas não são avaliados indicadores importantes que podem servir de subsídio para a atuação dos médicos e profissionais de educação física que trabalham diretamente com esses pilotos.

A análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) pode ser uma ferramenta bastante útil na mensuração do comportamento do SNA em situações estressantes como um voo de natureza policial, por exemplo. Além disso, é possível conhecer o estado de ação autonômica em que se encontra o coração, estudando a VFC (MENEZES, 2004).

Segundo Ribeiro (1991), a análise da VFC realizada por computador trouxe possibilidades reais de observação e compreensão dos mecanismos extrínsecos do controle do ritmo cardíaco em situações fisiológicas e patológicas, mas ainda é inédita a mensuração da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) em pilotos policiais de helicóptero quando submetidos à tensão de uma ocorrência real.

## **2. OBJETIVOS**

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

- Estudar o comportamento do sistema nervoso autônomo através da análise da variabilidade da frequência cardíaca em pilotos de helicóptero da Polícia Militar do Estado de São Paulo.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Verificar os valores de aptidão física e os níveis de funcionamento dos sistemas fisiológicos através da análise da variabilidade da frequência cardíaca em pilotos de helicóptero da Polícia Militar do Estado de São Paulo;

- Estudar o comportamento do sistema nervoso autônomo simpático e parassimpático através da análise da variabilidade da frequência cardíaca em pilotos de helicóptero da Polícia Militar do Estado de São Paulo antes, durante e após um voo de policiamento;

- Correlacionar os valores obtidos pela análise da variabilidade da frequência cardíaca antes, durante e depois de um voo de policiamento;

- Verificar a possibilidade de utilizar a análise da variabilidade da frequência cardíaca para mensurar níveis de estresse decorrentes da atividade profissional dos sujeitos envolvidos na pesquisa.

### **3. AVIAÇÃO POLICIAL MILITAR**

### **3. AVIAÇÃO POLICIAL MILITAR**

A história da aviação policial em São Paulo é muito antiga. A aviação da Força Pública de São Paulo, hoje Polícia Militar do Estado de São Paulo teve suas origens no começo do século passado com a criação da Escola de Aviação em 17/12/1913 e estava sediada no Campo do Guapira, na zona norte de São Paulo. Sua direção ficou a cargo de Eduardo Pacheco Chaves, o primeiro latino-americano a chegar em 1910 pela Escola de Aviação da França (primeira do gênero) e considerado, na época, o maior aviador das Américas.

Em 1920, a Escola foi transferida para o Campo de Marte, onde permaneceu até 1930 quando foi extinta por ato do Interventor Federal no Estado. A aviação paulista participou de várias ações nos movimentos deflagrados em 1924, 1926 e principalmente na Revolução Constitucionalista de 1932, quando criou vários campos de pouso no interior dos Estados de São Paulo, Mato Grosso e Goiás, o que muito contribuiu para o desenvolvimento dessas regiões.

No ano de 1983, ocorreram várias manifestações públicas de protestos com depredações e saques a estabelecimentos comerciais e houve um aumento considerável dos índices criminais, e a Polícia Militar, com dificuldades para controlar a situação e com poucos meios disponíveis, apelou para o uso de helicópteros a fim de ajudar no restabelecimento da ordem pública e contenção da criminalidade.

Imediatamente, o Governo do Estado reconhecendo a eficiência do uso desse equipamento, resolveu adquirir dois aparelhos, sendo um para a Polícia Militar. Em 15 de agosto de 1984 foi entregue a primeira aeronave: O "Águia 01", ou Águia Uno e assim foi criado o Grupamento de Radiopatrulha Aérea. Em 1995, a Unidade passou a denominar-se Grupamento de Radiopatrulha Aérea João Negrão, em homenagem ao oficial da antiga Força Pública que foi membro da tripulação do Jahú, que realizou heróica travessia do Atlântico em 1927.

#### **3.1 Formação de Pilotos Policiais**

O quadro de pilotos de helicóptero do Grupamento de Radiopatrulha Aérea é composto por Oficiais da Polícia Militar formados pela APMBB (Academia de Polícia Militar do Barro Branco) que freqüentaram o CFO (Curso de Formação de Oficiais) e que se submeteram a um rigoroso processo de seleção, onde são incluídos exames de condicionamento físico, intelectual, psicológico e de saúde.

Reunidos os resultados obtidos nestas fases, o candidato é avaliado também por uma comissão composta por especialistas na atividade policial aérea, onde é verificado o potencial de entrosamento com as atividades da unidade, tanto operacionais quanto administrativas.

Após aprovado, o oficial aluno freqüentará, inicialmente, o Curso de Especialização de Oficiais - Piloto Policial de Helicópteros, onde são ministradas as matérias essenciais que serão colocadas à prova na Banca de Avaliação do DAC, para a obtenção do Comprovante de Conhecimento Teórico de "Piloto Privado de Helicóptero".

Numa segunda fase, o oficial aluno, agora já de posse do Comprovante de Conhecimento Teórico, deverá freqüentar outro curso, o Curso de Especialização de Oficiais - Comandante de Operações para que some ao ensinado, conhecimentos que o capacitem a assumir a função de Comandante de Operações e 2P (segundo piloto), nas diversas missões executadas pelo GRPAe.

Após uma longa fase de adaptação e aperfeiçoamento, o 2P, que já acumulou vasta experiência de vôo, iniciará o próximo passo: o Curso de Especialização de Oficiais - Pilotagem Avançada de Helicópteros Policiais, que unido ao limite de 500 (quinhentas) horas de vôo ou mais, o capacitará a assumir o comando da aeronave, concluindo assim a sua formação. O tempo total estimado para a formação de um comandante de aeronave policial está entre três e quatro anos (COSTA, 2003).

### **3.2 Equipamentos**

Os Equipamentos de Proteção Individual (EPI) utilizados pelos pilotos policiais de helicóptero são: o macacão e as luvas de vôo, confeccionados em tecido resistente ao fogo; o capacete de vôo, que possui viseiras para vôos diurnos e noturnos; o colete de proteção balística, com capacidade de suportar disparos de armamentos com calibre 38, .40, 357 "Magnum" e 9mm; as botas de cano alto e os protetores auriculares, em razão do alto nível de ruído produzido pela aeronave.



### 3.3 Aeronaves

O Grupamento de Radiopatrulha Aérea “João Negrão” (GRPAe) possui treze helicópteros modelo Esquilo AS50, nas versões B, BA e B2 todos eles identificados com pintura semelhante às viaturas policiais. Estas aeronaves podem receber diversas configurações dependendo do tipo da missão (policial, resgate, defesa civil, patrulhamento ambiental, transporte de órgãos e de enfermos, transporte de tropa especializada, transporte de autoridades) e também do período do dia em que serão empregadas (diurno ou noturno).

Esses modelos de helicópteros têm autonomia para até três horas e trinta minutos de voo ininterruptos e, apesar do tráfego de helicópteros na cidade de São Paulo ser bastante intenso em determinados horários e da necessidade de respeitar determinadas regras de voo, a velocidade média de aproximadamente 200 km/h permite que o apoio mesmo em determinadas ocorrências distantes seja feito de forma rápida e segura.

As aeronaves são dotadas de um eficiente sistema de navegação por coordenadas cartesianas, semelhante ao conhecido “Global Position System” (GPS), no qual toda a cidade de São Paulo, região metropolitana e grande ABC foram mapeados e se encontram à disposição em uma tela instalada na própria aeronave para consulta das tripulações visando estabelecer a melhor rota para se chegar com a máxima rapidez aos locais de ocorrência.

A capacidade máxima de transporte é de seis pessoas, incluindo-se os dois pilotos policiais, desde que sejam respeitados limites referentes ao peso máximo de decolagem e a autonomia de voo. Seguindo padrões institucionalmente definidos, normalmente as aeronaves policiais que realizam vôos durante o dia decolam com dois pilotos, dois tripulantes operacionais e 70% da capacidade máxima de abastecimento (380 a 400 litros, aproximadamente).

Nas missões noturnas, os helicópteros são equipados com faróis de busca que têm mobilidade de 180° e potência de 450W, o que lhe dá a capacidade de iluminar uma área do tamanho de um campo de futebol. Em contrapartida, a utilização do farol de busca no período noturno faz com que a visualização da aeronave Águia seja potencializada, o que não é tão interessante quando do sobrevôo de favelas e locais onde se saiba que os criminosos possuem armamento antiaéreo, pois aumentam as chances de um acidente em razão de disparos que possam vir a acertar o helicóptero ou seus tripulantes.

Possui ainda o FLIR (“Forward Looking Infra Red” ou Sistema de Visão Infravermelha à Frente) que, apesar do nome, é um equipamento acoplado ao dorso da aeronave e que tem campo de visão de 360°. As imagens são mostradas numa tela de TV na cabine, sendo geradas pelo calor dos objetos e corpos. O FLIR permite, por exemplo, localizar um criminoso escondido no mato, na noite mais escura, ou até saber se um carro já estava estacionado ou acabou de chegar, através do calor emitido pelo motor.

Em relação aos sistemas de comunicação, os helicópteros possuem dois rádios aeronáuticos, com os quais são realizados contatos com os órgãos de controle de vôo e com as aeronaves da região que está sobrevoando, um rádio com a frequência operacional do GRPAe e um rádio que possui todas as frequências de rádio dos Batalhões de Polícia Militar (BPM) da capital, região metropolitana e grande ABC e também dos Batalhões de Choque (BPChq) como Rondas Ostensivas Tobias de Aguiar (ROTA), Canil, Grupo de Ações Táticas Especiais (GATE) e Comando de Operações Especiais (COE).

**.....4. ESTRESSE DO PILOTO POLICIAL DE HELICÓPTERO**

## 4. ESTRESSE DO PILOTO POLICIAL DE HELICÓPTERO

Estresse é o conjunto de reações orgânicas e psíquicas de adaptação que o organismo emite quando é exposto a qualquer estímulo que o excite, irrite, amedronte ou o faça muito feliz (BALLONE, 2002). Dessa maneira, um elevado estado de ansiedade, que é caracterizado como um sintoma de estresse pode influir na habilidade cognitiva devido à redução do nível de concentração na execução das tarefas (ROSA, 2004, citada por DINIZ *et al.*, 2006).

Segundo Selye citado por Guimarães Junior (2004), a sobrecarga de agentes estressores pode ser considerada um fator importante para eclosão do estresse patológico no trabalho. O estresse é um mal de proporções globalizadas e que, particularmente, pode influenciar de forma relevante o desempenho do piloto de helicóptero.

A pilotagem de helicópteros aparentemente não se caracteriza por intenso esforço físico. Ao contrário, o piloto tende a se tornar cada vez mais sedentário, em razão de permanecer por longos períodos de tempo sentado e com restrita movimentação dos principais segmentos corporais. Por outro lado, a responsabilidade da função demanda um grande componente de estresse mental, aliado à necessidade de permanentemente estar o piloto vigilante, atento, e preciso em seus movimentos de comando da aeronave (RIBAS, 2003).

Segundo Diniz (2006), padrão postural sedentário ou trabalho sentado na maior parte do tempo, estado de alerta constante em atividades de risco e contatos com situações de tragédia são comuns no meio de trabalho da PM. Tais fatores, somados à atividade de pilotagem, à complexidade de tarefas num ambiente de velocidade e temporalidade acentuam as pressões diárias de serviço.

Como os agentes estressores, físicos e mentais, se constituem causa e consequência um do outro, devido à natureza das atividades de vôo, não é possível estudá-los de forma estanque. A lombalgia, as dores no pescoço e ombros, os efeitos do ruído excessivo e as reduções da visão periférica e da atenção, podem ser citados como os agentes estressores e, ao mesmo tempo, efeitos do estresse mais comuns (GUIMARÃES JR, 2004).

As dores nas costas têm sido relatadas com frequência em pesquisas realizadas com pilotos de helicóptero que assumem uma postura assimétrica curvada para a esquerda durante o vôo e nesta posição as próprias vibrações produzidas pela aeronave aumentam o risco de problemas na região lombar (OLIVEIRA, 2005).

A vibração é um agente estressor que expõe uma significativa quantidade de trabalhadores e, no caso dos pilotos de helicóptero, se encontra associada ao ruído elevado que é produzido pela aeronave durante todo o tempo em que se encontra acionada.

Segundo Dupuis citado por Oliveira (2001), estudos epidemiológicos têm revelado uma incidência maior de desordens relacionadas aos discos intervertebrais em profissionais submetidos a muitos anos de vibração. Trabalhadores expostos continuamente a vibrações no corpo e ruídos têm desenvolvido distúrbios fisiológicos e psicológicos (SILVA, 1995).

A região da coluna cervical também é submetida a constantes pressões, decorrentes das desacelerações durante o voo e dos esforços exigidos da musculatura visando compensar as forças que incidem sobre o organismo na realização de curvas com a aeronave. Tais comportamentos, potencializados pelo uso constante do capacete de voo, propiciam o desenvolvimento precoce de osteoartrites cervicais, comuns em pilotos de helicóptero (AYDOG *et al.*, 2004).

A musculatura da região do pescoço é essencial para suportar e controlar o complexo da coluna cervical. Ela envolve mais de vinte pares de músculos, mais de trinta articulações isoladas e numerosos órgãos proprioceptivos. A fadiga muscular dessa região pode implicar um risco sério, pois pode interferir na coordenação muscular como um todo (ÄNG, 2005).

#### **4.1 Escalas de Serviço**

Os pilotos de helicóptero da PMESP trabalham em turnos de serviço de 12 horas com 36 horas de descanso, podendo ser alterados tais períodos de acordo com a necessidade operacional. Os turnos se iniciam às 06h 30min e terminam às 18h 30min e, em um dia de serviço normal, os pilotos chegam ao local onde estão posicionadas as aeronaves para a realização do pré-voo dos helicópteros e verificam as alterações atinentes aos policiais escalados para aquele dia e as missões programadas.

Na PMESP, os pilotos policiais acumulam funções administrativas nas diversas seções do GRPAe “João Negrão”, as quais são interrompidas quando da decolagem para apoio nas ocorrências policiais.

Os pilotos escalados para o período noturno se apresentam para o início das atividades às 17h30min e o final deste turno ocorre à 01h00 do dia seguinte, em razão da menor quantidade de ocorrências policiais nesse horário. Entretanto, se houver a necessidade de apoio em ocorrências graves após esse horário, os pilotos são contatados via telefone celular para que retornem à unidade visando prestar o apoio solicitado.

## **4.2 Situações de Risco**

As aeronaves “Águia” apresentam os mesmos padrões de grafismo que as viaturas e por este motivo também são facilmente visualizadas pelos marginais que, em situações limites, podem efetuar disparos em direção à tripulação, como já ocorreu em datas anteriores. Importantes ferramentas na manutenção e preservação da Ordem Pública proporcionando que o apoio aos policiais militares envolvidos em ocorrências graves chegue voando, literalmente.

Os helicópteros estão inseridos no contexto de Segurança Pública e são empregados em atividades policiais e de emergência, gozando de prioridade em relação às outras aeronaves, o que não as exime de respeitar as regras gerais de tráfego aéreo nos locais que serão sobrevoados, independentemente da gravidade da ocorrência que estão apoiando.

Em alguns locais onde o helicóptero policial presta o apoio há um elevado fluxo de aeronaves, obrigando os pilotos a manter a atenção redobrada. Além disso, no apoio em determinadas ações, a atuação da equipe da aeronave policial é direta, obrigando os pilotos a realizarem o voo em condições meteorológicas adversas e em baixas altitudes, fatores que diminuem sensivelmente a probabilidade de sucesso em eventuais manobras evasivas decorrentes de pane do helicóptero.

A responsabilidade por realizar o voo nestas condições é exclusiva do piloto em comando, em que pese o diálogo realizado no interior da cabine com os outros tripulantes para avaliação dos riscos da operação, mas em certas ocorrências o voo de policiamento é realizado no interior da “Curva do Homem Morto”. Isto significa dizer que, em caso de uma pane, será muito difícil executar com proficiência um pouso seguro em auto-rotação porque quanto maior a velocidade e menor a altura, também menores são as chances de sucesso de um pouso de emergência nestes moldes.

Segundo Manwaring (1998), a chance de um sucesso na execução desta manobra depende de vários fatores como tempo de reação do piloto, altitude, velocidade e peso da aeronave. Durante o vôo, o helicóptero tem uma distância limitada de sobrevôo quando está em baixa velocidade e o lapso temporal antes de executar o procedimento de auto-rotação, deve ser utilizado para selecionar um local seguro para o pouso e se preparar para executá-lo.

O vôo realizado à baixa altura em condições climáticas desfavoráveis é um importante fator contribuinte para acidentes. A mortalidade decorrente desse tipo de acidente é alta porque normalmente eles ocorrem juntamente com altos impactos e poderiam ser evitados se fosse realizado um plano de vôo apropriado. Voar em condições de mau tempo foi a maior causa de acidentes com helicópteros que realizam serviços médicos nos Estados Unidos em 1989 (THIES, 2005).

### **4.3 Manutenção de Treinamento Físico**

Segundo Moreira (1992), a habilidade para a pilotagem varia de uma pessoa para outra e depende de qualidades físicas, como coordenação ou velocidade de reação, cujos níveis de desenvolvimento podem ser aprimorados por meio do treinamento, mas que possuem também um considerável componente genético, o que explica as diferenças na qualidade do desempenho de dois indivíduos como o mesmo padrão de treinamento.

Entretanto, o limite genético vai decrescendo significativamente a partir de certa idade. Esse fato deve-se a deterioração da atividade física, provocada pelo envelhecimento que, por sua vez, é acelerado pelos hábitos sedentários.

O piloto policial militar, por sua vez, apresenta grande dificuldade na manutenção de uma prática regular de exercícios físicos, pois cumpre horários alternados visando à melhor adequação da quantidade de pilotos às missões pré-determinadas, comportamento que dificulta a realização de exercícios físicos em academias ou clubes.

Da mesma forma, durante seu turno de serviço, se o piloto que se encontra escalado na aeronave policial tiver a intenção de realizar exercícios físicos aeróbios deverá providenciar a retirada dos EPI relativos ao vôo (macacão, botas, colete de proteção balística), comportamento que pode prejudicar a operacionalidade do apoio caso este seja necessário.

Além disso, a inexistência de um local com ambiente agradável e ventilado para a realização de exercícios de musculação e o elevado nível de ruídos e poluição nos locais mais indicados para a prática do “cooper” são fatores que desestimulam a prática de um programa regular de exercícios físicos.

Weinberg *et al.* (1995), citado por Ribas (2003), relacionaram o nível de condicionamento físico como fator crítico para determinar se o desgaste físico de uma atividade produz resultados positivos ou negativos nas performances mentais, sugerindo que o exercício pode facilitar os processos cognitivos, afetando diretamente o sistema nervoso central e a duração da atividade pode reduzir esses efeitos facilitatórios, que são abafados pela fadiga muscular.

Particularmente, a condição aeróbia individual pode ser decisiva na eficácia da recuperação orgânica, uma vez que todo o processo de restauração metabólica é de natureza aeróbia. É sensato supor que essa variável física (a condição aeróbia individual) tenha forte relação com a capacidade de recuperação da fadiga provocada pelo estresse, seja ele de que natureza for (MOREIRA, 1992).

## **4.4 ACIDENTES AERONÁUTICOS**

### **4.4.1 Definições**

O Comando da Aeronáutica, através do Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), desenvolve a Política e Filosofia de Segurança de Vôo para todos os segmentos da comunidade aeronáutica brasileira.

Com a publicação do Decreto nº 70.050, de 25 de janeiro de 1972, foi aprovado o regulamento para o Serviço de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (SIPAER), do qual o CENIPA é órgão central do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos – SIPAER, tendo como atribuições a supervisão, o planejamento, o controle e a coordenação de atividades afins.



Igualmente, o CENIPA estabelece determinadas terminologias relativas ao voo, considerando como acidente aeronáutico toda ocorrência relacionada com a operação de uma aeronave, havida no período em que uma pessoa nela embarca com a intenção de realizar um voo, até o momento em que todas as pessoas tenham dela desembarcado.

#### **4.4.2 Fatores Contribuintes**

Os acidentes aeronáuticos podem ocorrer em razão da combinação dos fatores operacional, material e humano, pois segundo a moderna compreensão de investigação e prevenção de acidente aeronáutico, estabelecida pelo Ministério da Aeronáutica, não é correto hierarquizar estes fatores, mas estabelecer uma relação entre eles, dada sua importância individual. Doutrinariamente, é a condição (ato, omissão ou combinação deles) que, aliada a outras, em seqüência ou como conseqüência, conduz à ocorrência de um acidente ou incidente.

##### **4.4.2.1 Fator Operacional**

É a área de abordagem da Segurança de Voo que se refere ao desempenho do ser humano nas atividades relacionadas com o voo (CENIPA, 2006). Se o acidente aeronáutico teve como razão principal o manejo incorreto da aeronave ou vistoria inadequada realizada antes da decolagem por parte do piloto comandante da aeronave é considerado decorrente do fator operacional.

##### **4.4.2.2 Fator Material**

É a área de abordagem da Segurança de Voo que se refere à aeronave nos aspectos do projeto, fabricação e de manuseio do material (CENIPA, 2006). Se após as investigações, for determinado que a razão principal do acidente aeronáutico decorreu de falha do material, seja do grupo moto-propulsor, seja da estrutura, seja do trem de aterragem ou do equipamento e acessórios da aeronave, ele é considerado acidente aeronáutico decorrente de fator material.

### 4.4.2.3 Fator Humano

O acidente aeronáutico é considerado decorrente do fator humano se teve como razão principal a condição biológica ou psíquica do piloto que estava no comando da aeronave no momento do acidente. Segundo Baker *et al.* citado por Thomson (2004), nos primeiros anos da aviação de helicópteros, as falhas mecânicas das aeronaves causavam a maioria dos acidentes. Atualmente, entretanto, houve uma reversão dessa situação, com tecnologias avançadas que criaram máquinas extremamente eficientes, mas que estão mais mortais do que anteriormente.

Verifica-se um elevado índice de contribuição do Fator Humano na ocorrência de acidentes aeronáuticos, o que nos leva à reflexão de que o homem ocupa lugar de destaque, não apenas na elaboração de aeronaves, mas também na elaboração de projetos, fabricação, manutenção, gerenciamento e treinamento (COELHO, 2001).

Segundo Thies (2006), deve ser criado um programa de treinamento dos pilotos que enfoque os mais importantes assuntos relativos à operação e segurança de vôo como voar a baixa altura e sob más condições meteorológicas, comunicação no interior da cabine e problemas psicológicos associados com a operação de helicópteros em emergências.

Anualmente, os pilotos de helicóptero são submetidos a exames clínicos especializados no HASP, onde é avaliada a saúde física de forma geral. No entanto, o mesmo não acontece com a saúde psicológica, e esse aspecto do indivíduo somente será percebido quando ele apresentar dificuldades mais acentuadas.

Fica evidente no quadro 1, uma tendência geral que coloca o indivíduo como principal contribuinte dentre os fatores contribuintes, com aproximadamente 90% dos casos de ocorrências, no período compreendido entre os anos de 1990 e 1999, se for considerado a sua participação no fator humano e operacional.

**Quadro 1** – Ocorrências aeronáuticas por tipos de fatores contribuintes

<b>Fator/anos</b>	<b>90</b>	<b>91</b>	<b>92</b>	<b>93</b>	<b>94</b>	<b>95</b>	<b>96</b>	<b>97</b>	<b>98</b>	<b>99</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
<b>Humano</b>	02	03	08	09	02	08	10	04	09	02	57	14,25
<b>Material</b>	04	05	02	03	04	04	00	05	01	04	32	8
<b>Operacional</b>	09	23	28	52	44	31	31	30	40	15	303	75,25

Fonte – CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos)

## **4.5 Estatísticas**

Segundo estatísticas disponibilizadas pelo CENIPA, atualmente a frota de helicópteros civis é de 989 (novecentas e oitenta e nove) aeronaves e neste contexto estão inseridas as aeronaves de Segurança Pública, que perfazem um total de 81 (oitenta e um) helicópteros, o que corresponde a 8% das aeronaves.

A disposição destes helicópteros nas Unidades Federativas obedece à seguinte distribuição: Pará, Maranhão, Piauí, Pernambuco, Alagoas, Goiás, Mato Grosso do Sul e Bahia com uma aeronave cada, Espírito Santo e Mato Grosso com duas aeronaves cada, Ceará com três aeronaves, Minas Gerais e Rio de Janeiro com nove aeronaves cada, São Paulo com dezesseis aeronaves e Distrito Federal com vinte e cinco aeronaves.

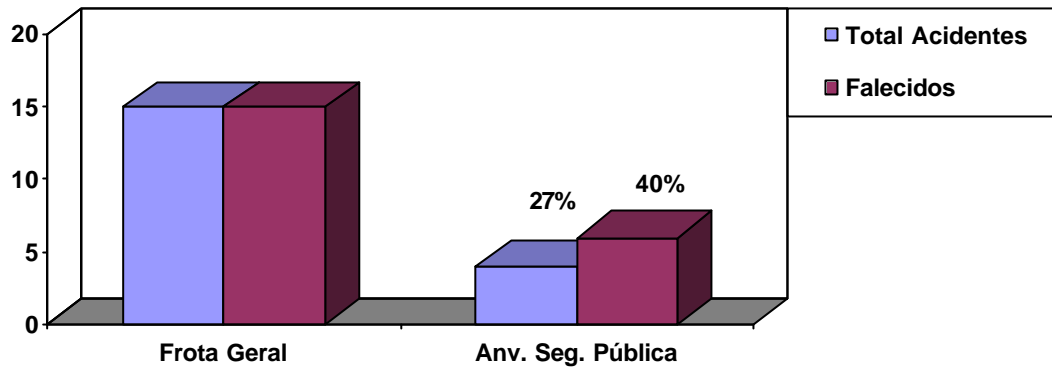
### **4.5.1 Acidentes aeronáuticos com helicópteros de Segurança Pública**

A frota de helicópteros inserida no âmbito da Segurança Pública tem apresentado um histórico de acidentes cujas investigações científicas buscam determinar suas possíveis causas em face da quantidade de fatalidades nestes acidentes e dos altos custos destes acidentes.

Sabemos que a atividade de um piloto policial de helicóptero em muito diverge da rotina de um piloto civil, pois as ações de Segurança Pública por vezes exigem condutas que, mesmo escoradas em regras e regulamentos aeronáuticos, aumentam consideravelmente as chances de acidentes graves.

A análise da figura 5 nos leva a refletir sobre a participação das aeronaves de Segurança Pública no contexto dos acidentes aeronáuticos, pois estas representam aproximadamente 8% da frota total de helicópteros da Nação, mas contribuíram em 27% da totalidade dos acidentes e 40% das fatalidades no ano de 2005.

**Figura 1** – Quantidade de Acidentes/Falecidos: Frota Geral de Helicópteros X Frota de Helicópteros da Segurança Pública (2005)



Fonte – CENIPA (Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos)

## **5. O SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO**

## 5. O SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO

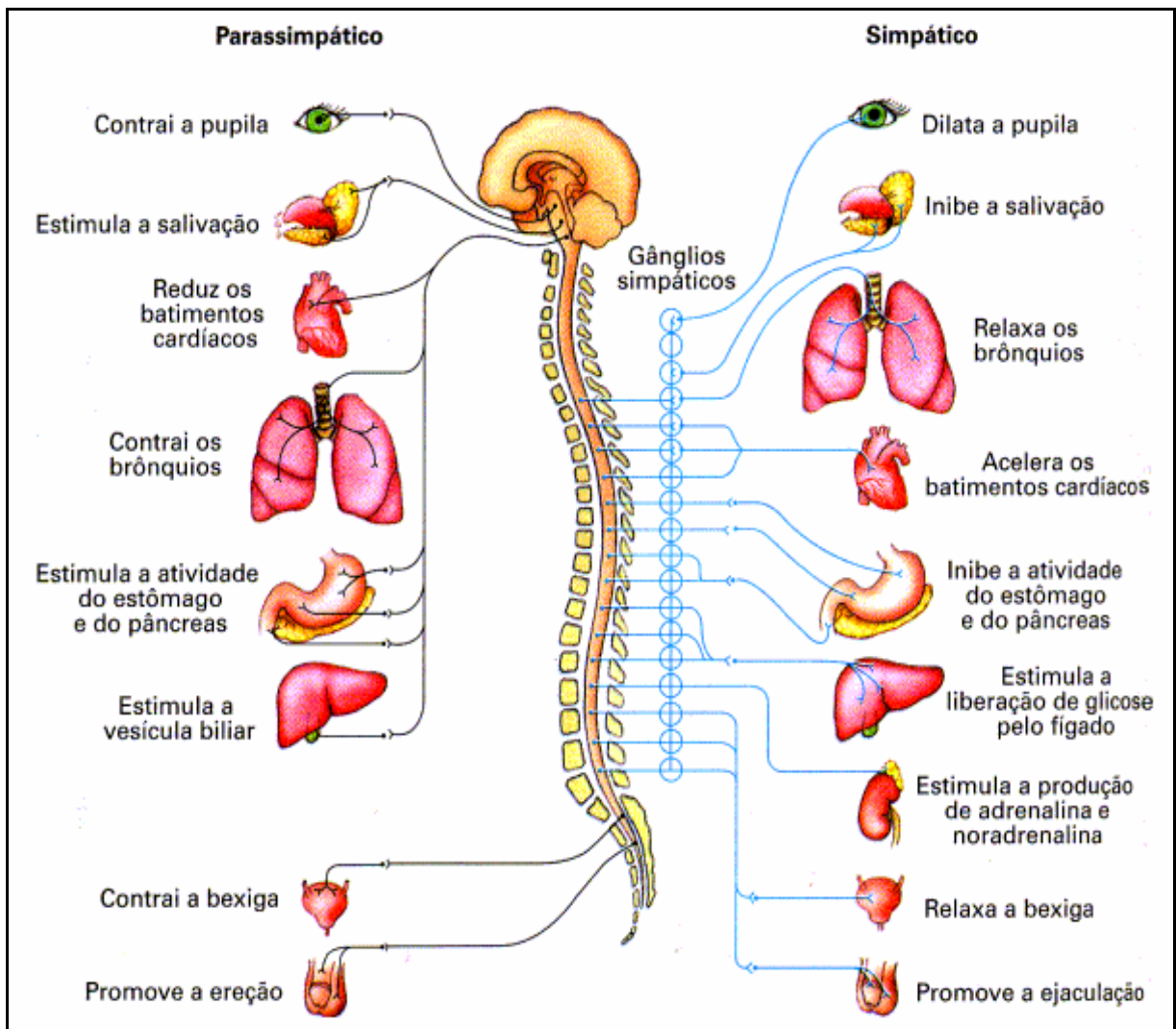
O Sistema Nervoso Autônomo (SNA) é a porção do Sistema Nervoso Periférico (SNP) que funciona independentemente, sem esforço consciente. Este sistema controla as atividades viscerais pela regulação dos músculos lisos, músculos cardíacos e várias glândulas e está relacionado com a regulação da frequência cardíaca, pressão sanguínea, frequência respiratória e temperatura corporal (RIFTINE, 2002).

O SNA é controlado por centros no sistema nervoso central, particularmente no hipotálamo, agindo essencialmente como um sistema motor que desempenha uma série de funções especializadas, tanto de estimulação quanto inibitórias, em vários órgãos, tecidos, vasos sanguíneos, glândulas e mesmo a nível celular. Intimamente associada aos nervos eferentes há uma complexa rede de fibras aferentes que conduzem sinais sensoriais de quimioceptores, mecanorreceptores, termorreceptores, barorreceptores e osmorreceptores de volta aos centros do SNC onde são regulados os reflexos do complexo homeostático (SMITH *et al.*, 1998).

Para Lima (2006), os axônios pré-ganglionares parassimpáticos tendem a realizar sinapses com seus correspondentes pós-ganglionares em seus tecidos alvos ou próximo deles, ou no caso de fibras pélvicas, no plexo pélvico. Eles também possuem um grande número de fibras parassimpáticas aferentes conectadas a fibras motoras que realizam o “feedback” de um grande número de sinais sensoriais necessários a homeostase.

A divisão entérica é composta de nervos e plexos ganglionares que são encontrados na parede do trato gastrointestinal e do pâncreas, formando uma complexa rede de componentes sensoriais, motores e interneuronais que utilizam uma gama diversa de neurotransmissores. Esta divisão é previamente programada para realizar os movimentos peristálticos clássicos associados a cada sessão do trato gastrointestinal; entretanto, seus efeitos são modificados por reflexos locais, pela demanda autonômica extrínseca, por hormônios e mediadores imunes (GUZZETTI *et al.*, 2005).

Segundo Smith *et al.* (1998), o SNA pode ser dividido em três partes baseado em considerações anatômicas e fisiológicas. A divisão simpática compõe a sua maior parte, innervando mais estruturas do que o sistema parassimpático. Os corpos celulares pré-ganglionares com origem nas regiões torácica e lombar da espinha dorsal e sinapses com fibras pós-ganglionares são ligadas por nervos periféricos aos seus órgãos alvo. A divisão parassimpática parte do tronco cerebral e supre o sétimo, nono e décimo nervo craniano. O coração, pulmões e vísceras abdominais são servidos por fibras pré-ganglionares distribuídas pelo nervo vago. É o que podemos observar na figura 2.



**Figura 2:** Composição do Sistema Nervoso Autônomo.

**Fonte:** Lopes (2002)

Segundo Vilela (2006), os principais neurotransmissores utilizados em cada sistema são diferentes. Tanto as fibras pré-ganglionares simpáticas quanto às parassimpáticas utilizam a acetilcolina. Apesar dos neurônios pós-ganglionares parassimpáticos também utilizarem a acetilcolina, os neurônios pós-ganglionares simpáticos têm como principal neurotransmissor a noradrenalina, que deve atuar em receptores alfa ou beta. As exceções são os nervos simpáticos que suprem as glândulas sudoríparas, utilizando acetilcolina no lugar de noradrenalina.

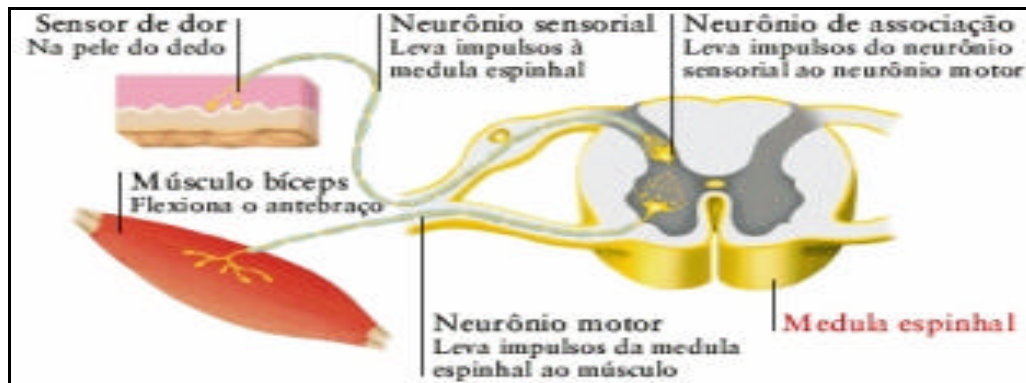
Nos últimos anos, descobriu-se que uma grande quantidade de neurotransmissores está envolvida com o SNA (substância P, peptídeos vasoativos intestinais, aminas, óxido nítrico) particularmente na divisão entérica. Enquanto suas funções permanecem obscuras, alguns parecem desempenhar um papel modulatório suprimindo ou reforçando as ações dos neurotransmissores clássicos em seus locais de ação.

O SNA dispõe de dois modos de controle do organismo: um modo reflexo e um modo comando. O “modo reflexo” envolve o recebimento de informações provenientes de cada órgão ou sistema orgânico e a programação e execução de uma resposta apropriada. Os reflexos empregados neste tipo de controle podem ser locais, isto é, situados na própria víscera, ou então centrais, ou seja, envolvendo neurônios e circuitos do SNC. O “modo de comando” envolve a ativação do SNA por regiões corticais e subcorticais, muitas vezes voluntariamente. Muitas vezes o SNA emprega simultaneamente o modo reflexo e o modo comando (LENT, 2001).

Qualquer que seja o modo de controle, o SNA utiliza diferentes estratégias para comandar os efetores – células ou órgãos que realizam uma certa “tarefa” em resposta a uma mensagem química transmitida por via sináptica difusional ou através da circulação sanguínea – que podem ser células secretoras (glandulares) ou células contráteis (musculares ou mioepiteliais) (LENT, 2001).



Podemos observar na figura abaixo um exemplo de sinapse.



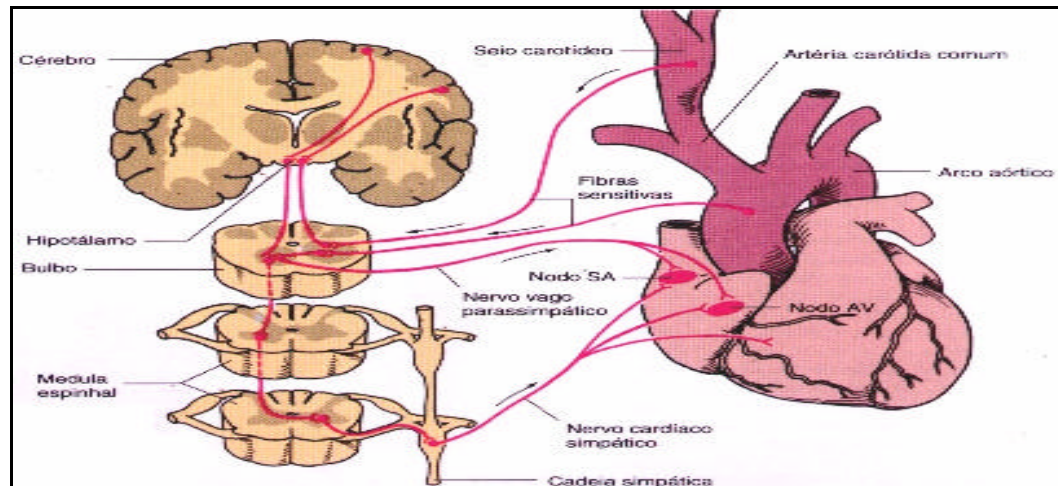
**Figura 3:** Exemplo de sinapse.

Fonte: Vilela (2006)

A maioria dos órgãos e tecidos é inervada tanto pela divisão simpática como pela divisão parassimpática e a interação entre as duas divisões pode ser de dois tipos: antagonista – a mais comum – ou sinérgica. Na estratégia antagonista, a ativação parassimpática provoca efeito contrário à ativação simpática, logo, quando a atividade de uma aumenta, a outra diminui. Na estratégia sinérgica, por outro lado, ambas as divisões provocam o mesmo efeito.

Em alguns casos, entretanto, a estratégia de controle pode ser considerada exclusiva – no caso de regiões de musculatura lisa que são inervadas exclusivamente pela divisão simpática, que desempenham o controle através do aumento ou diminuição de sua frequência de disparo (GUZZETTI *et al.*, 2001).

O coração está sob controle da estratégia antagonista. Como podemos observar na figura 4, este órgão é inervado por fibras pós-ganglionares simpáticas dos gânglios cervical inferior e torácicos mais altos e também por fibras pós-ganglionares parassimpáticas. A estimulação simpática cardíaca provoca taquicardia e também aumento da força contrátil, enquanto a estimulação parassimpática provoca a bradicardia. Esta estratégia é empregada na maioria dos órgãos e tecidos, sendo capaz de executar uma regulação fina e precisa das funções orgânicas (LENT, 2001).



**Figura 4:** Inervação do coração.

Fonte: Vilela (2006)

Todos os vasos, exceto os capilares, os esfíncteres pré-capilares e a maioria das meta-arteríolas, são inervados pelos nervos simpáticos. A inervação das pequenas artérias e das arteríolas permite que a estimulação simpática aumente a resistência e desta maneira diminua a intensidade do fluxo sanguíneo pelos tecidos.

A inervação dos grandes vasos, particularmente das veias, torna possível a estimulação simpática diminuir o volume destes vasos, alterando o volume do sistema circulatório periférico, controlando o deslocamento do sangue para o coração e desempenhando um papel fundamental na regulação da função cardiovascular (GUYTON; HALL, 1998).

Além das fibras nervosas simpáticas que suprem os vasos sanguíneos, fibras simpáticas também vão para o coração, sendo que a estimulação simpática aumenta acentuadamente a sua atividade em relação à frequência cardíaca e à força de bombeamento.

Apesar de o sistema nervoso parassimpático ser extraordinariamente importante para muitas outras funções do corpo, ele desempenha apenas um papel menor na regulação da circulação. Seu único efeito circulatório realmente importante é o controle da frequência cardíaca por meio das fibras parassimpáticas levadas para o coração pelos nervos vagos. Os efeitos da estimulação parassimpática sobre a função do coração incluem uma acentuada diminuição da frequência cardíaca e um pequeno decréscimo da contratilidade muscular cardíaca (MALIANI; MONTANO, 2002).

Uma das funções importantes do controle nervoso da circulação é sua capacidade de causar aumentos rápidos da pressão arterial. Para tanto, todas as funções vasoconstritoras e cardio-aceleradoras do SNS são estimuladas como uma unidade. Ao mesmo tempo, há inibição recíproca dos sinais inibitórios vagais parassimpáticos para o coração (LIMA, 2006).

O mais bem conhecido dos mecanismos nervosos para o controle da pressão arterial é o reflexo baroreceptor, que é iniciado por receptores de estiramento, chamado de baroreceptores ou pressoreceptores, que são terminações nervosas ramificadas localizadas nas paredes das grandes artérias sistêmicas. A excitação dos baroreceptores pela pressão aumentada nas artérias faz a PA diminuir por causa da baixa resistência periférica e do menor débito cardíaco. Inversamente, a pressão baixa tem efeitos opostos, fazendo com que a pressão suba de modo reflexo de volta ao nível normal (AIDLEY, 1998).

Associado ao sistema de controle da pressão pelos baroreceptores há um reflexo quimioceptor que opera de modo semelhante ao reflexo baroreceptor, exceto pelo fato de que são quimioceptores, em vez dos receptores de estiramento, que iniciam a resposta.

Os quimioceptores são células que respondem à falta de oxigênio, ao excesso de dióxido de carbono ou ao excesso de íons hidrogênio e estão localizados em dois corpos carotídeos, um em cada bifurcação da artéria carótida e em vários corpos aórticos adjacentes à aorta. Dessa forma, excitam as fibras nervosas que, juntamente com as fibras baroreceptoras, seguem pelos nervos de Hering e nervos vagos para o centro vasomotor. Quando ocorre da PA cair abaixo de um nível crítico, os quimioceptores são estimulados por causa do fluxo diminuído dos corpos e seus sinais são transmitidos para o centro vasomotor, que ajuda a elevar a PA (POWERS; HOWLEY, 2000).

## **6. ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA COMO FORMA DE MENSURAÇÃO DA ATIVIDADE DO SNA**

## **6. ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA COMO FORMA DE MENSURAÇÃO DA ATIVIDADE DO SNA**

Segundo Mortara e Tavazzi (1996), as variações dos intervalos RR durante condições de repouso representam uma boa modulação dos mecanismos de controle dos batimentos cardíacos. A atividade vagal eferente parece estar sob restrição “tônica” pela atividade simpática aferente cardíaca. As atividades vagal e eferente simpática quando direcionadas ao nódulo sinusal apresentam grandes sincronismos com cada ciclo cardíaco, que podem ser modulados pelos osciladores centrais (centros respiratórios e vasomotores) e periféricos (oscilações na PA e na frequência e profundidade respiratória).

Os mesmos autores consideram que estes osciladores geram flutuações rítmicas na descarga eferente neural que se manifestam como oscilações de curta ou longa duração na atividade cardíaca. A análise destes ritmos permite inferências a respeito do estado e função dos osciladores centrais, da atividade simpática e vagal, dos fatores hormonais e do nódulo sinusal.

A FC humana no repouso apresenta flutuações espontâneas que refletem a influência contínua do SNA no nódulo sino-atrial. As oscilações devem ser corretamente quantificadas provendo assim um poderoso método de investigação do equilíbrio simpato-vagal no coração. O sinal é obtido da superfície do eletrocardiograma e convertido em séries de pulsos via detecção precisa das ondas QRS sendo processado para o cálculo dos índices de VFC (MORTARA; TAVAZZI, 1996).

A análise espectral da de VFC leva à detecção de três tipos principais de oscilações dos intervalos RR: (i) na banda de frequência muito baixa do espectro (0.001 – 0.03 Hz, VLF), cujo significado ainda está sendo debatido e parece estar relacionado à atividade de quimioceptores, termorregulação e fatores hormonais; (ii) na banda de baixa frequência (0.03 – 0.015 Hz, LF) que reflete a modulação da atividade simpática aferente e função de barorreflexo; (iii) na banda de alta frequência (0.15 – 0.45 Hz, HF) que reflete a modulação da atividade parassimpática sincronizada com a respiração.

Entretanto, é essencial enfatizar que a detecção de uma quantidade de força numa banda específica do espectro não significa uma mensuração direta do tônus simpático ou parassimpático desde que, por definição, ele mensura apenas a variabilidade e não o valor absoluto do sinal (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA, 1999).

Os valores das bandas de LF e HF podem aumentar sob diferentes condições. Uma LF aumentada (expressa em unidades normalizadas) é observada durante inclinação de 90°, posição ereta, estresse mental, exercícios moderados em condições saudáveis, hipotensão moderada, atividade física e oclusão de artéria coronária ou artéria carótida comum em cães conscientes. Inversamente, um aumento da HF pode ser induzido por respiração controlada, estimulação fria da face e estímulo rotativo. Existem evidências consideráveis de que a VFC apresenta-se particularmente reduzida na ICC nos domínios de tempo e frequência, com uma atenuação pronunciada dos ritmos circadianos (MORTARA; TAVAZZI, 1996).

As variações de FC provêm um padrão favorável de resposta no SNA. A sua ausência prediz problemas. Em particular a ausência de uma força de baixa frequência, ou seja, atividade vagal para o coração, revela um risco iminente de morte súbita. A literatura científica afirma que a banda de baixa frequência representa a atividade do SNS, ao contrário da banda de alta frequência que representa exclusivamente a atividade vagal para o coração no ritmo respiratório (KAREMAKER; LIE, 2000).

Normalmente, o retraimento simpático relacionado à regulação da PA é revelado em manifestações repentinas dos batimentos cardíacos. Devido ao controle por barorreflexos da circulação, um maior número de manifestações ocorre se a PA estiver abaixo de um ponto predeterminado, até que a PA seja elevada suficientemente acima deste ponto novamente e as manifestações simpáticas cessem. Isto vai induzir uma oscilação em toda atividade simpática e na PA na banda de baixa frequência. Entretanto, se a função cardíaca estiver muito prejudicada devido à grande quantidade de estímulos aferentes de alarme, a atividade simpática será ativada quase continuamente. Isto é exatamente o que tem sido observado em avaliações diretas de atividade nervosa simpática em pacientes com ICC.

## **7. MATERIAL E MÉTODOS**

## **7. MATERIAL E MÉTODOS**

### **7.1 Caracterização do Estudo**

A presente pesquisa trata de um estudo clínico, prospectivo, consecutivo, em base individual do tipo analítico, caracterizado como série de casos. É uma investigação onde somente foram incluídos os casos (PEREIRA, 1995).

Trata-se de uma investigação de indivíduos sadios no seu desenvolvimento. Este estudo foi realizado no Grupamento de Radiopatrulha Aérea “João Negrão” da Polícia Militar do Estado de São Paulo, situado na Avenida Santos Dumont, 1979, Setor B, Campo de Marte, São Paulo/SP.

### **7.2 Caracterização dos Sujeitos**

Como sujeitos da pesquisa foram avaliados 12 pilotos de helicóptero do Grupamento de Radiopatrulha Aérea “João Negrão” da Polícia Militar do Estado de São Paulo, que foram submetidos aos testes durante a parte da manhã de um turno de serviço normal.

Os critérios de inclusão foram: Oficiais de Polícia Militar dos postos de Primeiros Tenentes e Capitães, voluntários, sadios, na faixa etária de 32 a 42 anos, que concordaram em participar do estudo assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO A).

Os critérios de exclusão foram: pilotos policiais que estivessem utilizando medicamentos que pudessem de alguma forma alterar o funcionamento do sistema nervoso autônomo ou que tivessem sido considerados inaptos por motivos correlacionados com o objetivo deste estudo pelo exame médico anual realizado no Hospital da Aeronáutica e, a não concordância na participação do estudo.



### 7.3 Princípios Éticos e Legais

O presente protocolo de pesquisa foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa – CEP da UNIVAP sob o número H062/2006/CEP. Para a realização de todos os procedimentos foi solicitada a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido de todos os sujeitos participantes do protocolo de investigação, sendo permitido o afastamento a qualquer tempo sem nenhum tipo de prejuízo.

### 7.4 “Nerve-Express”

O “Nerve-Express” (NE) é um sistema computadorizado totalmente automático e não-invasivo, destinado à análise quantitativa da atividade do sistema nervoso autônomo simpático e parassimpático baseado na análise da variabilidade da frequência cardíaca. Este equipamento utiliza dois métodos de avaliação das funções vitais fisiológicas, baseado em diferentes tipos de análise da VFC: o “Nerve-Express” e o “Health-Express”.

O NE utiliza 3 modalidades de testes para a avaliação da FC:

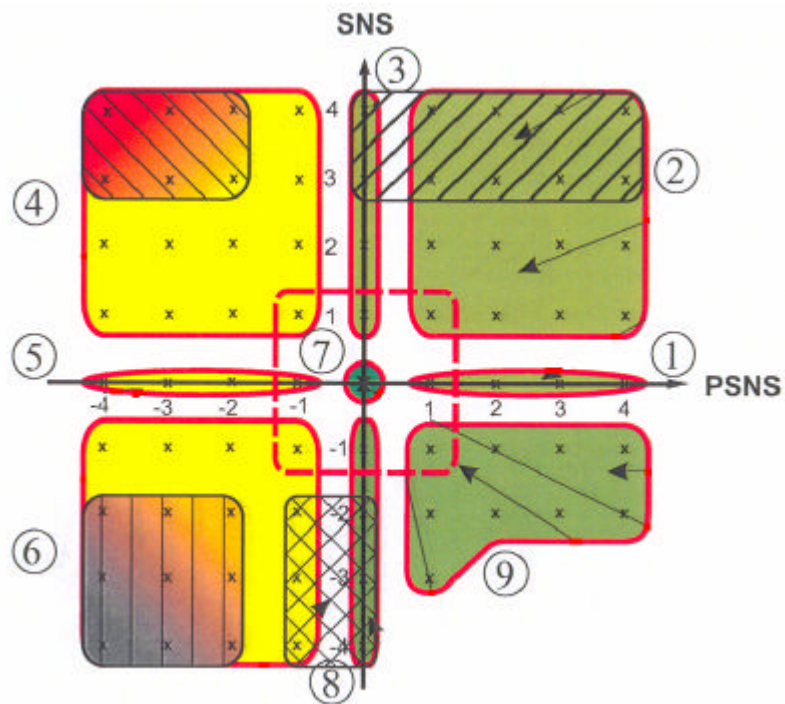
- Teste Ortostático: o paciente altera a sua posição de supino para ereto.
- Manobra de Valsalva combinada com a respiração profunda.
- Monitoração contínua de longa duração do paciente.

O NE possibilita a identificação de três tipos de padrão como resposta: equilíbrio autonômico (homeostase vegetativa), prevalência simpática e prevalência parassimpática. O sistema reconhece automaticamente 74 estados do SNA que representam diferentes relações entre as atividades do SNS e SNPS e as variações em seu equilíbrio.

No sistema cartesiano de eixos do sistema nervoso simpático/parassimpático, o princípio básico é que os parâmetros exibidos no ponto de equilíbrio autônomo ( $SNPS > \text{ou} = 0$ ) ou a sua direita representam basicamente pessoas saudáveis, enquanto aqueles que se colocam à esquerda ( $SNPS < 0$ ) em sua maioria representam disfunções temporárias ou pessoas cronicamente doentes.

Na leitura dos ritmogramas constata-se que quanto mais agudo e regular o padrão de flutuação, mais saudável é a pessoa que está sendo avaliada e, da mesma forma, quanto menos aguda e irregular for a flutuação, menos saudável será a pessoa detentora deste ritmograma.

O equipamento registra a atividade parassimpática no eixo X ou horizontal e a atividade simpática no eixo Y ou vertical. O ponto de intersecção dos eixos simpático e parassimpático é o ponto de equilíbrio autonômico. Para a direita e acima deste ponto de equilíbrio, o NE mostra uma área de atividade simpática e parassimpática aumentada em 4 graduações. As diminuições nas atividades do SNS e SNPS são mostradas à esquerda e abaixo do ponto de equilíbrio.



**Figura 5** – Categorias de condições do sistema nervoso autônomo.

Os 74 estados do SNA categorizados pelo NE são subdivididos em 9 categorias:

- Categoria 1 – Prevalência do SNPS com nível médio de atividade do SNS.

Esta categoria representa dominância do SNPS. É normalmente observada em pacientes em repouso ou durante a primeira fase do sono (N-REM). Na segunda fase do sono (REM), a atividade do SNS geralmente aumenta.

Assim, esta categoria é subdividida em 4 subcategorias, dependendo do nível de dominância do SNPS (leve, moderada, significativa ou aguda). Esta categoria é de certo modo limitada, já que só pode ser observada em pacientes com valores estritamente médios de atividade do SNS.

- Categoria 2 – Aumento nas atividades do SNS e SNPS.

Esta categoria é subdividida em 16 combinações diferentes de atividade do SNS e SNPS. É caracteristicamente uma das mais ricas divisões. Uma área distintiva nesta categoria representa o que pode ser chamado de estado “simpato-adrenérgico alto”, correspondente a um aumento significativo do SNS (pontos [3.1], [3.2], [3.3], [3.4], [4.1], [4.2], [4.3] e [4.4], mostrados na área de linhas diagonais da figura 7). Uma pessoa alcança este estado quando experimenta uma maior amplificação de energia (um aumento agudo do SNS). O estado “simpato-adrenérgico alto” é caracterizado por uma repentina liberação de adrenalina similar ao qual um atleta experimenta antes da competição.

As categorias de 1 a 3 representam basicamente pessoas saudáveis, entretanto, temos que ter em mente que pessoas saudáveis podem apresentar dois estados fisiológicos diferentes. Um estado possui nível baixo de atividade simpática e o outro tem um aumento significativo da atividade simpática, sendo que ambos os estados são distinguidos por um aumento da atividade parassimpática. Um aumento no SNPS associado a um aumento significativo no SNS reflete o estresse positivo, enquanto que uma diminuição no SNPS associada a um aumento significativo no SNS reflete “*distress*” ou estresse negativo. A condição de uma pessoa saudável com um aumento significativo no SNS e aumento do SNPS (estado simpato-adrenérgico alto) correspondem à idéia de um estresse positivo.

- Categoria 3 – Prevalência do SNS.

Esta categoria representa um aumento do SNS associado a um valor médio de atividade do SNPS. Do ponto de vista fisiológico, esta categoria representa um estado transicional entre as categorias 2 e 4.

- Categoria 4 – Diminuição do SNPS com aumento de SNS.

Esta categoria pode aplicar-se tanto para indivíduos clinicamente saudáveis como para indivíduos clinicamente doentes. Entretanto, o uso do termo “saudável” não é sempre apropriado já que o desequilíbrio funcional do estresse, exaustão física, tensão nervosa, infecção, intoxicação (incluindo drogas e álcool), exacerbação de condições crônicas e muitas outras causas ainda podem estar presentes. Nestes casos, uma diminuição no SNPS devido à depressão dos seus centros nervosos pode ser observada, com uma ativação simpática simultânea disparada pela tentativa do sistema nervoso em equilibrar-se.

Quando a ativação simpática é elevada (pontos [-2.3], [-2.4], [-3.3], [-3.4], [-4.3] e [-4.4], mostrados na área verde da figura 1), o indivíduo alcança um estado “agudo” característico de uma doença grave ou extremo estresse ou disfunção. Esta seção “aguda” da categoria 4 corresponde claramente à idéia de “*distress*” ou “estresse negativo”.

- Categoria 5 – Diminuição do SNPS com nível médio de atividade do SNS.

Esta categoria, como a terceira, é uma fase transicional. Tudo o que pertence à quarta categoria pode ser relacionado a ela, mas aqui a atividade do SNS aparece com valores médios. Isto significa que o estresse ou sobrecarga nervosa é irrelevante. Esta categoria pode freqüentemente refletir uma depressão do sistema receptor do SNPS, indicando a possibilidade de uma patologia crônica.

- Categoria 6 – Diminuição das atividades do SNS e SNPS.

A sexta categoria, especialmente em torno do ponto – 3 dos dois eixos, reflete uma degeneração involuntária geral dos centros nervosos do SNS e do SNPS (área de degeneração do SNA mostrada na área de cor laranja da figura 7). A maioria dos casos encontrados nesta categoria são pacientes muito idosos ou aqueles cujas patologias causam uma diminuição significativa na sensibilidade de todo o sistema receptor aliada à degeneração parcial dos centros nervosos. Os exemplos são pacientes que sofrem de câncer ou outras doenças que causem uma depressão similar dos centros do SNA.

Os pontos [-1.-2], [-1.-3] e [-1.-4] são usualmente, mas não exclusivamente, observados em pacientes com níveis excessivos de íons potássio, o que altera o estado polarizado usual das fibras do músculo cardíaco levando a uma diminuição da frequência e da força de suas contrações. Se a concentração de íons potássio for muito elevada, a transmissão dos impulsos cardíacos pode ser bloqueada e a atividade cardíaca pode cessar repentinamente (parada cardíaca). Esta seção da sexta categoria é mostrada na área amarela da figura 7.

- Categoria 7 – Equilíbrio autonômico.

Esta é uma categoria, apesar de formalmente ser apenas um ponto. Todos os outros pontos em torno dela pertencem às outras oito categorias devendo ser interpretados como valores de borda do equilíbrio autonômico. O ponto central é o valor zero e a área de equilíbrio autonômico está circulada por uma linha vermelha na figura 7.

- Categoria 8 – Diminuição do SNS com nível médio de atividade do SNPS.

Esta categoria, como a terceira e a quinta, é transicional. Tudo o que pertence as categorias 6 e 9 pode ser relacionado a ela, mas aqui a atividade do SNPS adquire valores médios.

- Categoria 9 – Aumento do SNPS com diminuição do SNS.

A ocorrência da nona categoria não é comum, pois normalmente um aumento do SNPS é acompanhado de um aumento do SNS. Esta condição rara é encontrada em atletas de pólo aquático, corredores de longa distância, marinheiros e pessoas com treinamento cardíaco especial para mergulho profundo no mar.

Quando se utiliza o NE é necessário atentar para o fato de que qualquer reação esperada do SNA não depende somente do tipo e intensidade do fator impactante, mas também, é determinada pelo estado funcional do próprio SNA e de sua habilidade de reagir.

## **7.5 “Health-Express”**

O “Health-Express” (HE) utiliza um tipo diferente de análise da VFC para a mensuração do estado geral de saúde, ou seja, os níveis de aptidão física, bem estar e capacidade funcional. A principal diferença é que o HE leva em conta o período de transição do ritmograma do ortoteste, enquanto o NE não.

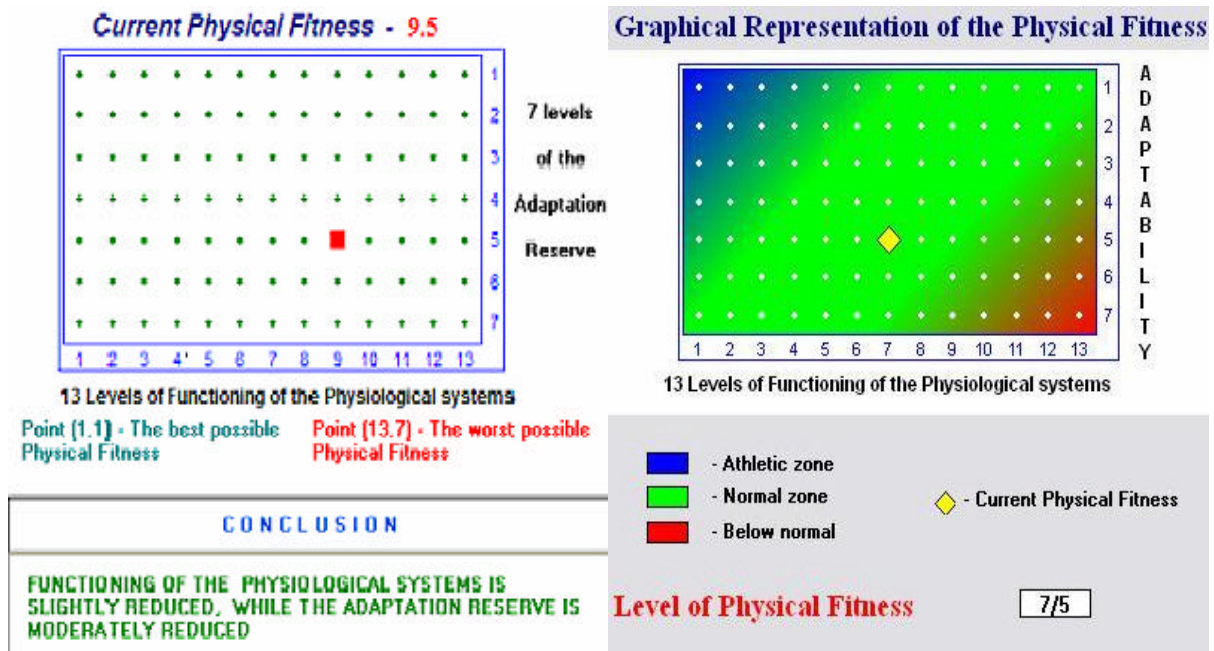
O período de transição (intervalos RR de 192 a 256) corresponde ao processo transicional entre as posições supino e ereta no ortoteste. Suas principais características são o “mín” (o intervalo RR mais curto, correspondente à frequência cardíaca mais elevada ou HR máxima, enquanto o paciente está mudando de posição de supino para ereto) e o “máx” (o intervalo RR mais longo, correspondente à frequência cardíaca mais baixa ou HR mín, enquanto o coração está se estabilizando na posição ereta).

A regra básica é que quanto mais “profunda” a curva transicional, mais saudável é a pessoa a que ela pertence e melhor é o funcionamento de seus processos fisiológicos. Especificamente, quanto mais profunda a curva “no sentido inferior”, mais saudável é o coração (mais rápido ele reage aumentando a FC). A reação cardíaca é analisada a partir de um dos principais parâmetros do período de transição – a reação cronotrópica (ChMR). Se a mesma curva estiver mais profunda “no sentido superior”, mais saudável o sistema vascular periférico (mais rápida a compensação através da diminuição da FC ao seu nível inicial na posição supino).

A análise dos valores de VFC não está limitada à reação cardiovascular, mas é também um dos melhores indicadores da integridade funcional de todos os processos fisiológicos do corpo humano, bem como de bem estar geral. Assim como o software “Nerve-Express” utiliza um ritmograma que representa uma amostragem de onda específica, o “Health-Express” utiliza um fitnograma marcado com 91 pontos, que registra o nível de aptidão física ou capacidade funcional dos sujeitos.

O eixo vertical do fitnograma consiste de sete níveis de reserva de adaptação, do maior para o menor. Ele representa os níveis de adaptabilidade cardiovascular, calculados com base nos parâmetros do período de transição.

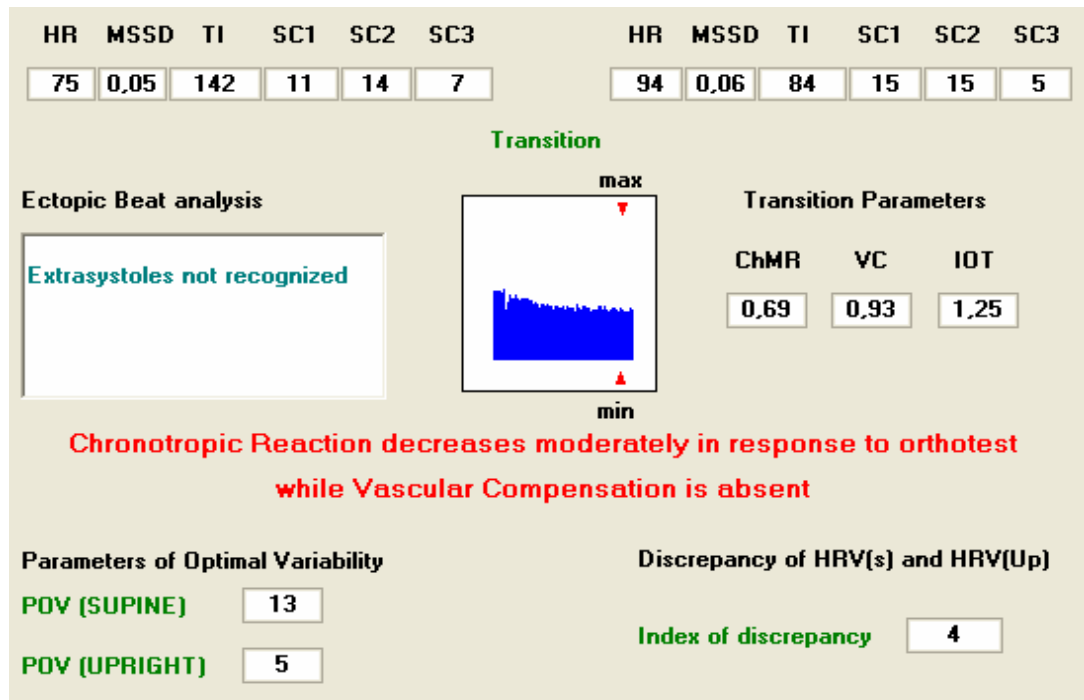
O eixo horizontal representa diferentes níveis de funcionamento dos sistemas fisiológicos, sendo que o número um é o mais alto ou, melhor estado e, o número 13 o mais baixo. O cálculo desses níveis é baseado nos parâmetros derivados dos segmentos dos ritmogramas do Ortoteste, nas posições supino e ereto. O ponto vermelho no fitnograma representa o estado atual do indivíduo, como observado na figura 6.



**Figura 6** - Ritmogramas dos níveis de funcionamento dos sistemas fisiológicos e reserva de adaptação do “Health-Express”, obtido em teste realizado com um dos pilotos.

O software “Health-Express” define o ponto mínimo e ponto máximo do processo transicional, o que permite um maior grau de apuração na determinação dos níveis de reação cronotrópica miocárdica (ChMR) que é a base para a avaliação dos níveis de reserva de adaptação cardíacos, caracterizando a porção inferior da curva e, a compensação vascular (VC), caracterizando a porção superior da curva. A avaliação integral do processo transicional é expressa pelo IOT (“integral evaluation of the transitional process”).

No centro do fitnograma há um segmento de “período transicional” representando o processo transicional entre as posições supina e ereta (intervalos RR de 192 a 256) mostrado na figura 7.



**Figura 7** - Exemplo de resultado do exame realizado com um dos pilotos envolvido neste estudo, mostrando o período transicional, os parâmetros utilizados no cálculo da reação cronotrópica, os parâmetros transicionais, os parâmetros de variabilidade ótima e o índice de discrepância.

## 7.6 COLETA DOS DADOS

Para a realização do teste na sua fase inicial, à medida que chegavam ao local de trabalho, mas antes que dessem início as suas atividades, os pilotos eram encaminhados individualmente a uma sala reservada onde após as devidas explicações sobre os procedimentos de coleta dos dados eram colocados os sensores do equipamento. Após este procedimento, os sujeitos permaneciam deitados sobre uma maca em decúbito dorsal com os membros relaxados ao longo do corpo e olhos fechados para o início do exame.

Como vemos na Figura 8, era posicionado junto à caixa torácica, ao nível do processo xifóide um sensor torácico da marca “Polar”, equipamento que consiste em uma cinta capaz de detectar as variações de frequência cardíaca. O sensor do software era preso à cintura e conectado ao microcomputador através de um cabo. Este sensor enviava ao microcomputador as informações sobre os batimentos cardíacos que eram captados pela cinta do “Polar” e interpretados pelo software “Nerve-Express” formando um gráfico na tela.





**Figura 8** – Colocação do sensor torácico em um dos pilotos.

Este procedimento era realizado em aproximadamente 4 minutos e após este período o computador emitia um sinal que determinava o momento de passar à posição ereta. O sujeito avaliado permanecia assim, relaxado, por mais 4 minutos aproximadamente e sem realizar nenhuma atividade específica até o final da avaliação.

Os pilotos de helicóptero permaneciam com o sensor de frequência cardíaca por debaixo do macacão de vôo durante o transcorrer do turno de serviço para viabilizar a mensuração durante a realização de um vôo de policiamento e evitar que a colocação do equipamento pudesse causar algum atraso que prejudicasse o apoio na ocorrência policial.

Quando da necessidade de decolagem do helicóptero em razão de apoio nas ocorrências policiais, os pilotos se dirigiam para a aeronave e, após o afivelamento dos cintos de segurança, era fixado o sensor específico do software junto ao macacão do piloto. Em seguida, o pesquisador se instalava no banco traseiro da aeronave na posição central com o “laptop” posicionado sobre seus membros inferiores, de onde iniciava o teste “Monitor”, realizando a monitoração contínua de longa duração da frequência cardíaca do piloto durante o período em que o helicóptero se prestava ao apoio das ocorrências policiais, como podemos observar na figura abaixo.



**Figura 9** – Posição do pesquisador com equipamento no interior do helicóptero.

Uma terceira e última coleta, realizada nos moldes da inicial, era efetuada tão logo a aeronave regressava ao ponto de decolagem, Campo de Marte, mas sem que os pilotos tivessem contato com as atribuições administrativas decorrentes de suas funções ou com problemas outros, alheios à atividade de piloto de helicóptero. Ao final do processo, os dispositivos eram retirados dos indivíduos.

## **7.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO**

Por meio da análise descritiva observaram-se os fenômenos de mesma natureza após a coleta, organização e classificação de valores numéricos referentes aos fenômenos e sua apresentação em forma de gráficos e tabelas.

Na análise descritiva e de correlação dos dados foi utilizado o programa “Microcal (TM) Origin” versão 6.0 para o cálculo das médias e desvios-padrão de todas as variáveis analisadas.

Para comparar as médias das variáveis e identificar se existiam diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, o teste t-student independentemente pareado foi aplicado utilizando o programa “Microcal (TM) Origin” versão 6.0 (VIEIRA, 1980).

## **8. RESULTADOS**

## 8. RESULTADOS

A seguir os nossos resultados serão apresentados em forma de gráficos e tabelas. Dentre os 12 sujeitos envolvidos em nosso estudo, todos preenchiam os critérios de inclusão.

### 8.1 Dados Antropométricos

Participaram deste estudo doze sujeitos saudáveis, pilotos de helicóptero da Polícia Militar do Estado de São Paulo conforme tabela abaixo.

**Tabela 1** – Valores antropométricos

<b>n=12</b>	
<b>Idade (anos)</b>	35±2,8
<b>Massa Corporal (kg)</b>	78±9,4
<b>Altura (cm)</b>	175±3,6
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	26±2,6

Nota 1: Valores expressos em média e desvio padrão.

Nota 2: kg – quilograma; cm – centímetro; kg/m<sup>2</sup> – quilograma por metro quadrado

Os valores de reação miocárdica cronotrópica (ChMR), parâmetros de variabilidade ótima em supino (POVs) e em ereto (POVe) e índice de discrepância (ID) obtidos nos testes realizados com os pilotos envolvidos neste estudo estão apresentados na tabela 2.

**Tabela 2-** Resultados relativos ao índice de reação miocárdica cronotrópica, parâmetros de variabilidade ótima em supino e ereto e índice de discrepância.

<b>ChMR</b>	<b>POVs</b>	<b>POVe</b>	<b>ID</b>
0,68±0,06	17±7,3	14±7,1	0,6±2,6

Nota 1: Valores expressos em média e desvio padrão, intervalo de confiança de 95%,  $p < 0,05$ .

Nota 2: ChMR – índice de reação miocárdica cronotrópica; POVs - parâmetros de variabilidade ótima em supino; POVe - parâmetros de variabilidade ótima em ereto; ID – índice de discrepância

A descrição dos níveis de reação cronotrópica obtidos nos testes realizados com os pilotos avaliados neste estudo apresentam-se na tabela 3 onde se observa que sete sujeitos (71%) se encontram nas categorias 4 e 5 que representam reações cronotrópicas leve e moderadamente reduzida, respectivamente.

**Tabela 3-** Índices de reação cronotrópica miocárdica dos pilotos.

<b>Nº de pilotos</b>	<b>Categoria</b>	<b>Valor</b>	<b>Reação cronotrópica</b>
0	1	< 0,53	Alta reação cronotrópica
1	2	0,53-0,58	Reação cronotrópica normal
1	3	0,59-0,63	Reação cronotrópica próxima do normal
2	4	0,64-0,69	Reação cronotrópica levemente reduzida
5	5	0,70-0,75	Reação cronotrópica moderadamente reduzida
2	6	0,76-0,81	Redução significativa da reação cronotrópica
0	7	> 0,81	Redução aguda da reação cronotrópica

As tabelas 4 e 5 apresentam os resultados obtidos neste estudo relativos aos valores de parâmetros de variabilidade ótima (POV) dos pilotos de helicóptero. Os POV's mostram quantitativamente a aproximação do valor ideal por uma estrutura de onda individual e definem o desvio de uma VFC individual em relação a VFC ideal, sendo divididos em 6 categorias que classificam valores de 0 a 38.

**Tabela 4-** Valores de parâmetros de variabilidade ótima em supino dos pilotos.

<b>Nº de pilotos</b>	<b>Categoria</b>	<b>Valor</b>	<b>Parâmetros de Variabilidade Ótima (POVs)</b>
0	1	34 - 38	Valores ótimos de POV
0	2	30 - 33	Valores próximos da variabilidade ótima
4	3	24 - 29	Desvio discreto dos valores ótimos
1	4	17 - 23	Desvio moderado dos valores ótimos
6	5	08 - 16	Desvio significativo dos valores ótimos
1	6	0 - 07	Desvio agudo dos valores ótimos

**Tabela 5-** Valores de parâmetros de variabilidade ótima em ereto dos pilotos.

<b>N° de pilotos</b>	<b>Categoria</b>	<b>Valor</b>	<b>Parâmetros de Variabilidade Ótima (POVe)</b>
0	1	34 - 38	Valores ótimos de POV
0	2	30 - 33	Valores próximos da variabilidade ótima
1	3	24 - 29	Desvio discreto dos valores ótimos
3	4	17 - 23	Desvio moderado dos valores ótimos
5	5	08 - 16	Desvio significativo dos valores ótimos
3	6	0 - 07	Desvio agudo dos valores ótimos

A tabela 6 representa os valores do índice de discrepância na análise da variabilidade cardíaca dos pilotos de helicóptero neste estudo.

**Tabela 6-** Valores dos índices de discrepância.

<b>N° de pilotos</b>	<b>Categoria</b>	<b>Valor</b>	<b>Índice de Discrepância (ID)</b>
4	1	(-3) - (-1)	Estado de equilíbrio
3	2	0 - 1	Estado próximo ao equilíbrio
5	3	2 - 4	Discreto desvio do equilíbrio
0	4	5 - 9	Desvio moderado do equilíbrio
0	5	10 - 21	Desvio significativo do equilíbrio
0	6	22 - 39	Desvio agudo do equilíbrio

**Tabela 7-** Níveis de funcionamento dos sistemas fisiológicos.

<b>N° de pilotos</b>	<b>Níveis</b>	<b>Funcionamento dos Sistemas Fisiológicos</b>
0	1	Mais alto nível de funcionamento dos sistemas fisiológicos
0	2	Próximo do mais alto nível de funcionamento dos sistemas fisiológicos
0	3	Sistemas fisiológicos funcionando a um nível extremo
0	4	Sistemas fisiológicos funcionando a um nível significativamente aumentado
0	5	Sistemas fisiológicos funcionando a nível moderadamente aumentado
0	6	Sistemas fisiológicos funcionando a nível levemente aumentado
5	7	Sistemas fisiológicos funcionando a um nível médio
2	8	Sistemas fisiológicos funcionando a nível significativamente reduzido
4	9	Sistemas fisiológicos funcionando a nível moderadamente reduzido
0	10	Sistemas fisiológicos funcionando a nível significativamente reduzido
0	11	Sistemas fisiológicos funcionando a nível extremamente reduzido
0	12	Sistemas fisiológicos funcionando a nível perto do nível mais baixo
1	13	Sistemas fisiológicos funcionando a nível muito baixo

A tabela 7 apresenta os resultados obtidos neste estudo relativos aos níveis de funcionamento dos sistemas fisiológicos dos pilotos de helicóptero. Podemos observar que 5 pilotos (41,66%) apresentam seus sistemas fisiológicos funcionando a um nível médio, 4 pilotos (33,33%) têm um nível de funcionamento de seus sistemas fisiológicos moderadamente reduzido e dois (16,66%) significativamente reduzidos.

Como podemos observar na tabela 8, em relação aos níveis da reserva de adaptação, 5 sujeitos avaliados (41,66%) apresentaram um nível de reserva de adaptação significativamente reduzido e 4 indivíduos (33,33%) apresentaram um nível de reserva de adaptação moderadamente reduzido.

**Tabela 8** - Níveis de reserva de adaptação dos pilotos.

Nº de pilotos	Níveis	Reserva de Adaptação
0	1	A reserva de adaptação está ao mais alto nível
2	2	A reserva de adaptação esta perto do nível mais alto
1	3	A reserva de adaptação esta a um nível normal
3	4	A reserva de adaptação esta a um nível significativamente reduzido
4	5	A reserva de adaptação esta a um nível moderadamente reduzido
2	6	A reserva de adaptação esta a um nível significativamente reduzido
0	7	A reserva de adaptação esta a um nível baixo



**Figura 10** - Resultados relativos aos níveis de funcionamento dos sistemas fisiológicos e da reserva de adaptação dos pilotos.

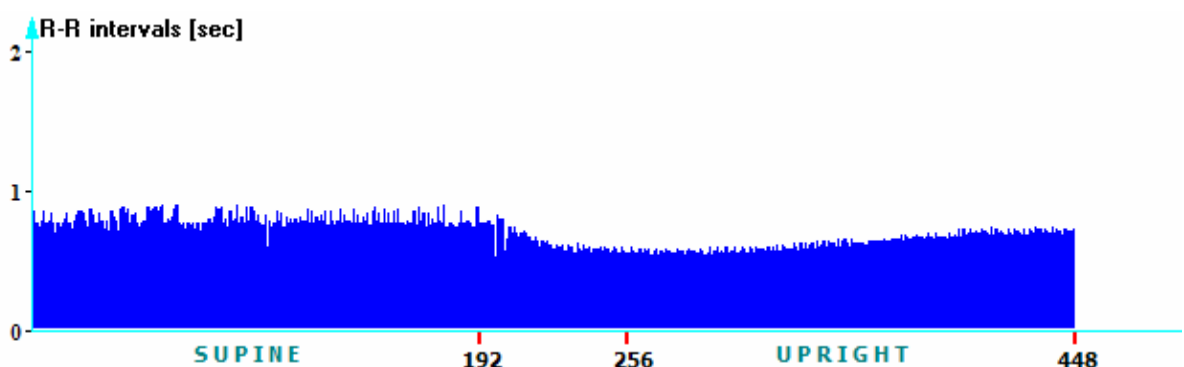
A figura 10 ilustra os valores dos testes realizados com os indivíduos envolvidos neste estudo, relativos aos níveis de aptidão física. O ponto [1.1] indica o melhor nível de aptidão física e o ponto [13.7] o pior nível de aptidão física.

Todos os indivíduos analisados neste estudo foram classificados pelo software “Health-Express” na região do fitnograma que indica os níveis de funcionamento dos sistemas fisiológicos e de reserva de adaptação. Cada um dos pontos no fitnograma está baseado em estudos de avaliação populacional em diversas condições físicas, variando de atletas profissionais a idosos ou pessoas sofrendo de sintomas de exaustão. Então, se o resultado for baixo, não significa que o sujeito avaliado está mal, mas somente que seu estado de saúde está abaixo do nível.

## 8.2 “Nerve-Express”

Através do software “Nerve-Express” foram realizadas análises do comportamento do sistema nervoso autônomo em pilotos de helicóptero da Polícia Militar do Estado de São Paulo. Uma das análises verificou os níveis de atividade do sistema nervoso simpático e parassimpático através do programa “Nerve-Express” e do programa “Monitor”.

Para efetuar a análise da VFC, o “Nerve-Express” utiliza uma representação visual efetiva e transparente, conhecida como Método de Ritmografia, que reflete a estrutura de onda da VFC e atua como uma “impressão digital” dos mecanismos regulatórios autonômicos. Os intervalos de onda RR são registrados sequencialmente, formando um ritmograma, ou seja, um retrato de onda curvo-específica da variabilidade dos intervalos RR.



**Figura 11** - Exemplo de ritmograma gerado no software “Nerve-Express” de um dos pilotos avaliados no teste.

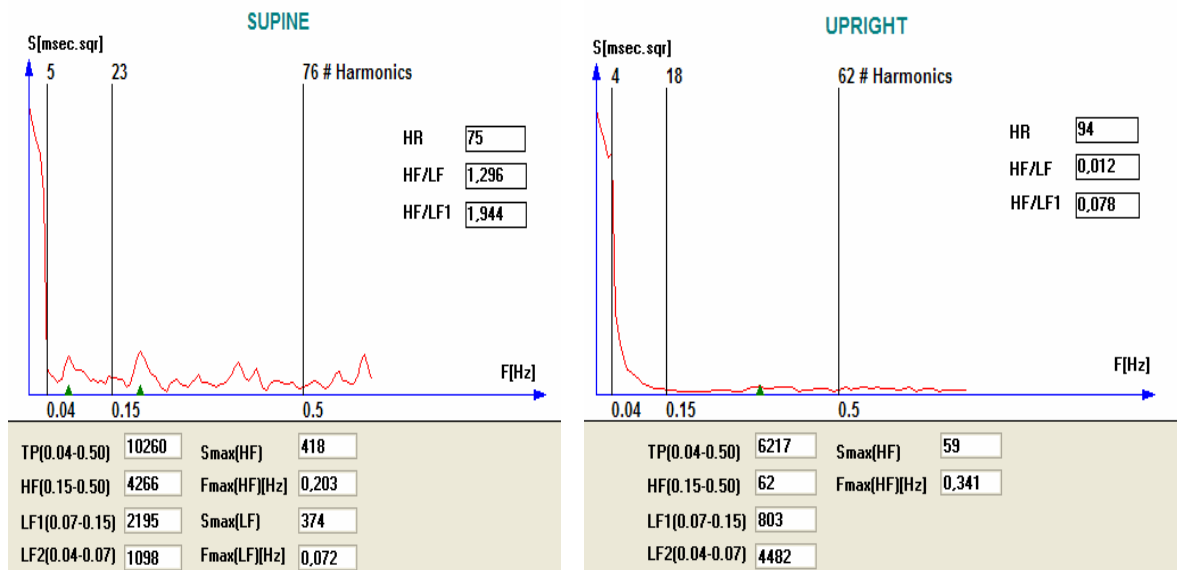
A figura 11 ilustra o ritmograma obtido no teste realizado com um dos pilotos envolvidos neste estudo.



A representação em forma de ritmograma permite que uma quantidade de informação seja comprimida em uma simples figura. A representação em onda mostrada na figura 14 é composta de 448 intervalos RR da frequência cardíaca. Uma análise espectral desta amostragem em onda possibilita a identificação de dois componentes espectrais: a banda de baixa frequência (LF) que compreende o intervalo de 0.04 a 0.15Hz e a banda de alta frequência no intervalo de 0.15 a 0.4Hz.

Um alto grau de correlação tem sido estabelecido entre a força da banda HF da função espectral e a atividade do SNPS. Uma correlação similar tem sido demonstrada entre a banda de LF e a atividade do SNS. Estas descobertas têm sido bem documentadas em publicações científicas do “American College of Cardiology” e “The American Heart Association”.

A figura 12 demonstra a análise espectral do ritmograma mostrado na figura acima, bem como os valores de banda correspondentes, com um dos pilotos nas posições supina e ereta.



**Figura 12-** Espectros obtidos no teste realizado com um dos pilotos envolvidos neste estudo, na posição supina e ereta.

Os resultados relativos ao teste realizado com o “Nerve-Express” para verificação dos valores de frequência cardíaca e dos componentes de bandas de alta e baixa frequência apresentados em forma de espectros, antes e depois do vôo de policiamento, são mostrados na tabela 9.

**Tabela 9** – Valores de frequência cardíaca e das bandas de alta e baixa frequência da variabilidade cardíaca dos pilotos.

	FCs	FCe	HF <sub>s</sub>	HFe	LF <sub>s</sub>	LF <sub>e</sub>
<b>Antes</b>	72±10	86±12	22±3,8	25±2,7	43±7,5	41±8,9
<b>Depois</b>	69±9,3	81±13	22±4,2	25±4,5	46±7,5	40±11,5
	p = 0,3	p = 0,1	p = 0,7	p = 0,7	p = 0,2	p = 0,6

Nota 1: Valores expressos em média e desvio padrão, intervalo de confiança de 95%,  $P < 0,05$ .

Nota 2: FCs – frequência cardíaca em supino; FCe – frequência cardíaca em ereto; HF<sub>s</sub> – banda de alta frequência em supino (SNPS); HFe – banda de alta frequência em ereto (SNPS). LF<sub>s</sub> – banda de baixa frequência em supino (SNS); LF<sub>e</sub> – banda de baixa frequência em ereto (SNS).

**Tabela 10** – Nível de atividade total do SNPS e SNS dos pilotos, antes e depois do vôo de policiamento.

	SNPS TOTAL	SNS TOTAL
<b>Antes</b>	-0,6±1,16	1±0,8
<b>Depois</b>	0±1,06	0,5±1,54
	p = 0,3	p = 0,3

Nota 1: Valores expressos em média e desvio padrão, intervalo de confiança de 95%,  $p < 0,05$ .

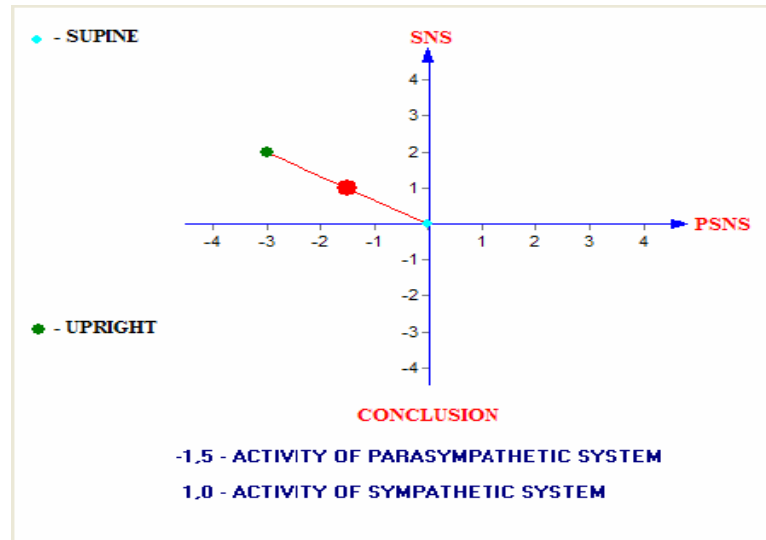
Nota 2: SNPS – sistema nervoso parassimpático; SNS – sistema nervoso simpático.

A interpretação dos valores de banda pelo software “Nerve-Express” expressa os níveis de atividade do SNS e SNPS a nível fisiológico, com o indivíduo nas posições supina e ereta, indicando se estes sistemas estão atuando normalmente (nível médio de atividade) ou se suas atividades encontram-se diminuídas ou aumentadas. De acordo com os valores dos níveis de atividade dos dois sistemas, o “Nerve-Express” calcula a média da atividade total do SNA, nas posições supina e ereta, conforme figura 13.



**Figura 13** - Níveis de atividade do SNA obtidos no teste realizado com um dos pilotos.

O “Nerve-Express” (NE) registra a atividade do SNPS e SNS em forma de gráfico, distribuídos em 4 quadrantes, nos eixos X e Y, respectivamente, nas posições supina e ereta. A figura 14 mostra um gráfico obtido na realização do teste com o NE em um sujeito envolvido neste estudo.



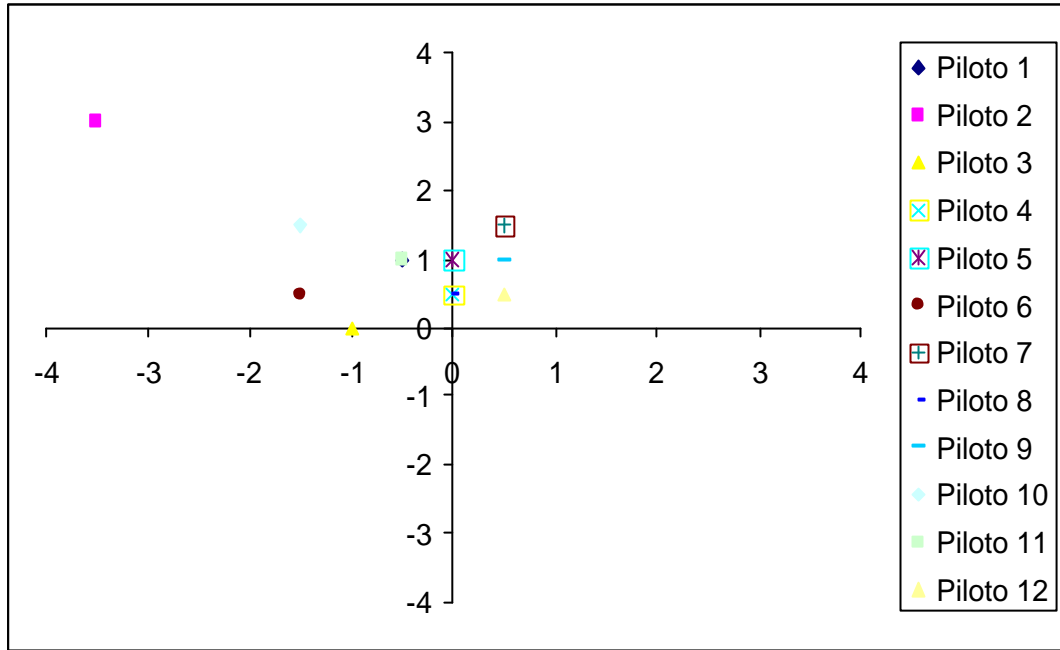
**Figura 14** – Gráfico obtido no teste realizado com um um dos pilotos envolvidos neste estudo, registrando as médias de atividade do SNS e SNPS, na posição supina e ereta

De acordo com os níveis de atividade de ambos os valores (SNS e SNPS), o Software “Nerve-Express” classifica os sujeitos analisados em nove categorias de estado do SNA, como mostrado na tabela 11.

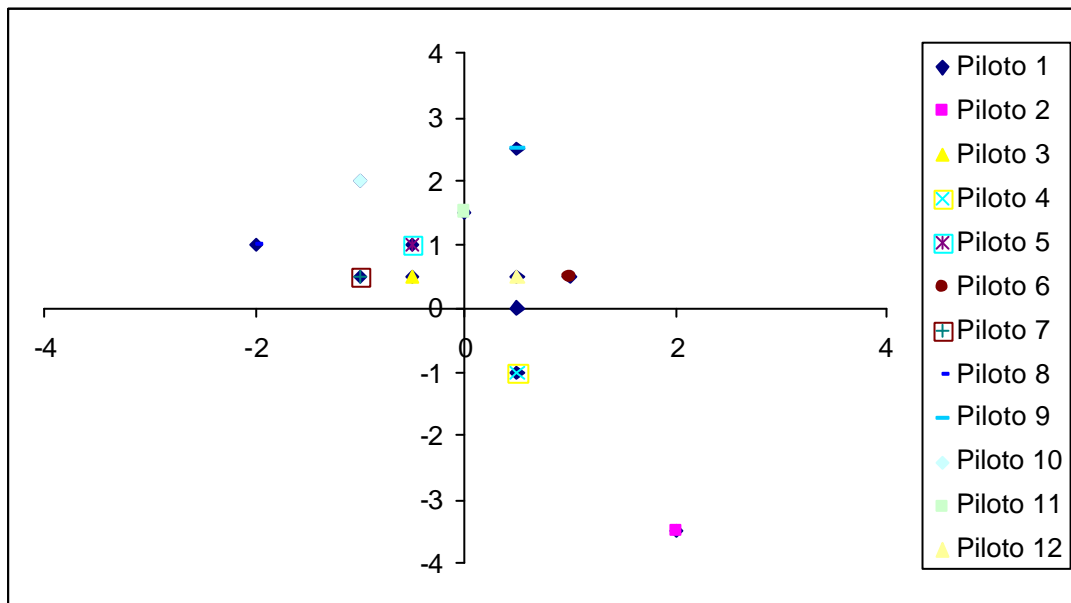
**Tabela 11** – Categorias de estado do sistema nervoso autônomo.

Nº de sujeitos antes do vôo	Nº de sujeitos depois do vôo	Categoria	Classificação
0	0	1	Prevalência do SNPS com nível médio da atividade do SNS
0	1	2	Aumento das atividades de SNPS e SNS
0	1	3	Prevalência de atividade do SNS
4	2	4	Diminuição do SNPS com aumento do SNS
0	0	5	Diminuição da atividade do SNPS e nível médio de atividade simpática
0	0	6	Diminuição das atividades do SNS e SNPS “degeneração do SNA”
8	7	7	Balanço autonômico
0	0	8	Diminuição do SNS e níveis médios de atividade parassimpática
0	1	9	Diminuição do SNS associado à elevação da atividade do SNPS

Nas figuras 15 e 16 podemos verificar os níveis de atividade do SNA dos pilotos de helicóptero antes e depois de um voo de policiamento.

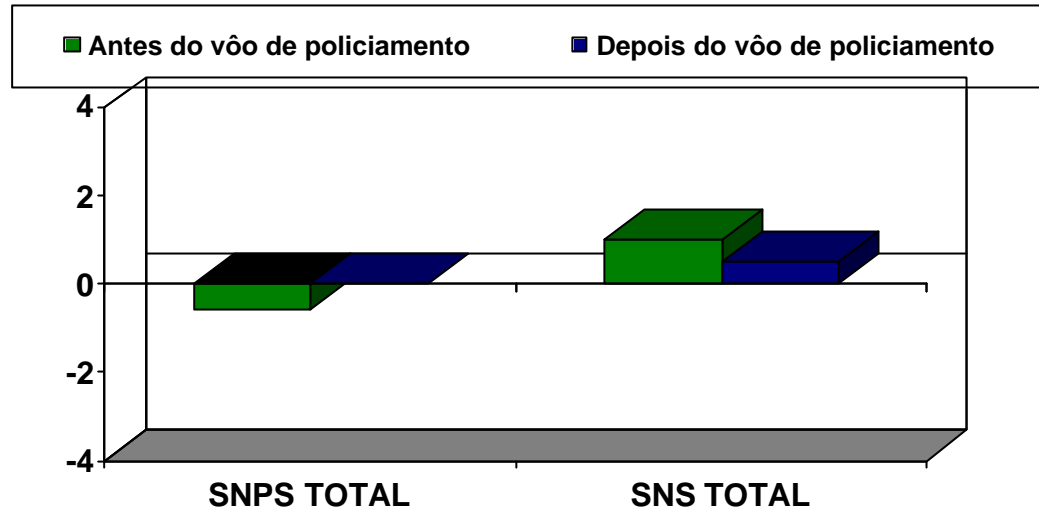


**Figura 15** – Nível de atividade total do SNS e SNPS dos pilotos antes do voo de policiamento.



**Figura 16** – Nível de atividade total do SNS e SNPS dos pilotos depois do voo de policiamento.

A seguir podemos observar os níveis médios de atividade do SNA dos pilotos de helicóptero avaliados neste estudo antes e depois do vôo de policiamento.



**Figura 17** – Níveis médios de atividade total do SNS e SNPS dos pilotos antes e depois do vôo de policiamento.

Na figura acima é possível notar que nos pilotos analisados neste estudo, houve uma redução no valor da atividade do sistema nervoso simpático depois do vôo policial e uma melhora nos valores negativos do nível de atividade do sistema nervoso parassimpático. Na avaliação do sistema nervoso autônomo simpático e parassimpático foi observada uma diferença nos valores médios, entretanto, quando comparamos antes e após o vôo de policiamento não observamos diferenças estatisticamente significativas.

### 8.3- ‘Monitor’

A análise dos valores de VFC não está limitada à reação cardiovascular, mas é também um dos melhores indicadores da integridade funcional de todos os processos fisiológicos do corpo humano, bem como de bem estar geral. Assim como o software ‘Nerve-Express’ utiliza um ritmograma que representa uma amostragem de onda específica, o software ‘Monitor’ permite mensurar o SNA em tempo real, analisando as variações da frequência cardíaca em períodos consecutivos.

O software “Monitor” é um método pioneiro e único de mensuração das funções autonômicas do SNA que determina um novo e importante avanço nos diagnósticos de variabilidade da frequência cardíaca à medida que contribui para detectar danos importantes à saúde e desordens relativas ao sono e, como nunca se viu antes, proporciona ao pesquisador a possibilidade de monitorar constantemente a atividade do SNA e ver a dinâmica da função autonômica durante todas as 24 horas de um dia em um único exame.

Ele foi especialmente criado para possibilitar a opção de interromper o exame durante a intervenção terapêutica, o que pode ser feito utilizando a função “PAUSE”. Esta condição permite que o pesquisador não inclua respostas do SNA irrelevantes, considerando somente aquelas que sejam relativas ao tratamento ou estudo.

Desta forma, os resultados podem ser reproduzidos com relativa periodicidade, sendo que a renovação do estágio corresponde ao tempo do “estágio-padrão”, com seus 192 intervalos RR, duram em média de 2 a 4 minutos, dependendo do ritmo dos batimentos cardíacos do sujeito analisado.

O software “Monitor” fornece informações adicionais como frequência cardíaca, índice de tensão (TI) e análise da ocorrência de extrasístoles, os quais podem ser obtidos simultaneamente com a análise autonômica em todos os estágios.

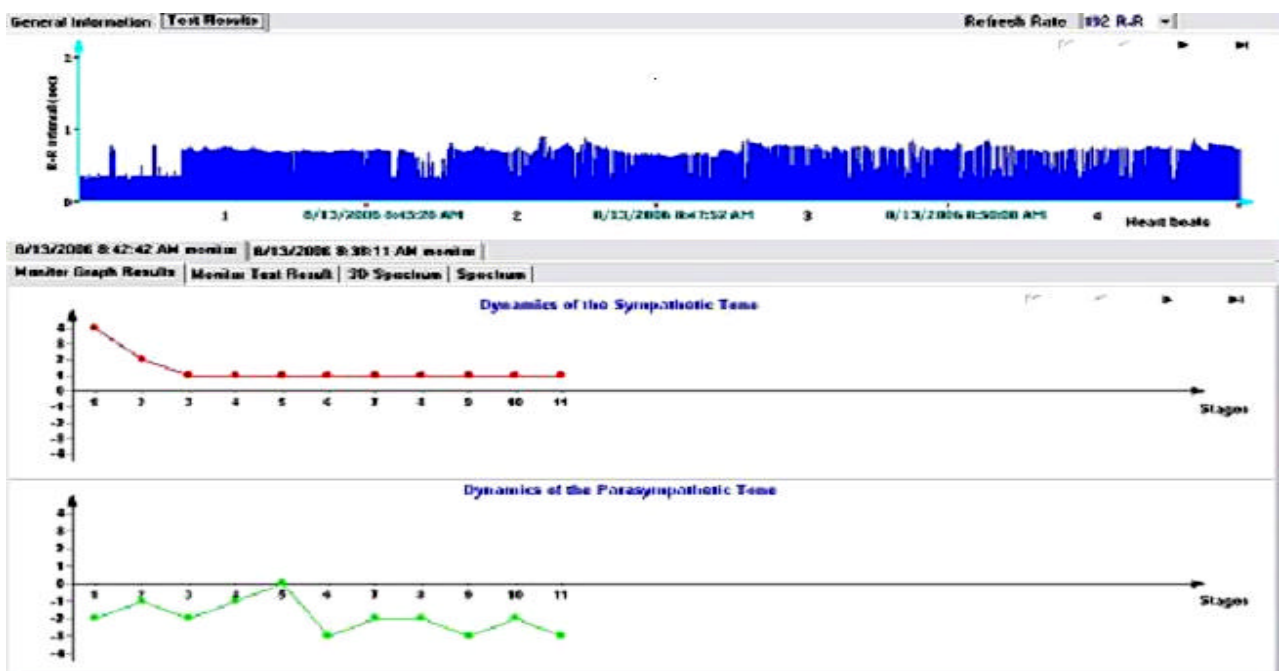


Figura 18 - Exemplo de um ritmograma gerado no software “Monitor” de um dos pilotos avaliados no teste.

A relativa simplicidade deste software no tocante ao uso possibilita a mensuração da resposta autonômica durante diferentes etapas do processo terapêutico ou durante determinados experimentos, potencializando sua utilização nesta área. Além disso, pode ser utilizado em pacientes que necessitem de cuidados intensivos, na monitorização de anestésias e em casos de experimentos com agentes alérgicos identificados, como é o caso da asma.

Na tabela 12 podemos observar os valores referentes à frequência cardíaca, banda de alta frequência, banda de baixa frequência, atividade do sistema nervoso simpático e parassimpático registrados antes e durante a realização do vôo de policiamento.

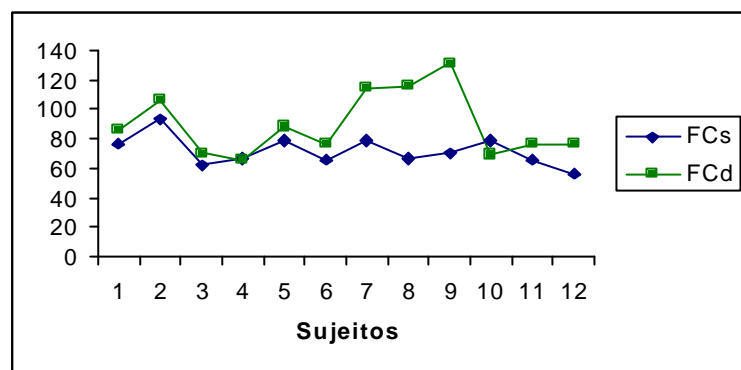
**Tabela 12**– Valores referentes ao software “Monitor” do grupo de pilotos antes e durante o vôo de policiamento.

	<b>FCs</b>	<b>FCd</b>	<b>SNPSs</b>	<b>SNPSd</b>	<b>SNSs</b>	<b>SNSd</b>
<b>P1</b>	77	86	-0,5	-2	1	1
<b>P2</b>	93	106	-3,5	-3	3	3
<b>P3</b>	62	71	-1	-1,5	0	0
<b>P4</b>	67	66	0	0	0,5	1
<b>P5</b>	79	89	0	-1,5	1	2
<b>P6</b>	66	76	-1,5	0	0,5	1
<b>P7</b>	79	115	0,5	-1	1,5	3
<b>P8</b>	67	116	0	1	0,5	4
<b>P9</b>	71	132	0,5	-2	1	4
<b>P10</b>	79	69	-1,5	0	1,5	2
<b>P11</b>	66	76	-0,5	0	1	0,5
<b>P12</b>	56	77	0,5	2	0,5	3
<b>Média</b>	71,8	89,9	-0,6	-0,67	1	2,04
<b>dp</b>	±9,96	±21,9	±1,16	±1,42	±0,77	±1,36
	p=0,01		ns		p=0,01	

Nota: FCs – frequência cardíaca em supino; FCd - frequência cardíaca durante o vôo; SNPSs – atividade nervosa parassimpática em supino; SNPSd – atividade nervosa parassimpática durante o vôo; SNSs – atividade nervosa simpática em supino; SNSd – atividade nervosa simpática durante o vôo.

Podemos observar que os valores referentes à frequência cardíaca, bandas de alta frequência, relativa ao comportamento do sistema nervoso parassimpático e o valor médio da atividade simpática apresentaram diferenças significativas quando comparados antes e durante o vôo de policiamento. Entretanto, os valores referentes as bandas de baixa frequência, referentes ao comportamento do sistema nervoso simpático e os valores de atividade parassimpática não mostraram diferenças significativas.

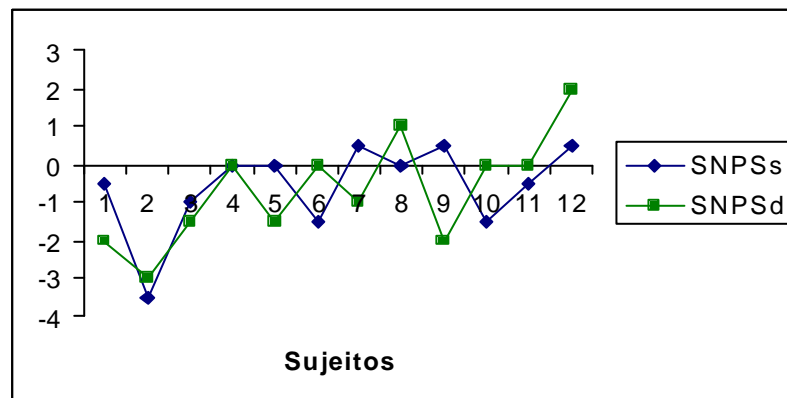
Na figura 19, observaremos os valores referentes à frequência cardíaca na posição supina e durante o vôo de policiamento.



**Figura 19-** Frequência cardíaca na posição supina e durante o vôo de policiamento

Nota: FCs – frequência cardíaca em supino; FCd – frequência cardíaca durante o vôo de policiamento.

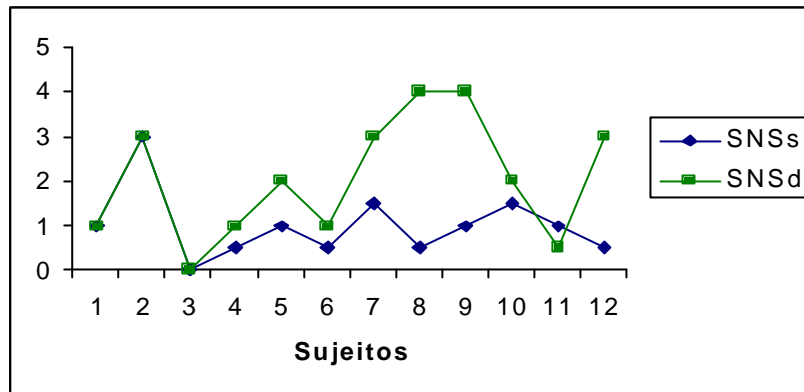
Nas figuras 20 e 21, verificamos o nível de atividade do SNS e SNPS na posição supina e durante um vôo de policiamento.



**Figura 20-** Nível de atividade do SNPS na posição supina e durante o vôo de policiamento

Nota: SNPS – nível de atividade do SNPS em supino; SNPSd – nível de atividade do SNPS durante o vôo de policiamento





**Figura 21-** Nível de atividade do SNS na posição supina e durante o vôo de policiamento  
Nota: SNSs – nível de atividade do SNPS em supino; SNSd – nível de atividade do SNPS durante o vôo de policiamento

## **9. DISCUSSÃO**

## 9. DISCUSSÃO

A análise dos dados antropométricos dos pilotos de helicóptero da Polícia Militar do Estado de São Paulo envolvidos neste estudo revelou um valor médio de IMC igual a  $26 \pm 2,6$  Kg/m<sup>2</sup>. Segundo a Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade, um IMC > 25 Kg/m<sup>2</sup> caracteriza excesso de peso, enquanto um IMC > 30 Kg/m<sup>2</sup> indica obesidade. Entre os sujeitos analisados não observamos a presença de obesidade, apesar da média do IMC estar classificada como sobrepeso. A média de idade corresponde a  $35 \pm 2,8$  anos o que mostra uma população de característica adulta jovem.

Na análise dos dados fornecidos pelo software “Health-Express”, de acordo com a tabela 3, observamos um valor médio para a reação miocárdica cronotrópica de  $0,68 \pm 0,06$ , parâmetros de variabilidade ótima em supino  $17 \pm 7,3$  e parâmetros de variabilidade ótima na posição ereta  $14 \pm 7,1$  e o índice médio de discrepância de  $0,6 \pm 2,6$ .

Em relação aos valores de reação miocárdica cronotrópica encontrada nos sujeitos de nosso estudo, observamos que nove deles (75%) apresentavam valores relativos à reação cronotrópica leve, moderada e significativamente reduzidas. Dos pilotos avaliados, cinco (41,66%) foram classificados na categoria 5, que representa reações cronotrópicas moderadamente reduzidas, 2 sujeitos (16,66%) foram classificados na categoria 4, que representa reações cronotrópicas levemente reduzidas e outros 2 sujeitos (16,66%) foram classificados na categoria 6, que representa redução significativa das reações cronotrópicas.

Ao compararmos os valores de reação miocárdica cronotrópica dos pilotos avaliados com os índices de reação cronotrópica próxima do normal ( $0,63 < x < 0,53$ ), denotamos que apenas dois sujeitos se encontram dentro da faixa de normalidade, enquanto os demais apresentam níveis reduzidos. Estes resultados demonstram que a maioria dos pilotos (75%) avaliados neste estudo se encontra em um reduzido nível de reação cronotrópica.

Os parâmetros de variabilidade ótima (POV) definem o desvio de uma VFC relacionada à variabilidade da frequência cardíaca ideal. Estes parâmetros variam de 0 a 38, sendo subdivididos em seis categorias. Para analisar os resultados obtidos neste estudo relativos aos valores de POV foram divididos em dois estágios, POVs supino, em repouso e POVe em posição ereta.

Segundo Terechtchenko (2003), O POV é um parâmetro de estrutura da onda da ótima variabilidade da frequência cardíaca, que demonstra quantitativamente a aproximação de um

valor ideal da estrutura de onda individual. O POV define o desvio individual da variabilidade da frequência cardíaca em relação à variabilidade ideal.

Os valores dos parâmetros de variabilidade ótima em supino conforme podemos observar na tabela 4, mostraram que 50% dos pilotos apresentaram desvios significantes dos valores ótimos de variabilidade cardíaca, quatro deles (33,33%) apresentaram desvios discretos enquanto apenas um piloto apresentou um desvio agudo e outro moderado desvio.

Em relação aos valores de parâmetros de variabilidade ótima dos sujeitos em posição ereta (POVe), analisados e exibidos na tabela 6 observamos que dos 12 sujeitos analisados, cinco deles (41,66%) apresentaram desvios significantes, três deles (25%) exibiram desvios moderados, outros três apresentaram desvios agudos e, apenas um piloto foi classificado na faixa de desvio discreto dos valores ótimos de variabilidade cardíaca.

O Índice de Discrepância (ID) fornece a variação quantitativa da discrepância da variabilidade cardíaca após o período transicional (isto é, o desvio da variabilidade da frequência cardíaca após o período transicional em relação ao período pré transicional). O ID também demonstra um parâmetro de equilíbrio e permite a avaliação da estrutura da onda de recuperação da variabilidade da frequência cardíaca após algum evento. A variação do ID vai de -3 a 39 (RIFTINE, 2002).

A avaliação do ID realizada pelo software “Health-Express” junto aos pilotos mostrou que sete deles (58,33%) se encontravam em um estado de equilíbrio ou próximo deste. Os outros cinco sujeitos apresentaram um discreto desvio do estado de equilíbrio do índice de discrepância em relação ao período de transição da posição supina para ereta.

Os resultados da análise realizada pelo software “Health-Express” são baseados em dois fatores, os níveis de funcionamento dos sistemas fisiológicos, que apresenta treze pontos ao longo do eixo x e as reservas de adaptação miocárdica que apresenta sete pontos no eixo y cartesiano. As possíveis combinações dos níveis de funcionamento fisiológicos com os níveis de reserva de adaptação miocárdica definem a condição fisiológica do sujeito.

Segundo Rifting (2002), a classificação da condição fisiológica dos sujeitos analisados pelo “Health-Express” fornece uma informação sobre o estado psicoemocional e sensitivo para estímulos externos ou internos. A condição individual psicoemocional é um dos fatores chave na determinação da condição funcional. A influência dos fatores psicoemocionais nas pessoas com o sistema nervoso alterado pode ser definitiva em algumas situações.

Todos os sujeitos analisados neste estudo foram classificados pelo software “Health-Express” na região do fitnograma que indica os níveis de funcionamento dos sistemas fisiológicos e de reserva de adaptação.

Em relação ao funcionamento dos sistemas fisiológicos que são classificados em 13 níveis observamos que apenas um sujeito avaliado apresentou um nível de funcionamento de seus sistemas fisiológicos muito baixo. Os demais pilotos foram classificados a um nível médio de funcionamento (41,66%) e os demais (50%) exibiram moderadas e significantes reduções nos níveis de funcionamento de seus sistemas fisiológicos.

Em relação aos níveis da reserva de adaptação, encontramos 03 sujeitos (25%) com valores de reserva de adaptação normal e alta, cinco indivíduos (41,66%) no nível de reserva de adaptação significativamente reduzido. Os outros quatro pilotos foram classificados junto ao nível de reserva de adaptação moderadamente reduzida.

A variabilidade da frequência cardíaca é caracterizada por uma variedade de oscilações periódicas e não periódicas. As análises de sua dinâmica têm sido consideradas como uma fonte provedora de importantes informações a respeito do controle cardiovascular autonômico. Em particular, a análise espectral dos componentes harmônicos envolvidos na VFC parece mensurar o estado do equilíbrio simpato-vagal em várias condições de exigências fisiológicas e patofisiológicas (GUZZETTI *et. al.*, 2001).

Em adição à atividade simpática eferente, a oscilação da força da banda de baixa frequência é resultado de vários fatores, como a responsividade cardiovascular dos órgãos-alvo, respiração, sensibilidade dos quimiorreceptores, sensibilidade dos baroreceptores e atividade simpática aferente (GUZZETTI *et. al.*, 2002).

Segundo Notarius e Floras (2001), a análise da força espectral da VFC tem a vantagem de ser uma ferramenta de simples utilização e caráter não-invasivo, capaz de acessar as mudanças dinâmicas do controle autonômico da frequência cardíaca. Em resumo, ela utiliza a análise do domínio da frequência para identificar oscilações super-impostas que contribuem para as oscilações da FC. Já que o nódulo sino-atrial está sob controle do sistema nervoso autônomo, é pensado que o estudo deste comportamento oscilatório pode identificar a ocorrência de ações autonômicas sobre o coração.

Nozdrachev e Shcherbatykh (2001), afirmam que o método de investigação da VFC através da análise espectral das séries de intervalos RR têm se tornado cada vez mais popular. Ele mostra a distribuição da frequência da força num espectro geral da frequência cardíaca.

Segundo estes autores, a análise espectral abre novas oportunidades para a investigação dos centros do sistema nervoso autônomo, pois as flutuações da frequência cardíaca são causadas por ações de estruturas cerebrais que regulam o coração.

Os valores de frequência cardíaca na posição supina e ereta, valores de bandas de alta frequência na posição supina e ereta (atividade parassimpática) e de baixa frequência na posição supina e ereta (atividade simpática) obtidos neste estudo através da análise realizada pelo software “Nerve-Express” com os pilotos antes e depois da realização de um voo de policiamento quando comparados não apresentaram diferenças significativas.

A não constatação de diferença significativa nos resultados acima denota que apesar da maioria dos pilotos apresentarem moderadas condições de funcionamento dos sistemas fisiológicos e de reserva de adaptação, os mesmos dispõem de uma boa capacidade de recuperação quando expostos a situações estressantes, como o caso de um voo de policiamento.

Em relação às categorias de estado do sistema nervoso autônomo, verificamos que antes do voo de policiamento, oito pilotos (66,66%) se encontravam em estado de balanço autonômico e quatro deles (33,33%) apresentavam diminuição do SNPS com aumento do SNS. Após a realização do voo, sete pilotos (58,33%) permaneceram no estado de balanço autonômico, enquanto dois dos pilotos (16,66%) permaneceram na classificação de diminuição do SNPS e aumento do SNS. Os outros três pilotos apresentaram respectivamente aumento da atividade SNPS e SNS, prevalência de atividade do SNS e diminuição do SNS associado à elevação da atividade do SNPS.

Da mesma forma, quando analisamos os níveis médios de atividade total do sistema nervoso autônomo simpático antes (1,0) e após (0,5) e parassimpático antes (-0,6) e após (0,0) a realização de um voo de policiamento observamos que os valores médios de todos os pilotos avaliados se encontram na categoria 7 que representa uma área de balanço autonômico. Na comparação destes valores antes e após o voo não foram constatadas diferenças estatisticamente significativas. Estes achados reforçam as nossas colocações.

O conceito de estresse, desde quando foi descrito pela primeira vez por Hans Selye, em 1936, é empregado como sinônimo de cansaço, dificuldade, frustração, ansiedade, desamparo e desmotivação. O estresse tornou-se o responsável pela maioria dos males que nos

afligem, principalmente os relacionados ao estilo de vida urbano atual e às cobranças de determinadas atividades profissionais (FILGUEIRA; HIPPERT, 2002).

O estresse é compreendido pela maioria das pessoas como uma forma extrema de emoção. O medo, a raiva, a tristeza e até mesmo a alegria, podem produzir estresse no indivíduo, quando experienciado de forma intensa, segundo Hocke (1995). Esse fenômeno é universal, fruto de uma experiência intensa e aflitiva que parece exercer uma enorme influência no comportamento humano.

Há um reconhecimento do estresse como um fenômeno universal presente em seres humanos e animais conforme definiu Lazarus (1966). Para Lazarus e Folkman (1984), o estresse constitui as demandas internas ou externas que são avaliadas pelo indivíduo como excedente de seus recursos pessoais. Dessa forma, o estresse representa as interações e ajustamentos contínuos entre o sujeito e o ambiente.

Enquanto um grande número de parâmetros invasivos e não invasivos, exames clínicos, questionários e exames laboratoriais têm sido utilizados na identificação de indivíduos com nível de estresse negativo ou na quantificação das variáveis estressoras, as avaliações da VFC têm-se mostrado eficientes no provimento de importantes informações utilizadas para diagnóstico e prognóstico.

Segundo Franchini (1998), a FC é primariamente controlada pela atividade direta do sistema nervoso autônomo na ritmicidade própria do nódulo sino-atrial, pelos seus dois ramos (simpático e parassimpático). No repouso prevalece a atividade vagal (parassimpática), que é progressivamente inibida com o aumento do exercício onde passa a prevalecer a atividade simpática. Imediatamente após o exercício o que se encontra ainda é uma prevalência de atividade simpática e uma inibição parassimpática.

A análise da força espectral da VFC tem a vantagem de ser uma ferramenta de simples utilização e caráter não-invasivo, capaz de acessar as mudanças dinâmicas do controle autônomo da frequência cardíaca. Em resumo, ela utiliza a análise do domínio da frequência para identificar oscilações superimpostas que contribuem para as variações da FC. Já que o nódulo sino-atrial está sob controle do sistema nervoso autônomo, é pensado que o estudo deste comportamento oscilatório pode identificar a ocorrência de ações autonômicas sobre o coração (NOTARIUS; FLORAS, 2001).

Nozdrachev e Shcherbatykh (2001), afirmam que o método de investigação da VFC através da análise espectral das séries de intervalos RR tem se tornado cada vez mais popular.

Ele mostra a distribuição da frequência da força num espectro geral da frequência cardíaca.

Para estes autores, a análise espectral abre novas oportunidades para a investigação dos centros do sistema nervoso autônomo, pois as flutuações da frequência cardíaca são causadas por ações de estruturas cerebrais que regulam o coração.

Enquanto um grande número de parâmetros invasivos e não invasivos têm sido utilizados para a identificação de pacientes com risco elevado de piora da falência cardíaca, os parâmetros clínicos e arrítmicos têm um baixo poder preditivo para eventos súbitos. As avaliações da VFC têm se mostrado eficientes no provimento de informações prognósticas independentes em pacientes com ICC (GUZZETTI *et. al.*, 2005).

O aumento da variabilidade de frequência cardíaca (VFC) tem sido descrito como um fator independente de risco para morte cardíaca súbita em muitos estudos. A base desta relação é desconhecida e supostamente deve-se à redução da atividade parassimpática, podendo também estar relacionada aos efeitos terapêuticos de bloqueadores beta-adrenérgicos em pacientes com doença cardíaca coronária. Enquanto alguns estudos sugerem que mudanças na atividade autonômica são uma indicação comum de fibrilação atrial, alterações observadas sugerem um aumento da atividade parassimpática (TERECHTCHENKO *et. al.*, 2003).

A análise através do software “Monitor” permite mensurar em tempo real a atividade nervosa autônoma. Os resultados são mostrados em estágios de 192 intervalos R-R, que dependendo da frequência cardíaca do sujeito analisado, variam de 2 a 4 minutos. O sistema fornece informações adicionais como frequência cardíaca, índice de tensão e análise de extrasístoles, que podem ser obtidos simultaneamente através da análise autonômica a cada estágio (RIFTINE, 2002).

Os dados fornecidos pelo software permitiram observar que os valores médios da frequência cardíaca antes (71,8) e durante o vôo (89,9) apresentaram uma diferença significativa estatisticamente. Este comportamento também foi observado junto aos valores médios da atividade nervosa simpática antes (1,0) e durante o vôo (2,1), corroborando com a idéia de que o vôo de policiamento é estressante para sujeitos sadios, causando alterações no SNA. A atividade nervosa parassimpática, porém, não apresentou diferença significativa.

Segundo Thies (2005), a realização de vôos à baixa altura, nos moldes dos que são realizados pelos pilotos de helicóptero de policiamento são importantes fatores contribuintes



para acidentes e a mortalidade decorrente destes sinistros é extremamente alta em razão da alta energia ocasionada pelo impacto da aeronave.

Ao analisarmos as particularidades da atividade do piloto policial de helicóptero, verificamos a manutenção de um padrão postural sedentário durante os vôos e em suas atividades administrativas na maior parte do tempo, estado de alerta constante em atividades de risco de morte e contato com situações de tragédia são comuns no meio de trabalho da Polícia Militar. Desta forma, as pressões diárias do serviço são potencializadas, pois se somam a estes fatores a atividade de pilotagem e a complexidade de tarefas num ambiente de velocidade e temporalidade (DINIZ, 2006).

Sabe-se que os pilotos concretizaram sua prática através do estabelecimento do conflito intrapsíquico medo-desejo, mantido inconsciente graças a altos índices motivacionais. Assim, mesmo que sob o ponto de vista do observador externo aparente equilíbrio e tranquilidade, seu organismo pode se mostrar como testemunha silenciosa de tensões insidiosas e desgastantes (TEMPORAL, 2005).

O mesmo autor afirma que o estudo dos distúrbios somáticos e psíquicos prevalentes em aeronavegantes traz fortes evidências da correlação que pode haver entre vicissitudes da sua ocupação e o estabelecimento de desordens psicossomáticas, uma vez que os mais prevalentes, segundo vários autores, seriam os de natureza cardio-circulatória, seguidos pelos de ordem psiquiátrica.

Tais condições de trabalho exigem que o piloto policial de helicóptero mantenha uma elevada performance física e psicológica em todos os vôos que realiza em que pese à dificuldade na manutenção de um programa de condicionamento físico ideal e a elevada exposição a ruídos e vibrações produzidas pela aeronave desde seu acionamento até a parada total dos rotores.

Os pilotos policiais de helicóptero, da mesma forma que outros trabalhadores expostos à vibração e ruídos, têm desenvolvido fisiopatologias e distúrbios psicológicos, incluindo alterações do sistema nervoso autônomo e nas funções endócrinas (SILVA, 1995).

Segundo Dupuis citado por OLIVEIRA (2001), estudos epidemiológicos revelam um aumento da incidência de desordens relativas aos discos intervertebrais em profissionais submetidos a muitos anos de trabalho em atividades com vibração. Nesse sentido, verificamos que os pilotos de helicóptero têm que manter durante o vôo uma postura em curvatura para a

esquerda, o que juntamente com a vibração, potencializa o risco de problemas nas regiões cervical e lombar.

A musculatura da região do pescoço é essencial para suporte e controle do complexo sistema da coluna cervical e a fadiga nessa região, por vezes decorrente do uso do capacete de vôo por períodos prolongados, ocasionam lesões musculares, as quais podem interferir na coordenação muscular (ÄNG, LINDER ; HARMS-RINGDAHL, 2005).

Podemos constatar a partir destes dados que a atividade funcional de piloto policial de helicóptero exige uma constante exposição a fatores altamente estressantes, que podem influir no aspecto fisiológico e psicológico do indivíduo, promovendo alterações no funcionamento do sistema nervoso autônomo de sujeitos sadios e contribuindo para a ocorrência de acidentes aeronáuticos decorrentes de erros humanos.

## **10. CONCLUSÕES**

## 10. CONCLUSÕES

Após a realização de nosso estudo “Estudo do comportamento do sistema nervoso autônomo através da análise da variabilidade cardíaca em pilotos de helicóptero da Polícia Militar do Estado de São Paulo” podemos inferir algumas conclusões:

- Na avaliação do sistema nervoso autônomo foi observada uma diferença nos valores médios, entretanto, quando comparamos antes e após o vôo de policiamento não observamos diferenças estatisticamente significativas, fazendo com que levantemos a suposição de que a experiência dos pilotos de helicóptero em ocorrências policiais pode influenciar nas avaliações dessa natureza.

- Após o vôo de policiamento, houve uma redução no valor da atividade do sistema nervoso simpático e uma melhora nos valores negativos do nível de atividade do sistema nervoso parassimpático, o que sugere que os pilotos analisados têm uma elevada capacidade de recuperação quando expostos a situações estressantes.

- Através da utilização do software “Health-Express”, constatamos que 41,66% dos pilotos apresentavam seus sistemas fisiológicos funcionando a um nível médio e também 41,66% dos sujeitos apresentavam níveis de reserva de adaptação significativamente reduzidos. Estes resultados baixos não significam que os pilotos estão mal de saúde, mas o fato da maioria dos pilotos se apresentarem para o início da jornada de trabalho policial já com níveis fisiológicos diminuídos, permite acreditar que tais comportamentos podem decorrer da expectativa relacionada às peculiaridades da atividade ou de situações anteriores ao próprio trabalho.

- Os dados obtidos através da utilização do software “Monitor” mostraram diferenças estatisticamente significativas no que tange à frequência cardíaca e à atividade do sistema nervoso simpático quando comparadas às aferições na posição supina e durante o vôo de policiamento, o que nos leva a crer que através da análise da variabilidade da frequência cardíaca realizada pelo software “Nerve-Express” é possível mensurar os níveis de estresse durante a realização de um vôo de policiamento.

- O fato de estes resultados confirmarem o que é descrito na literatura caracteriza que a análise da VFC através do software “Nerve-Express” consiste em um novo método, eficaz e não invasivo, para a identificação de alterações relacionadas ao sistema nervoso autônomo.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIDLEY, D. J. **The physiology of excitable cells**. 4ªed., Cambridge University Press, NY, 1998. 228p.
- ÄNG, B., LINDER, J., HARMS-RINGDAHL, K. Neck strength and myoelectric fatigue in fighter and helicopter pilots with a history of neck pain. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 76, n. 4, 2005.
- ARAVENA, C. O. *et al.* Efeito do estresse físico no processamento das informações visuais periféricas: comparação entre esportistas e não esportistas. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v. 10, n. 1, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA O ESTUDO DA OBESIDADE E DA SÍNDROME METABÓLICA, 2006. Disponível em: <[http:// www.abeso.org.br](http://www.abeso.org.br)>. Acesso em: 06 ago.2006.
- AYDOG, S. T. *et al.*, Cervical and Lumbar Spinal Changes Diagnosed in Four-View Radiographs of 732 Military Pilots. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 75, n. 2, 2004.
- BALLONE, G.J. Estresse - in **PsiquWeb Psiquiatria Geral**, 2002. Disponível em: <[http:// www.psiqweb.med.br/cursos/stress1.html](http://www.psiqweb.med.br/cursos/stress1.html)>. Acesso em: 06 ago.2006.
- BARKE, R.P., JENKINS-SMITH, H. C. Politics and scientific expertise: Scientists, risk perception, and nuclear waste policy. **Risk Analysis**, v. 13, n. 4, p. 425-439.
- BERNE, R. M.; LEVY, M. N. **Physiology**. 4ª ed, St.Louis: Mosby, 1998. 1143p.
- COLUCCI, W. S.; BRAUNWALD, E. Fisiopatologia da Insuficiência Cardíaca. In: BRAUNWALD, E. **Tratado de Medicina Cardiovascular**. 5. ed, v. 1. São Paulo: Roca, 1999. p. 418-446.
- COSTA, A. Aerovirtual visita o GRPAe da PM de São Paulo. **Revista Aerovirtual**. Disponível em: <[http://www.aerovirtual.com.br/materias/reportagens2/report\\_0076.htm](http://www.aerovirtual.com.br/materias/reportagens2/report_0076.htm)>. Acesso em 12 ago.2006.
- DINIZ, K. C. *et al.* Correlação entre estresse e dor em pilots de helicóptero do Grupamento de Radiopatrulha Aérea da Polícia Militar na cidade de São Paulo. **Fisioterapia Brasil**, v.7, n.1, p. 44-48, 2006.
- DUPUIS, H. Medical and occupational preconditions for vibrated-induced spinal disorders: occupational disease no. 2110 in Germany. **International Archives Of Occupational and Environmental Health**, v. 66, n. 5, p. 303-308, 1994.
- FILGUEIRAS, J. C.; HIPPERT, M. I. Estresse. In: JAQUES, M.G.; CODO, W. organizadores. **Saúde mental & trabalho**. Petrópolis: Vozes, 2002.
- FLORAS, J. S. Sympathetic activation in human heart failure: diverse mechanisms, therapeutic opportunities. **Acta Physiol Scand**, v. 177, p. 391-398, 2003.

FRANCHINI, K. G. Função e disfunção autonômica na doença cardiovascular. **Rev Soc Cardiol do Estado de São Paulo**, v. 8, n.2, p. 285-297, 1998.

GUIMARÃES JUNIOR, R. R.; **O estresse e a atividade do piloto militar de helicóptero: suporte científico à elaboração de um programa complementar de condicionamento físico**, 2004. Disponível em: <:http://www.cporr.ensino.eb.br. >. Acesso em: 12 ago.2006.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. Insuficiência Cardíaca. In: GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica**, 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. p. 245-253.

GUYTON, A.C.; HALL, J. E. **Fisiologia humana e mecanismos das doenças**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. 639p.

GUZZETTI, S.; MAGATELLI, R.; BORRONI, E.; MEZZETTI, S. Heart rate variability in chronic heart failure. **Autonomic neuroscience: basic and clinical**, v. 90, p.102-105, 2001.

GUZZETTI, S.; SPYROU, N.; ROSEN, S. D.; MEZZETTI, S.; MARTINOLI, E.; FOALE, R. A.; CAMICI, P. G. Low frequency spectral component of heart rate variability and myocardial beta-adrenoceptor density after acute myocardial infarction. **Basic Res Cardiol**, v. 97, p. 97-104, 2002.

GUZZETTI, S.; LA ROVERE, M. T.; PINNA, G. D.; MAESTRI, R.; BORRONI, E.; PORTA, A.; MORTARA, A.; MALLIANI, A. Different spectral components of 24h heart rate variability are related to different modes of death in chronic heart failure. **European Heart Journal**, v. 26, p. 357-362, 2005.

KAREMAKER, J. M.; LIE, K. I. Heart rate variability: a telltale of health or disease. **European Heart Journal**, v. 21, p. 435-437, 2000.

LENT, R. **Cem bilhões de neurônios – conceitos fundamentais de neurociência**. São Paulo: Atheneu, 2001.

LIMA, J. S. **Estudo do comportamento do sistema nervoso autônomo através da análise da variabilidade cardíaca em sujeitos sadios submetidos à terapia Watsu** 2006. 78 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, Universidade Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2006.

LOPES, S. **Bio 2**. São Paulo: Saraiva, 2002.

MACHADO, Angelo. **Neuroanatomia Funcional. Fisiologia Humana**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1984.

MANWARING, J. C., CONWAY, G. A., GARRET, L. C. Epidemiology and Prevention of Helicopter External Load Accidents. **Journal of Safety Research**, v.29, n.2, p. 107-121.

McARDLE, W., *et al.* **Fisiologia do Exercício**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.

McILVEEN, B.; ROBERTSON, V. J. A. Randomised Controlled Study Of The Outcome of Hydrotherapy For Subjects With Low Back Or Back And Leg Pain. **Physiotherapy**, v. 84, n. 1, p. 17-26, January 1998.

MALIANI, A.; MONTANO, N. Emerging role of cardiovascular sympathetic afferents in pathophysiological conditions. **Hypertension**, v. 39, p. 63-68, 2002.

MENEZES, A.S., *et al.* Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca em Pacientes Hipertensos, Antes e Depois do Tratamento com Inibidores de Enzima Inversora da Angiotensina II, **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 83, n. 2, 2004.

MOREIRA, S.B. **O comportamento do ritmo cardíaco nos vôos de caça**. 1992. Tese (Livre Docência) – Universidade da Gama Filho, Rio de Janeiro, 1992.

MORTARA, A. *et al.* Alterations of breathing in chronic heart failure: clinical relevance of arterial oxygen saturation instability. **Clinical Science**, v.91, n. 2, p. 72-74, 1996.

MORTARA, A.; TAVAZZI, L. Prognostic implications of autonomic nervous system analysis in chronic heart failure: role of heart rate variability and baroreflex sensitivity. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 23, p. 265-275, 1996.

NOTARIUS, C. F.; FLORAS, J. S. Limitations of the use of spectral analysis of heart rate variability for the estimation of cardiac sympathetic activity in heart failure. **Europace**, v. 3, p. 29-38, 2001.

NOZDRACHEV, A. D.; SHCHERBATYKH, Y. V. Modern methods of functional studies of the autonomic nervous system. **Human Physiology**, v. 27, n. 6, p. 732-737, 2001.

OLIVEIRA, C. G., NADAL, J. Transmissibility of Helicopter Vibration in the Spines of Pilots in Flight. **Aviation, Space, and Environmental Medicine**, v. 76, n. 6, 2005.

OLIVEIRA, C. G., SIMPSON, D. M.; NADAL, J. Lumbar back muscle activity of helicopter pilots and whole-body vibration. **Journal of Biomechanics**, v.34, p. 1309-1315, 2001.

PEREIRA, M. G. **Epidemiologia teoria e prática**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995. 583 p.

POWERS, S. K., HOWLEY, E. T. **Fisiologia do Exercício**. São Paulo: Manole, p. 196-198, 2000.

RIBAS, P. R. **O fenômeno da fadiga central na pilotagem de helicópteros: o efeito da condição física aeróbica sobre o comportamento psicofisiológico**. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade da Gama Filho, Rio de Janeiro: Universidade Gama Filho, 2003.

RIBAS, P. R. **O condicionamento físico do aeronavegante e o desempenho da atividade aérea**, 2003. Disponível em: <[http://www.eceme.ensino.eb.br/posgraduacao/de\\_Site\\_PosGrad\\_InterNet](http://www.eceme.ensino.eb.br/posgraduacao/de_Site_PosGrad_InterNet)>. Acesso em: 10 jun.2006.



RIBEIRO, M.P.; BRUM, J.M.; FERRARIO, C.M. Análise Espectral da frequência Cardíaca. **Conceitos Básicos e Aplicação Clínica Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, vol 5983, nº 2, 1992.

RIFTINE, A. **Theoretical Review of the “Nerve-Express” System with sample cases, 2002.** Disponível em: <:http://www.nerveexpress.com >. Acesso em: 12 ago.2006.

ROSA, G. M. M. *et al.*, Análise da influência do estresse no equilíbrio postural. **Fisioter Bras**, v.5, n.1, p. 50-54, 2004.

ROSENWINKEL, E.T. *et al.* Exercise and autonomic function in health and cardiovascular disease. **Cardiol Clin**, v.19, n. 3, p. 369-387, 2001.

SCHMIDT, H.B.; WERDAN, K.; MÜLLER-WERDAN, U. Autonomic dysfunction in the ICU patient. **Curr Opin Crit Care**, v. 7, n. 5, p. 314-322, 2001.

SELYE, Hans. **Estresse, a tensão da vida.** Tradução por Frederico Branco. 2. ed. São Paulo: IBRASA, 1965.

SILVA, M. J. *et al.* Sister chromatid exchange analysis in workers exposed to noise and vibration. **Mutation Research**, v. 369, p. 113-121, 1996.

SMITH, R. P.; VEALE, D.; PÉPIN, J. L.; LÉVY, P. A. Obstructive sleep apnoea and the autonomic nervous system. **Sleep Med Rev**, v. 2, n. 2, p. 69-92, 1998.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. II Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia para o Diagnóstico e Tratamento da Insuficiência Cardíaca. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v. 72, s. I, 1999.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Revisão das II Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia para o Diagnóstico e Tratamento da Insuficiência Cardíaca. **Arquivo Brasileiro de Cardiologia**, v. 79, s. 4, 2002.

TEMPORAL, W. **Medicina Aeroespacial.** Rio de Janeiro: Luzes, p. 415-417, 2005.

TERECHTCHENKO, L. *et al.* Autonomic tone in patients with supraventricular arrhythmia associated with mitral valve prolapse in young men. **Pace**, v. 26, n. II, p. 444-446, 2003.

THIES, K. C.; SEP, D.; DERKSEN, R. How safe are HEMS-programmes in Germany? A retrospective analysis **RESUSCITATION**, v. 68, n.3 p. 359-363, MAR 2006

THOMSON, A.; SKINNER, A.; PIERCY, J. **Fisioterapia de Tidy.** São Paulo: Santos, 1994.

THOMSON, M. E., ÖNKAL, D., AVCIOGLU, A., GOODWIN, P. Aviation Risk Perception: A Comparison Between Experts and Novices. **Risk Analysis**, v. 24, n. 6, p. 1585-1595, 2004.

VIEIRA, S. Teste *t*. In: VIEIRA, S. **Introdução à Bio Estatística.** 3. ed. Rio de Janeiro: Campus Ltda, p. 121 – 124, 1980.

VILELA, A. L. M. Anatomia e Fisiologia Humanas, 2006. Disponível em:  
<<http://www.afh.bio.br/nervoso/nervoso4.asp>>. Acesso em: 10 ago.2006.

WEINBERG, R.; GOULD, D. Foundations of sport and exercise psychology.  
**Champaign: Human Kinetics**, 1995.

**ANEXOS**

**ANEXO A****TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE****CONSENTIMENTO FORMAL DE PARTICIPAÇÃO NO ESTUDO INTITULADO:  
ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO  
ATRAVÉS DA ANÁLISE DA VARIABILIDADE CARDÍACA EM PILOTOS DE  
HELICÓPTERO DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Eu, \_\_\_\_\_, portador do RG \_\_\_\_\_, voluntariamente concordo em participar deste estudo científico nos termos do projeto proposto pelo Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento - IP&D da Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP.

A pesquisa tem por objetivo analisar os efeitos decorrentes da profissão de piloto policial no sistema nervoso autônomo em Oficiais de Polícia Militar, através da análise da variabilidade da frequência cardíaca, utilizando o software *Nerve-Expres*. Como benefícios esperados, acreditamos que estes indivíduos encontrem uma modalidade de terapia confortável, não invasiva, visando à redução dos níveis de ansiedade e estresse, melhorando a qualidade de vida e a prática de relacionamento social. A participação neste projeto não trará nenhum desconforto ou riscos à minha integridade física e mental, por ser tratar de procedimentos totalmente não invasivos. Quaisquer danos decorrentes de nossa participação serão ressarcidos e ou indenizados pela IES. À todo momento estarei acompanhado e assistido pelo pesquisador durante os procedimentos da pesquisa.

As informações obtidas serão mantidas em sigilo e não poderão ser consultadas por pessoas leigas sem minha expressa autorização por escrito. As informações, assim obtidas poderão ser usadas para fins estatísticos ou científicos, sempre resguardando minha privacidade.

Acredito ter sido suficientemente esclarecido a respeito das informações que li ou foram lidas para mim. Discuti com os pesquisadores sobre a minha decisão de participar nesse estudo, e ficaram claros quais os propósitos do mesmo, os procedimentos a serem realizados, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas.

Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidade ou prejuízo.

Declaro que obtive de forma apropriada, livre e voluntária as informações e, assino o presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, que foi elaborado em duas vias sendo uma delas retida por mim e a outra arquivada pelo pesquisador responsável por este estudo.

São Paulo, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2006.

Participante: \_\_\_\_\_

Orientador:

Pesquisador :

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Luis Vicente F. de Oliveira

\_\_\_\_\_  
André Paulo de Oliveira Mafuz

**ANEXO B****COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVAP****CERTIFICADO**

Certificamos que o Protocolo n.º H062/2006/CEP, sobre “*Estudo do comportamento do sistema nervoso autônomo através da análise da variabilidade cardíaca em pilotos de helicóptero da Polícia Militar do Estado de São Paulo*”, sob a responsabilidade da Profa. André Paulo de Oliveira Mafuz, está de acordo com os Princípios Éticos, seguindo as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos, conforme Resolução n.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e foi **aprovado** por esta Comissão de Ética em Pesquisa.

Informamos que o pesquisador responsável por este Protocolo de Pesquisa deverá apresentar a este Comitê de Ética um relatório das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação.

São José dos Campos, 05 de setembro de 2006

**PROF. DR. LANDULFO SILVEIRA JUNIOR**  
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa da Univap