

CARLA LYRIO MARTINS

**VALORES HEMATOLÓGICOS PERIFÉRICOS
E
ATIVIDADE AÉREA MILITAR**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ANÁLISES CLÍNICAS E TOXICOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE MEDICINA CLÍNICA
CENTRO DE HEMATOLOGIA E HEMOTERAPIA DO CEARÁ

FORTALEZA, 1995

Trabalho excelente no que
concerne:

- a) a ideia do trabalho
- b) a maneira objetiva e
coerente de abordar o proble-
ma.

Apresenta, porém, um erro
enormíssimo todos cálculos e
conclusões foram feitos em va-
lores percentuais o que in-
valida totalmente suas con-
clusões.

O trabalho deve ser corri-
gido e pela originalidade de-
veria ser publicado

corrigir as referências

NOTA: 10 (dez)

(mais pela originalidade
e coleta de dados!)

João Manoel

CARLA LYRIO MARTINS

**VALORES HEMATOLÓGICOS PERIFÉRICOS
E
ATIVIDADE AÉREA MILITAR**

ORIENTADORAS: Dra. Maria da Silva Pitombeira

Dra. Francisca Vânia Barreto de Aguiar Ferreira Gomes

MONOGRAFIA APRESENTADA COMO REQUISITO FINAL AO CURSO DE
ESPECIALIZAÇÃO EM HEMATOLOGIA E HEMOTERAPIA.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ANÁLISES CLÍNICAS E TOXICOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE MEDICINA CLÍNICA
CENTRO DE HEMATOLOGIA E HEMOTERAPIA DO CEARÁ

FORTALEZA, 1995

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para minha especialização em hematologia e hemoterapia.

Ao Dr. José Murilo Martins e à Dra. Francisca Vânia Barreto de Aguiar Ferreira Gomes, pela oportunidade ímpar de aprimoramento profissional a nós oferecida e congratulações pelo excelente trabalho que vêm realizando durante todos esses anos.

À Dra. Maria da Silva Pitombeira, pelo apoio e incentivo recebidos.

Aos pilotos do 1º Esquadrão do 4º Grupo de Aviação, fundamentais à pesquisa, pela boa vontade e total colaboração.

A toda equipe do laboratório de hematologia do HEMOCE que tornou possível a execução dessa pesquisa.

A João Pedro, meu marido e melhor amigo, por todo seu carinho e compreensão.
Muito obrigada!

ÍNDICE

RESUMO.....	5
INTRODUÇÃO	6
MATERIAL E MÉTODOS	8
RESULTADOS.....	11
DISCUSSÃO.....	21
CONCLUSÃO	24
SUMMARY	25
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

VALORES HEMATOLÓGICOS PERIFÉRICOS E ATIVIDADE AÉREA MILITAR

RESUMO

Foram estudados 25 pilotos militares do 1º Esquadrão do 4º Grupo de Aviação, sediado na Base Aérea de Fortaleza-Ceará, voluntários, saudáveis, sem história de doença hematológica, no intuito de avaliar se a atividade aérea determina uma variação nos valores hematológicos periféricos.

Coletou-se sangue venoso antes e imediatamente após a missão aérea e foram realizados os seguintes exames: contagem total e diferencial de leucócitos, hemáceas, reticulócitos e plaquetas, hematócrito e dosagem de hemoglobina. Com a análise estatística estabeleceu-se um aumento significativo dos reticulócitos, da hemoglobina e dos leucócitos totais após a missão aérea.

As alterações observadas são atribuídas principalmente aos efeitos decorrentes do estresse físico, fisiológico e psíquico dos pilotos quando em vôo. O estresse estimula estruturas cerebrais, quais sejam, o sistema límbico, a substância reticular e o hipotálamo, que, por sua vez, ativam o sistema nervoso simpático e estimulam a secreção de ACTH pela adenohipófise. A decorrente liberação hormonal de catecolaminas e glicocorticóides, acarreta variações na contagem das células sanguíneas, dentre vários outros efeitos, todos participantes da síndrome de adaptação ao estresse, aumentando em muito a capacidade humana de responder a esse estímulo.

INTRODUÇÃO

A atividade aérea militar acarreta estresse e fadiga ao piloto devido a fatores fisiológicos, físicos e psicológicos(30). Como restrições fisiológicas impostas, estão as altas velocidades, forças acelerativas: "carga G"(29, 37), baixa pressão atmosférica(28, 32), ruídos e vibrações(35, 36), aerodilatação dos gases(27) e falsas sensações de equilíbrio em voo(31).

Os fatores físicos incluem o próprio ambiente de trabalho, pequeno e estreito - a cabine da aeronave, o traje anti-G(33), as tiras de amarração na cadeira de ejeção que limitam os movimentos do tronco e membros inferiores, o peso do capacete, a respiração através de máscara de oxigênio e a comunicação por sistema de interfone.

Os fatores psicológicos são da maior importância e de ocorrência natural, sendo parcialmente neutralizados pela motivação e treinamento(34). Dentre eles estão o medo do voo, as expectativas das missões, a surpresa dos ataques, a necessidade de atenção constante, a contínua exigência de interação entre coordenação motora e visual, a responsabilidade sobre si próprio, sobre o segundo aeronavegante e sobre a aeronave e o risco de um acidente aeronáutico, fazendo, portanto, dessa atividade uma fonte de tensão psíquica para quem a exerce.

Assim, o estresse decorrente da atividade aérea estimula determinadas regiões cerebrais principalmente hipotálamo, formação reticular e sistema límbico, responsáveis pela reação de alerta e excitação(15). A ativação cerebral, em adição, estimula o sistema nervoso simpático e aumenta a secreção de ACTH (hormônio adrenocorticotrópico), que, em conjunto, aumentam em muito a capacidade humana física e mental de resistir aos diferentes tipos de estresse(15).

Para tanto, o sistema nervoso simpático contribui agindo em todo o organismo e estimulando a secreção de adrenalina (80%) e noradrenalina (20%) pela medula das glândulas supra renais(16). As catecolaminas aumentam o metabolismo basal, influenciam na secreção de hormônios dentre os quais estão a eritropoietina(19) e o ACTH, além de induzirem a uma leucocitose em seres humanos(13, 22, 25, 01, 08).

Por sua vez, o ACTH é o hormônio que controla quase totalmente a secreção dos glicocorticóides (cortisol, corticosterona e cortisona). As ações fisiológicas desses

hormônios incluem a regulação do metabolismo das proteínas, carboidratos e lipídeos e alterações no número das células sanguíneas, todas envolvidas na síndrome de adaptação e reação ao estresse(13). Em decorrência da ação do cortisol ocorre leucocitose polimorfonuclear, linfocitopenia, eosinopenia e aumento da produção de eritrócitos(1, 17, 38, 05).

Considerando os fatos expostos, levantou-se a hipótese de que a atividade aérea militar determina uma alteração na contagem periférica de reticulócitos, eritrócitos, leucócitos e plaquetas. O propósito desse trabalho é o de testar essa hipótese.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudados vinte e cinco pilotos militares do 1º Esquadrão do 4º Grupo de Aviação, sediado na Base Aérea de Fortaleza, selecionados pela Força Aérea para desempenharem Missões de Caça.

A autorização para realização da pesquisa foi obtida através do consentimento verbal do Comandante do Esquadrão Aéreo e dos pilotos envolvidos.

A aeronave voada no Esquadrão é o Xavante AT-26, monomotor turbo jato de dois lugares, com asa semi-baixa e trem de pouso triciclo escamoteável. Ambos os postos de pilotagem, dianteiro e traseiro, são equipados com assentos ejetáveis Martin Baker MK 04B. O ar da cabine é condicionado e pressurizado pelo compressor do motor, sendo que o sistema de pressurização entra em funcionamento a partir de 8.000 pés de altitude (1 metro = 3.3 pés). A pressão da cabine corresponde à pressão atmosférica existente em 8.000 pés até uma altitude real de voo de 16.000 pés. O avião é equipado com um sistema de oxigênio gasoso, consistindo de seis cilindros D2. O fornecimento do oxigênio faz-se através de um regulador combinado, pressão - respiração e diluição - demanda, de modo que o regulador mistura ar com oxigênio em quantidades variáveis de acordo com a altitude, e supre a mistura toda vez que o piloto inspira. Acima de 28.000 pés de altitude de cabine, o regulador fornece oxigênio a uma pressão contínua. O piloto respira na máscara de oxigênio que deve estar bem ajustada ao rosto(11).

As missões executadas foram de Ataque ao Solo, Patrulha Aérea de Combate com Escolta, Ataque ao Solo com Reconhecimento Armado e Combate Aéreo(16), com as seguintes características.

a) Ataque ao Solo:

tempo de voo: 60 minutos.

altitude: altante: 10.000 pés por 40 minutos.

rasante: 500 pés por 20 minutos.

carga G: de +1 a +4.

b) Patrulha Aérea de Combate e Escolta:

tempo de voo: 60 minutos.

altitude: altante: 10.000 pés por 40 minutos.

rasante: 500 pés por 10 minutos.

carga G: de +1 a +4

Finalizada a missão aérea, coletou-se nova amostra de sangue sob as mesmas condições da anterior, no período de vinte a trinta minutos após o pouso do avião, sendo esse material obtido no próprio hangar.

Os exames laboratoriais foram realizados até no máximo de 6 horas após a coleta, no Laboratório de Hematologia do HEMOCE.

A contagem total de hemácias e leucócitos foi feita no contador automático de células sanguíneas modelo CC-510 da Companhia Equipadora de Laboratórios Modernos (CELM), e a dosagem de hemoglobina no hemoglobinômetro modelo Hb-520 da CELM. O hematócrito foi determinado pelo método do microhematócrito, usando tubo capilar e microcentrífuga. A contagem de plaquetas, realizada através da leitura da câmara de Neubauer em microscópio ótico. Os reticulócitos foram corados pela solução de azul cresil brilhante e o esfregaço lido em microscópio ótico. O esfregaço de sangue periférico foi corado pelo método de May-Grünwald-Giemsa e a contagem diferencial dos leucócitos realizada em microscópio ótico(20).

Para o propósito de significância estatística, o α foi fixado em 5%.

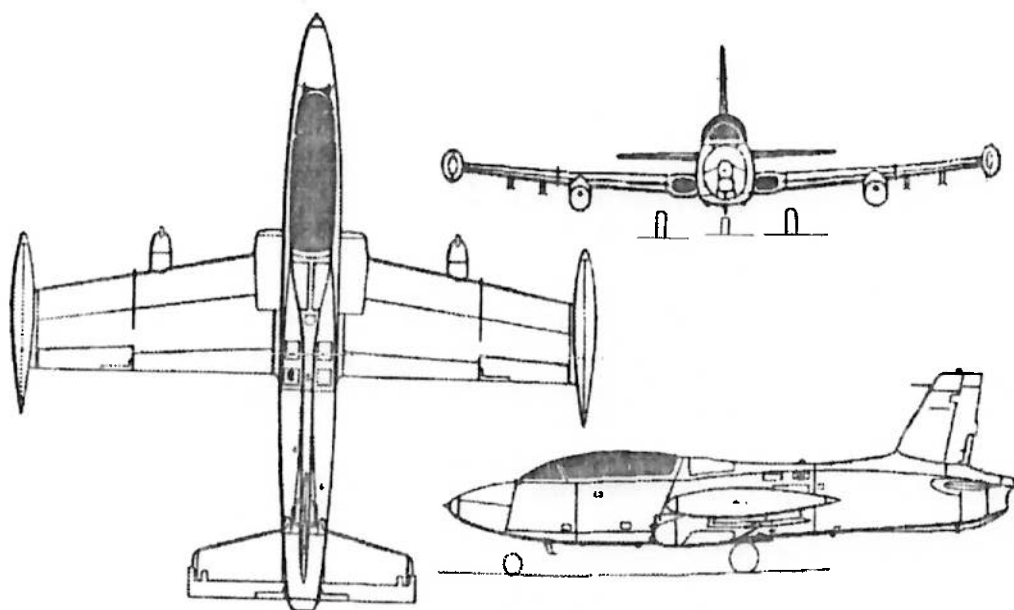


FIGURA Nº 01 - EMB-326 XAVANTE (AT-26)

RESULTADOS

Os resultados obtidos estão expostos nas tabelas de número 1 a 12, onde correlacionam-se os valores obtidos antes e após o voo com a variação encontrada.

A análise estatística dos dados para verificar se houve diferença significativa nos valores hematológicos periféricos dos pilotos comparando os resultados obtidos antes e após a atividade aérea, baseou-se na Prova de Wilcoxon. Esta é um teste não paramétrico e foi escolhida tendo em vista o estudo abranger duas amostras relacionadas (cada piloto é tido como seu próprio controle, ou seja, cada piloto é submetido à retirada de sangue em ocasiões diferentes) e proporcionar escores de diferenças que podem ser ordenadas segundo seus valores absolutos.

TABELA Nº 01 - CONTAGEM DE PLAQUETAS DO SANGUE PERIFÉRICO DOS PILOTOS OBTIDO ANTES E APÓS A MISSÃO AÉREA (valores em mm^3).

MISSÃO	PILOTO	PLAQUETAS ANTES	PLAQUETAS DEPOIS	DIFERENÇA
Ataque ao Solo	P01	230.000	275.000	45.000
	P02	200.000	195.000	-5.000
	P03	195.000	155.000	-40.000
	P04	270.000	275.000	5.000
	P05	225.000	195.000	-30.000
	P06	215.000	310.000	95.000
	P07	280.000	275.000	-5.000
	P08	185.000	235.000	50.000
	P09	285.000	270.000	-15.000
	P10	320.000	225.000	-95.000
	P11	300.000	210.000	-90.000
	P12	365.000	230.000	-135.000
Patrulha Aérea de Combate e Escolta	P13	180.000	225.000	45.000
	P14	150.000	200.000	50.000
	P15	330.000	335.000	5.000
	P16	250.000	270.000	20.000
	P17	270.000	255.000	-15.000
	P18	215.000	260.000	45.000
	P19	165.000	197.000	32.000
	P20	220.000	255.000	35.000
	P21	375.000	244.000	-131.000
Ataque com Rec. Armado	P22	245.000	215.000	-30.000
	P23	255.000	255.000	0
Combate Aéreo	P24	345.000	115.000	-230.000
	P25	205.000	270.000	65.000

TABELA Nº 02 - HEMATÓCRITO DO SANGUE PERIFÉRICO DOS PILOTOS OBTIDO ANTES E APÓS A MISSÃO AÉREA (valores em %).

MISSÃO	PILOTO	HEMATÓCRITO ANTES	HEMATÓCRITO DEPOIS	DIFERENÇA
Ataque ao Solo	P01	43	43	0
	P02	46	47	1
	P03	43	43	0
	P04	42	42	0
	P05	39	38	-1
	P06	44	42	-2
	P07	48	49	1
	P08	48	48	0
	P09	45	45	0
	P10	43	44	1
	P11	45	45	0
	P12	43	44	1
Patrulha Aérea de Combate e Escolta	P13	40	42	2
	P14	45	45	0
	P15	45	45	0
	P16	49	50	1
	P17	44	43	-1
	P18	44	45	1
	P19	42	44	2
	P20	43	45	2
	P21	44	44	0
	P22	37	38	1
Ataque com Rec. Armado	P23	42	44	2
Combate Aéreo	P24	40	40	0
	P25	45	45	0

TABELA Nº 03 - HEMATIMETRIA DO SANGUE PERIFÉRICO DOS PILOTOS OBTIDO ANTES E APÓS A MISSÃO AÉREA (valores em mm³).

MISSÃO	PILOTO	HEMATIMETRIA ANTES	HEMATIMETRIA DEPOIS	DIFERENÇA
Ataque ao Solo	P01	4.400.000	4.500.000	100.000
	P02	4.600.000	5.100.000	500.000
	P03	4.500.000	4.700.000	200.000
	P04	4.700.000	4.800.000	100.000
	P05	4.400.000	4.400.000	0
	P06	5.000.000	5.000.000	0
	P07	5.200.000	5.200.000	0
	P08	5.300.000	5.400.000	100.000
	P09	5.000.000	5.000.000	0
	P10	4.500.000	4.500.000	0
	P11	4.500.000	4.700.000	200.000
	P12	4.500.000	4.500.000	0
Patrulha Aérea de Combate e Escolta	P13	4.300.000	4.500.000	200.000
	P14	5.200.000	5.400.000	200.000
	P15	4.500.000	4.700.000	200.000
	P16	5.400.000	5.400.000	0
	P17	5.000.000	5.000.000	0
	P18	5.000.000	5.200.000	200.000
	P19	4.800.000	4.900.000	100.000
	P20	5.100.000	5.300.000	200.000
	P21	5.000.000	5.200.000	200.000
	P22	5.300.000	5.600.000	300.000
Ataque com Rec. Armado	P23	4.800.000	5.120.000	320.000
Combate Aéreo	P24	4.600.000	4.600.000	0
	P25	4.700.000	4.700.000	0

TABELA Nº 04 - DOSAGEM DE HEMOGLOBINA DO SANGUE PERIFÉRICO DOS PILOTOS OBTIDO ANTES E APÓS A MISSÃO AÉREA (valores em g/dl).

MISSÃO	PILOTO	HEMOGLOBINA ANTES	HEMOGLOBINA DEPOIS	DIFERENÇA	POSTO DE DIFERENÇA
Ataque ao Solo	P01	13,6	13,8	0,2	9
	P02	13,3	15,7	2,4	22
	P03	13,4	13,8	0,4	15,5
	P04	14,2	14,3	0,1	3,5
	P05	12,5	12,5	0,0	---
	P06	14,8	14,9	0,1	3,5
	P07	15,2	15,4	0,2	9
	P08	16,2	16,4	0,2	9
	P09	13,8	14,3	0,5	17,5
	P10	13,7	13,9	0,2	9
	P11	13,9	14,0	0,1	3,5
	P12	13,4	13,5	0,1	3,5
Patrulha Aérea de Combate e Escolta	P13	12,9	13,0	0,1	3,5
	P14	14,6	14,9	0,3	13
	P15	13,5	13,8	0,3	13
	P16	15,5	16,0	0,5	17,5
	P17	14,5	13,8	-0,7	-19
	P18	13,0	13,8	0,8	20
	P19	14,1	14,5	0,4	15,5
	P20	14,5	15,5	1,0	21
	P21	14,5	14,6	0,1	3,5
Ataque com Rec. Armado	P22	11,9	11,9	0,0	---
	P23	14,3	14,5	0,2	9
Combate Aéreo	P24	13,3	13,3	0,0	---
	P25	14,2	14,5	0,3	13

Posto de Diferença = Ordenação Crescente da Diferença

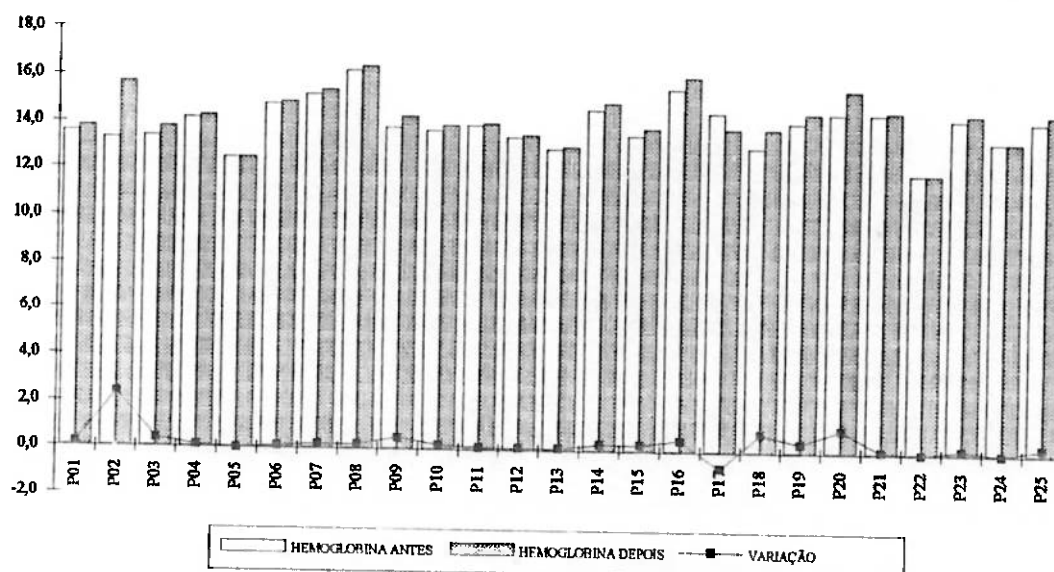


GRÁFICO Nº 01 - RELAÇÃO ENTRE A DOSAGEM DE HEMOGLOBINA DE CADA PILOTO OBTIDA ANTES E APÓS A MISSÃO AÉREA E A VARIAÇÃO ENTRE ESSES DOIS RESULTADOS.

TABELA Nº 05 - CONTAGEM DE RETICULÓCITOS DO SANGUE PERIFÉRICO DOS PILOTOS OBTIDO ANTES E APÓS A MISSÃO AÉREA (valores em %).

MISSÃO	PILOTO	RETICULÓCITOS ANTES	RETICULÓCITOS DEPOIS	DIFERENÇA	POSTO DE DIFERENÇA
Ataque ao Solo	P01	1,8	2,0	0,2	11
	P02	1,5	1,8	0,3	15
	P03	1,0	1,4	0,4	17
	P04	0,7	1,0	0,3	15
	P05	1,4	1,3	-0,1	-4,5
	P06	1,4	1,5	0,1	4,5
	P07	1,0	1,2	0,2	11
	P08	1,4	1,5	0,1	4,5
	P09	0,8	1,1	0,3	15
	P10	0,6	0,8	0,2	11
	P11	1,6	1,8	0,2	11
	P12	0,5	0,6	0,1	4,5
Patrulha Aérea de Combate e Escolta	P13	0,7	0,6	-0,1	-4,5
	P14	0,9	1,5	0,6	23
	P15	0,7	0,6	-0,1	-4,5
	P16	1,4	0,7	-0,7	-24,5
	P17	0,7	1,2	0,5	20
	P18	1,1	0,9	-0,2	-11
	P19	1,3	1,8	0,5	20
	P20	0,9	1,0	0,1	4,5
	P21	1,3	1,4	0,1	4,5
Ataque com Rec. Armado	P22	2,7	3,2	0,5	20
	P23	1,3	1,8	0,5	20
Combate Aéreo	P24	0,8	1,5	0,7	24,5
	P25	0,6	1,1	0,5	20

Posto de Diferença = Ordenação Crescente da Diferença

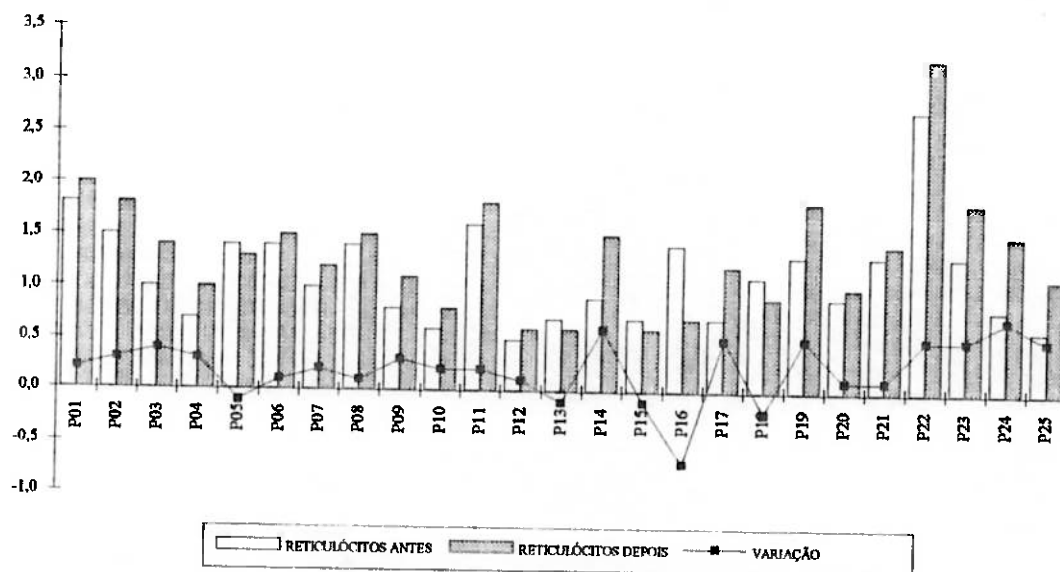


GRÁFICO Nº 02 - RELAÇÃO ENTRE A CONTAGEM DE RETICULÓCITOS DE CADA PILOTO OBTIDA ANTES E APÓS A MISSÃO AÉREA E A VARIAÇÃO ENTRE ESSES DOIS RESULTADOS.

Para mim isto é uma surpresa!
 Percebi que houve um aumento maior
 Luis

TABELA Nº 06 - CONTAGEM DE LEUCÓCITOS DO SANGUE PERIFÉRICO DOS PILOTOS OBTIDO ANTES E APÓS A MISSÃO AÉREA (valores em mm^3).

MISSÃO	PILOTO	LEUCÓCITOS ANTES	LEUCÓCITOS DEPOIS	DIFERENÇA	POSTO DE DIFERENÇA
Ataque ao Solo	P01	6.100	6.900	800	16,5
	P02	6.900	7.400	500	13
	P03	5.800	6.200	400	11
	P04	6.700	6.900	200	5,5
	P05	5.600	7.300	1.700	21
	P06	8.600	8.800	200	5,5
	P07	10.600	11.000	400	11
	P08	9.200	9.400	200	5,5
	P09	6.700	7.000	300	8,8
	P10	6.500	6.600	100	2
	P11	5.700	6.800	1.100	18,5
	P12	4.600	5.400	800	16,5
Patrulha Aérea de Combate e Escolta	P13	6.300	7.000	700	14,5
	P14	6.100	8.100	2.000	24
	P15	6.800	8.700	1.900	23
	P16	9.500	10.800	1.300	20
	P17	6.900	6.800	-100	-2
	P18	5.800	6.100	300	8,5
	P19	6.700	8.500	1.800	22
	P20	7.200	7.900	700	14,5
	P21	10.500	11.600	1.100	18,5
	P22	9.800	10.200	400	11
Ataque com Rec. Armado	P23	10.500	10.600	100	2
Combate Aéreo	P24	6.900	6.900	0	---
	P25	6.200	6.400	200	5,5

Posto de Diferença = Ordenação Crescente da Diferença

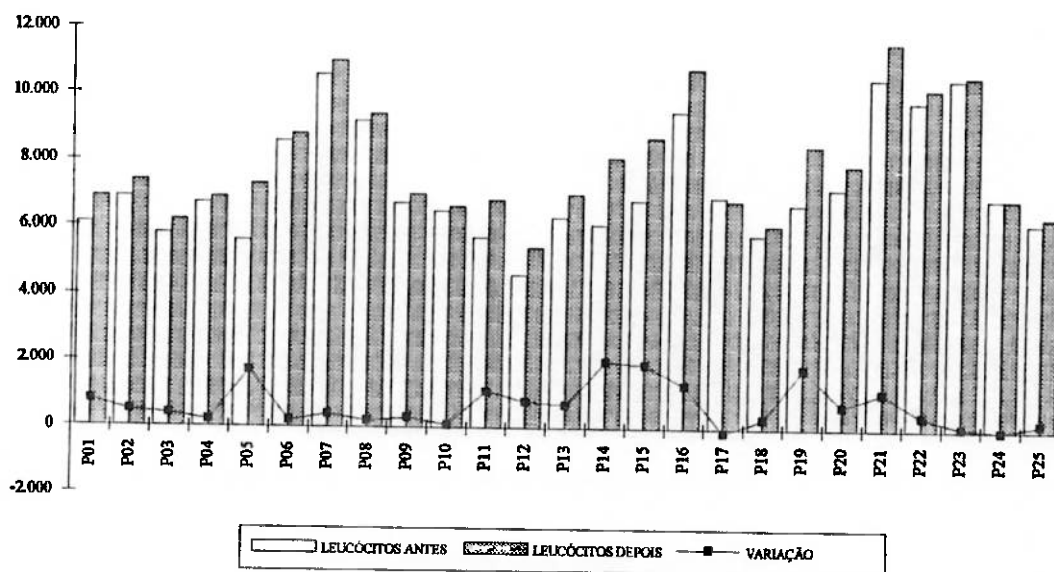


GRÁFICO Nº 03 - RELAÇÃO ENTRE A CONTAGEM DE LEUCÓCITOS DE CADA PILOTO OBTIDA ANTES E APÓS A MISSÃO AÉREA E A VARIAÇÃO ENTRE ESSES DOIS RESULTADOS.

TABELA Nº 07 - CONTAGEM DE BASÓFILOS DO SANGUE PERIFÉRICO DOS PILOTOS OBTIDO ANTES E APÓS A MISSÃO AÉREA (valores relativos em %).

MISSÃO	PILOTO	BASÓFILOS ANTES	BASÓFILOS DEPOIS	DIFERENÇA
Ataque ao Solo	P01	2	0	-2
	P02	0	0	0
	P03	2	1	-1
	P04	0	0	0
	P05	0	2	2
	P06	0	0	0
	P07	0	0	0
	P08	1	0	-1
	P09	1	0	-1
	P10	0	1	1
	P11	1	1	0
	P12	2	0	-2
Patrulha Aérea de Combate e Escolta	P13	0	0	0
	P14	0	0	0
	P15	0	2	2
	P16	0	0	0
	P17	0	0	0
	P18	2	0	-2
	P19	0	0	0
	P20	0	1	1
	P21	1	0	-1
Ataque com Rec. Armado	P22	0	1	1
	P23	0	0	0
Combate Aéreo	P24	0	0	0
	P25	1	2	1

TABELA Nº 08 - CONTAGEM DE NEUTRÓFILOS EM BASTÕES DO SANGUE PERIFÉRICO DOS PILOTOS OBTIDO ANTES E APÓS A MISSÃO AÉREA (valores relativos em %).

MISSÃO	PILOTO	BASTÕES ANTES	BASTÕES DEPOIS	DIFERENÇA
Ataque ao Solo	P01	0	1	1
	P02	2	2	0
	P03	1	2	1
	P04	3	3	0
	P05	1	1	0
	P06	1	2	1
	P07	1	2	1
	P08	3	3	0
	P09	0	0	0
	P10	1	0	-1
	P11	0	2	2
	P12	0	4	4
Patrulha Aérea de Combate e Escolta	P13	1	1	0
	P14	2	0	-2
	P15	0	0	0
	P16	0	0	0
	P17	2	3	1
	P18	0	0	0
	P19	2	0	-2
	P20	1	1	0
	P21	5	6	1
Ataque com Rec. Armado	P22	0	2	2
	P23	2	1	-1
Combate Aéreo	P24	0	1	1
	P25	1	0	-1

*Deveria ser em valores absolutos e dos neutrófilos
Nunca %*

TABELA Nº 09 - CONTAGEM DE NEUTRÓFILOS SEGMENTADOS DO SANGUE PERIFÉRICO DOS PILOTOS OBTIDO ANTES E APÓS A MISSÃO AÉREA (valores relativos em %).

MISSÃO	PILOTO	SEGMENTADOS ANTES	SEGMENTADOS DEPOIS	DIFERENÇA
Ataque ao Solo	P01	56	66	10
	P02	61	61	0
	P03	61	60	-1
	P04	42	40	-2
	P05	48	51	3
	P06	71	63	-8
	P07	63	69	6
	P08	54	68	14
	P09	57	68	11
	P10	57	51	-6
	P11	40	57	17
	P12	49	53	4
Patrulha Aérea de Combate e Escolta	P13	46	62	16
	P14	72	76	4
	P15	69	68	-1
	P16	56	55	-1
	P17	56	47	-9
	P18	59	61	2
	P19	70	68	-2
	P20	68	70	2
	P21	56	57	1
Ataque com Rec. Armado	P22	58	59	1
	P23	67	63	-4
Combate Aéreo	P24	52	52	0
	P25	50	46	-4

TABELA Nº 10 - CONTAGEM DE EOSINÓFILOS DO SANGUE PERIFÉRICO DOS PILOTOS OBTIDO ANTES E APÓS A MISSÃO AÉREA (valores relativos em %).

MISSÃO	PILOTO	EOSINÓFILOS ANTES	EOSINÓFILOS DEPOIS	DIFERENÇA
Ataque ao Solo	P01	6	5	-1
	P02	5	3	-2
	P03	1	2	1
	P04	5	8	3
	P05	6	2	-4
	P06	5	2	-3
	P07	2	2	0
	P08	1	1	0
	P09	3	1	-2
	P10	17	6	-11
	P11	1	3	2
	P12	3	2	-1
Patrulha Aérea de Combate e Escolta	P13	1	0	-1
	P14	1	1	0
	P15	1	1	0
	P16	2	3	1
	P17	2	1	-1
	P18	3	3	0
	P19	1	1	0
	P20	2	1	-1
	P21	11	9	-2
Ataque com Rec. Armado	P22	2	1	-1
	P23	3	4	1
Combate Aéreo	P24	7	8	1
	P25	3	3	0

TABELA Nº 11 - CONTAGEM DE LINFÓCITOS DO SANGUE PERIFÉRICO DOS PILOTOS OBTIDO ANTES E APÓS A MISSÃO AÉREA (valores relativos em %).

MISSÃO	PILOTO	LINFÓCITOS ANTES	LINFÓCITOS DEPOIS	DIFERENÇA
Ataque ao Solo	P01	34	25	-9
	P02	29	31	2
	P03	33	32	-1
	P04	47	43	-4
	P05	39	39	0
	P06	19	31	12
	P07	29	26	-3
	P08	38	27	-11
	P09	32	29	-3
	P10	21	39	18
	P11	25	36	11
	P12	40	35	-5
Patrulha Aérea de Combate e Escolta	P13	50	36	-14
	P14	24	22	-2
	P15	26	23	-3
	P16	40	41	1
	P17	37	45	8
	P18	32	32	0
	P19	25	29	4
	P20	26	25	-1
	P21	22	23	1
Ataque com Rec. Armado	P22	37	44	7
	P23	27	27	0
Combate Aéreo	P24	40	38	-2
	P25	40	44	4

TABELA Nº 12 - CONTAGEM DE MONÓCITOS DO SANGUE PERIFÉRICO DOS PILOTOS OBTIDO ANTES E APÓS A MISSÃO AÉREA (valores relativos em %).

MISSÃO	PILOTO	MONÓCITOS ANTES	MONÓCITOS DEPOIS	DIFERENÇA
Ataque ao Solo	P01	2	3	1
	P02	3	3	0
	P03	2	3	1
	P04	3	6	3
	P05	6	5	-1
	P06	4	2	-2
	P07	4	1	-3
	P08	3	1	-2
	P09	6	2	-4
	P10	4	3	-1
	P11	3	2	-1
	P12	2	6	4
Patrulha Aérea de Combate e Escolta	P13	2	1	-1
	P14	1	1	0
	P15	4	6	2
	P16	2	1	-1
	P17	3	4	1
	P18	5	4	-1
	P19	2	2	0
	P20	3	2	-1
	P21	5	5	0
Ataque com Rec. Armado	P22	3	3	0
	P23	1	5	4
Combate Aéreo	P24	1	1	0
	P25	5	6	1

Constatou-se um aumento estatisticamente significativo do número total de leucócitos do sangue periférico após a missão aérea. Dos 25 pilotos, 23 apresentaram aumento dos leucócitos totais após a missão aérea, 1 apresentou diminuição e 1 não variou. Da análise em valores relativos das células que fazem parte da contagem diferencial dos leucócitos - bastões, segmentados, basófilos, eosinófilos, linfócitos e monócitos - observou-se que em nenhum dos casos houve diferença estatisticamente significativa entre os valores obtidos antes e após a missão aérea. Em relação aos eosinófilos, houve uma tendência a diminuir após a missão aérea, com 12 pilotos apresentando diminuição, 6 pilotos aumento e 7 pilotos sem variação. Da mesma forma, os linfócitos tenderam a diminuir após a missão aérea, com 12 pilotos apresentando diminuição, 10 pilotos aumento e 3 pilotos sem variação. Os segmentados tenderam a aumentar após a missão aérea, com 13 pilotos apresentando aumento, 10 pilotos diminuição e 2 pilotos sem variação.

Sobre a série eritróide verificou-se um aumento estatisticamente significativo dos reticulócitos e da hemoglobina após a missão aérea. Vinte pilotos apresentaram aumento do número de reticulócitos após a missão aérea e 5 apresentaram diminuição. Em relação à hemoglobina, 21 pilotos apresentaram aumento após a missão aérea, 1 apresentou diminuição e 3 não variaram. Houve uma tendência ao aumento da hematimetria, com 15 pilotos apresentando aumento após a missão aérea e 10 sem variação, porém, este aumento não foi significativo. A alteração notada no hematócrito revelou que, dos 14 pilotos que tiveram alteração dos valores, 11 tiveram aumento e 3 tiveram diminuição em seu número após a missão aérea, dados esses que também não foram significativos.

Não houve diferença estatisticamente significativa no número de plaquetas do sangue periférico dos pilotos obtidos antes e após a missão aérea.

Uma segunda análise foi realizada para verificar se houve diferença na variação das células do sangue periférico dos pilotos em função da missão aérea, utilizando a Prova de Kruskal-Wallis. Esta é um teste não paramétrico e foi escolhida em virtude do estudo abranger quatro amostras independentes (cada piloto participa de uma única missão aérea) e proporcionar escores segundo classificação ordinal.

Considerando as diferenças detectadas no sangue periférico que tiveram significância estatística em seus números após a missão aérea, tem-se as tabelas 13, 14 e 15, comparando a variação dos leucócitos, hemoglobina e reticulócitos entre as quatro missões aéreas.

Observou-se que não houve diferença estatisticamente significativa na variação dos leucócitos, da hemoglobina e dos reticulócitos do sangue periférico dos pilotos em função das diferentes missões aéreas.

TABELA Nº 13 - POSTOS DAS VARIAÇÕES DA HEMOGLOBINA DAS QUATRO MISSÕES AÉREAS.

MISSÃO AÉREA			
ATAQUE AO SOLO	PATRULHA AÉREA DE COMBATE E ESCOLTA	ATAQUE COM RECONHECIMENTO ARMADO	COMBATE AÉREO
9	3,5	9	13
22	13		
15,5	13		
3,5	17,5		
3,5	19		
9	20		
9	15,5		
17,5	21		
9	3,5		
3,5			
3,5			
R1=105	R2=126	R3=9	R4=13

Fonte: Dados Obtidos na Tabela 04.

R = Soma dos Postos de Diferença.

TABELA Nº 14 - POSTOS DAS VARIAÇÕES DO NÚMERO DE RETICULÓCITOS DAS QUATRO MISSÕES AÉREAS.

MISSÃO AÉREA			
ATAQUE AO SOLO	PATRULHA AÉREA DE COMBATE E ESCOLTA	ATAQUE COM RECONHECIMENTO ARMADO	COMBATE AÉREO
11	4,5	20	24,5
15	23	20	20
17	4,5		
15	24,5		
4,5	20		
4,5	11		
11	20		
4,5	4,5		
15	4,5		
11			
11			
4,5			
R1=124	R2=116,5	R3=40	R4=44,5

Fonte: Dados Obtidos na Tabela 05.

R = Soma dos Postos de Diferença.

TABELA Nº 15 - POSTOS DAS VARIAÇÕES DO NÚMERO DE LEUCÓCITOS DAS QUATRO MISSÕES AÉREAS.

MISSÃO AÉREA			
ATAQUE AO SOLO	PATRULHA AÉREA DE COMBATE E ESCOLTA	ATAQUE COM RECONHECIMENTO ARMADO	COMBATE AÉREO
16,5	14,5	11	---
13	24	2	5,5
11	23		
5,5	20		
21	2		
5,5	8,5		
11	22		
5,5	14,5		
8,5	18,5		
2			
18,5			
16,5			
R1=134,5	R2=147	R3=13	R4=5,5

Fonte: Dados Obtidos na Tabela 06.

R = Soma dos Postos de Diferença.

DISCUSSÃO

colocar em ordem

Os resultados do estudo indicam que a atividade aérea, em virtude do estresse imposto ao piloto(30, 29, 37, 28, 32, 35, 36, 27, 31, 33, 34), acarreta uma variação nos valores hematológicos periféricos. Essa variação faz parte de um mecanismo complexo desencadeado principalmente por hormônios, que determina uma maior capacidade humana em resistir aos vários tipos de estresse.

O comportamento humano é função do sistema nervoso como um todo, especialmente da formação reticular, do hipotálamo e de estruturas relacionadas (o sistema límbico). A estimulação dessas regiões causa a sensação de alerta e excitação e, em adição, afeta órgãos periféricos:

- a) através dos nervos motores aos músculos esqueléticos, aumentando o tônus motor;
- b) através do aumento da secreção de ACTH pela adenohipófise que, por sua vez estimula a liberação dos hormônios do córtex das glândulas supra-renais;
- c) através dos nervos do sistema nervoso simpático aos diferentes órgãos, dentre esses, o estímulo à medula das glândulas supra renais a liberarem catecolaminas(15).

boas em ordem

As catecolaminas estimulam a secreção de vários hormônios, dentre eles, eritropoietina e ACTH(19). Há muito se observou o efeito da adrenalina nas células brancas periféricas. A administração parenteral de adrenalina induz leucocitose em seres humanos(13, 22, 25, 01, 08). Essa alteração ocorre de forma bifásica: fase I $\Rightarrow$ após 5 minutos com efeito máximo em 17 minutos, caracterizada por leucocitose às custas do aumento de granulócitos, linfócitos e eosinófilos; fase II $\Rightarrow$ aparente após 1 a 2 horas com efeito máximo em 4 horas, onde há leucocitose devido a granulocitose, porém, o número de linfócitos e eosinófilos diminui.

No estudo seria esperado que se encontrassem as alterações características da fase II pois, considerando o período entre o pouso do avião, taxiamento, corte dos motores e chegada do piloto ao hangar, o tempo da coleta da segunda amostra de sangue ultrapassou 20 minutos. Constatou-se um aumento estatisticamente significativo do número total de leucócitos após a missão aérea. Contudo, apesar da tendência à diminuição dos linfócitos e eosinófilos e ao aumento dos granulócitos após a missão

aérea, em nenhum dos casos houve diferença significativa entre os valores obtidos antes e após a missão aérea na população estudada.

Mecanismos complexos são responsáveis pelas variações no número das células brancas, o principal deles é a mobilização periférica do pool marginal de granulócitos(02, 03, 14), principalmente do leito pulmonar(04). Pode haver, ainda, um pequeno papel da contração esplênica e da circulação do ducto torácico(25). Fatores hormonais comprovadamente são responsáveis pelas respostas obtidas na fase II(13, 22). A adrenalina estimula a adenohipófise a secretar ACTH(13). Portanto, por estímulo direto do hipotálamo e secundariamente, do sistema simpático, a adenohipófise incrementa em até 20 vezes a secreção de ACTH que, então, determina a liberação dos glicocorticóides pelo córtex das supra-renais.

Os glicocorticóides, além de atuarem decisivamente no metabolismo basal, causam as seguintes modificações nas células do sangue(01, 38, 05): a) leucocitose polimorfonuclear, devido a uma maior liberação de células maduras pela medula óssea bem como pela redução da saída dessas células da circulação sanguínea através das paredes capilares; b) depleção do sangue periférico de eosinófilos e de linfócitos, especialmente de células T, redistribuindo essas células a outros compartimentos do organismo; c) aumento da produção de eritrócitos, cujo motivo é desconhecido(17).

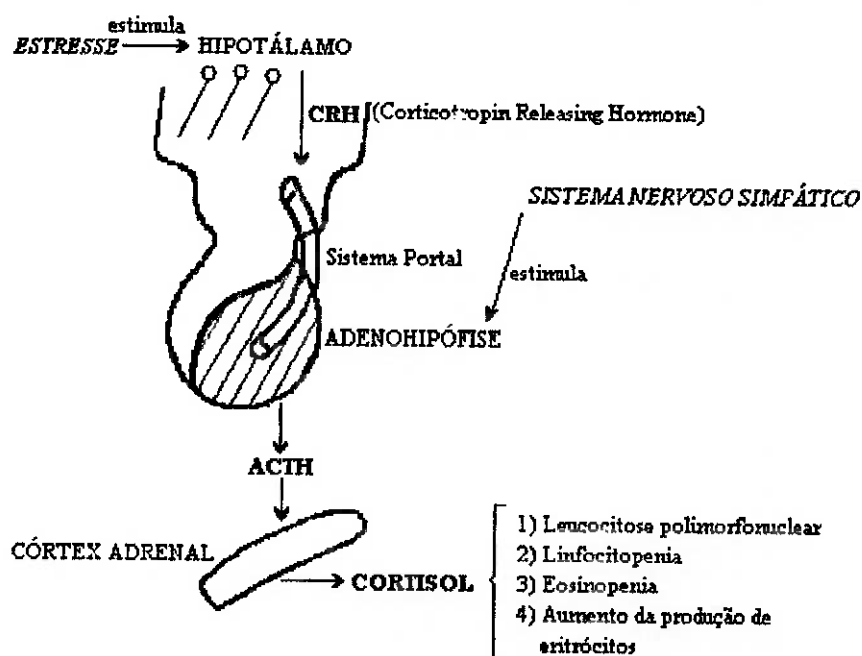


FIGURA Nº 02 - MECANISMOS PRODUTORES DA LIBERAÇÃO DE CORTISOL ESQUEMATICAMENTE REPRESENTADOS.

Com relação aos glóbulos vermelhos, foi visto que têm sua produção aumentada, através da ação dos glicocorticóides e da adrenalina, que estimula a secreção de eritropoietina. A eritropoietina (EPO) é um hormônio glicoproteico secretado pelo rim (90%) e em pequena proporção pelo fígado, cuja função precípua é a de regular a eritropoiese(21, 24, 23, 26). Células eritróides no estágio entre CFU-E e proeritroblastos possuem a maior densidade de receptores para a EPO. A EPO promove a diferenciação eritróide, induzindo uma série de eventos metabólicos como captação de cálcio, internalização do hormônio, aumento na síntese de RNA, captação de glicose e ferro, transcrição dos genes α e β da globina, expressão dos receptores de transferrina e aumento na síntese de proteínas de membrana e hemoglobina(12). Essas mudanças resultam no aumento da produção de reticulócitos e no eventual aumento na massa de células vermelhas(09).

Esse fenômeno foi confirmado com o aumento estatisticamente significativo dos reticulócitos após o vôo, o que reflete, também, uma maior mobilização do pool eritróide de reserva medular.

Em aviação, a ausência de ingesta hídrica durante a missão, o sistema da aeronave de fornecimento de oxigênio sem umidificação e o calor intenso na cabine devidos às vestimentas e ao fato de que a temperatura da cabine pode chegar a mais de 40°C durante o taxiamento com o canopi fechado, aumentam em muitas vezes as perdas hídricas insensíveis. Essa alteração no balanço hídrico do organismo, através da perda de grandes quantidades de suor e de vapor d'água durante a respiração, pode levar a uma hemoconcentração, sobretudo quando acompanhados da restrição da ingesta de água e sal(07, 10, 18).

A hemoglobina mostrou aumento estatisticamente significativo após a missão aérea. No entanto, seria de se esperar um aumento significativo do hematócrito e da hematimetria, dados esses que não se confirmaram no estudo.

Comparando os resultados entre as diferentes missões aéreas e sabendo que cada uma delas possui características próprias, pode-se dizer que altitude não influenciou na variação dos valores hematológicos, principalmente porque o avião fornece oxigênio ao piloto de acordo com a altitude de vôo.

CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que a atividade aérea determina uma variação nos valores hematológicos periféricos, o que evidenciou-se através do aumento estatisticamente significativo dos reticulócitos, da hemoglobina e dos leucócitos totais após a missão aérea. Concluiu-se, também, que não houve alteração estatisticamente significativa desses valores em função das diferentes missões aéreas.

SUMMARY

Twenty-five male military pilots, from the 1^o/4^o GAv, volunteers, healthy, hematologically normal, were studied to their blood cellular response to flight activity.

Venous blood samples were taken before and immediately after flight mission and the following laboratory tests were made: count of red cells, reticulocytes, platelets, total and partial white blood cells and determination of hematocrit and hemoglobin. Statistic analyses showed a significant increase in the leukocyte and reticulocyte counts and in the amount of hemoglobin after flight mission.

The observed alterations are mainly due to physical, physiological and psychological stress characteristics of flight activity. Stress excites specific brain regions: reticular formation, hypothalamus and limbic system. These regions activates the sympathetic nervous system and enhance secretion of ACTH. Effects of hormonal liberation of epinephrine, norepinephrine and glucocorticoids include variations in the number of blood cells, which, associated with other effects on the basal metabolism, can increase human capacity to support all kinds of stress.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ 01. ATHENS, J.W. Granulocytes, Neutrophils. In: LEE, G.R., BITHELL, T.C., FOERSTER, J., ATHENS, J.W., LUKENS, J.N. Wintrobe's Clinical Hematology. 9. ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993. cap. 9, p. 223-266.
- ✓ 02. ATHENS, J.W., RAAB, S.O., HAAB, O.P., MAUER, A.M., ASHENBRUCKER, H., CARTWRIGHT, G.E., WINTROBE, M.M. Leukokinetic Studies. III. The Distribution of Granulocytes in The Blood of Normal Subjects. J Clin Invest. v. 40, p. 159, 1961.
- ✓ 03. ATHENS, J.W., RAAB, S.O., HAAB, O.P., MAUER, A.M., ASHENBRUCKER, H., CARTWRIGHT, G.E., WINTROBE, M.M. Leukokinetic Studies. IV. The Total Blood, Circulating and Marginal Granulocyte Pools and The Granulocyte Turnover Rate in Normal Subjects. J Clin Invest. v. 40, p. 989, 1961.
- ✓ 04. BIERMAN, H.R., KELLY, K.H., KING, F.W.M, PETRAKIS, N.L. The Pulmonary Circulation as a Source of Leukocytes and Platelets in Man. Science. v. 114, p. 276, 1951.
- ✓ 05. BISHOP, C.R., ATHENS, J.W., BOGGS, D.R., WARNER, H.R., CARTWRIGHT, G.E., WINTROBE, M.M. Leukokinetic Studies. XIII. A Non-Steady State Kinetic Evaluation of The Mechanism of Cortisol-Induced Granulocytosis. J Clin Invest. v. 47, p. 249, 1968.
- ✓ 06. BRASIL. Ministério da Aeronáutica. Base Aérea de Fortaleza. Manual de Caça, 1º/4º G Av. s.n.t.
- ✓ 07. CONTRAN, R.S., KULMAR, V., ROBBINS, S.L. Patologia Ambiental. In: _____ Robbins Patologia Estrutural e Funcional. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. cap. 9, p. 415.

- 08. CRESS, C.H., CLARE, F.B., GELLHORN, E. The Effect of Anoxic and Anemic Anoxia on The Leucocyte Count. Am J Physiol. v. 140, p. 299, 1943.
- ✓ 09. DESSYPRIS, E.N. Eritropoiesis. In: LEE, G.R., BITHELL, T.C., FOERSTER, J., ATHENS, J.W., LUKENS, J.N. Wintrobe's Clinical Hematology. 9. ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993. cap. 6, p. 134-157.
- ✓ 10. DISTRIBUIÇÃO dos Fluidos e Trocas entre Compartimentos. In: BROBECK, J.R.(ed). Best of Taylor's - As Bases Fisiológicas da Prática Médica. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1976. cap. 12, p. 535-548.
- 11. EMBRAER. Manual de Voo - Avião AT-26 EMB-326 GB XAVANTE. São José dos Campos: 1992.
- ✓ 12. ERSLEV, A.J. Production of Eritrocytes. In: WILLIAMS, W.J., BEUTLER, E., ERSLEV, A.J., RUNDLES, R.W. Hematology. 2. ed. New York: Mc Graw Hill, 1977. cap. 22, p. 203-215.
- 13. GABRILOVE, J.L., VOLTERRA, M., JACOBS, M.D., SOFFER, L.J. The Effect of The Parenteral Injection of Epinephrin on Leukocyte Counts in Normal Subjects and in Patients with Addison's Disease. Blood. v. 4, p. 646, 1949.
- 14. GOLDE, D.W., CLINE, M.J. Production, Distribution and Fate of Granulocytes. In: WILLIAMS, W.J., BEUTLER, E., ERSLEV, A.J., RUNDLES, R.W. Hematology. 2. ed. New York: Mc Graw Hill, 1977. cap. 79, p. 699-710.
- 15. GUYTON, A.R. Behavioral Functions of The Brain, The Limbic System, Role of Hypothalamus, and Control of Vegetative Functions of The Body. In: ____ Text Book of Medical Physiology. 6. ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1981. cap. 56, p. 699-708.
- 16. GUYTON, A.R. The Autonomic Nervous System; The Adrenal Medula. In: ____ Text Book of Medical Physiology. 6. ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1981. cap. 57, p. 710-721.

- ✓ 17. GUYTON, A.R. The Adrenocortical Hormones. In: ____ Text Book of Medical Physiology. 6. ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1981. cap. 77, p. 944-955.
- ✓ 18. GUYTON, A.R. Partition of The Body Fluids: Osmotic Equilibria Between Extracellular and Intracellular Fluids. In: ____ Text Book of Medical Physiology. 6. ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1981. cap. 33, p. 391-399.
- ✓ 19. LANDSBERG, L., YOUNG, J.B. Physiology and Pharmacology of The Autonomic Nervous System. In: ISSELBACHER, K.J., BRAUNWALD, E., WILSON, J.D., MARTIN, J.B., FAUCI, A.S., KASPER, D.L. Harrison's Principles of Internal Medicine. 13. ed. New York: Mc Graw Hill, 1994. cap. 68, p. 412-419.
- ✓ 20. MOURA, R.A., WADA, C.S., PURCHIO, A., ALMEIDA, T.V. Colheita de Material. In: ____ Técnicas de Laboratório. 3. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 1992. cap. 31, p. 335-341.
- ✓ 21. NECAS, E., NEUWIRT, J. Feedback Regulation by Red Cell Mass of The Sensitivity of The Erythropoietin-producing Organ to Hypoxia. Blood. v. 36, p. 754, 1970.
- ✓ 22. SAMUELS A.J. Primary and Secondary Leucocyte Changes Following The Intramuscular Injection of Epinephrine Hydrochloride. J Clin Invest. v. 30, p. 941, 1951.
- ✓ 23. SCHMIDT, W., SPIELVOGEL, H., ECKARDT, K.U., QUINTELA, A., PENALOZA, R. Effects of Chronic Hypoxia and Exercise on Plasma Erythropoietin in High-Altitude Residents. J Appl Physiol. v. 74, n.4, p. 1874, 1993.
- ✓ 24. SIRI, W.E., VAN DYKE, D.C., WINCHELL, H.C., POLLYCOVE, M., PARKER, H.G., CLEVELAND, A.S. Early Erythropoietin, Blood and Physiological Responses to Severe Hypoxia in Man. J Appl Physiol. v. 27, p. 73, 1966.
- ✓ 25. STEEL, C.M., FRENCH, E.B., AITCHISON, W.R.C. Studies on Adrenaline-induced Leucocytosis in Normal Man. 1. The Role of The Spleen and of The Thoracic Duct. Br J Haematol. v. 21, p. 413, 1971.

26. THORLING, E.B., ERSLEV, A.J. The "Tissue" Tension of Oxygen and Its Relation to Hematocrit and Erythropoiesis. Blood. v. 31, p. 332, 1968.
- 27. UNIFA. Aerodilatação e seus Efeitos Fisiopatológicos. Rio de Janeiro: Centro de Instrução Especializada da Aeronáutica, s.d.(apostila).
 - 28. UNIFA. Atmosfera e Espaço. Rio de Janeiro: Centro de Instrução Especializada da Aeronáutica, s.d.(apostila).
 - 29. UNIFA. Classificação das Acelerações. Rio de Janeiro: Centro de Instrução Especializada da Aeronáutica, s.d.(apostila).
 - 30. UNIFA. Fadiga de Voo. Rio de Janeiro: Centro de Instrução Especializada da Aeronáutica, s.d.(apostila).
 - 31. UNIFA. Falsas Sensações de Equilíbrio em Voo. Rio de Janeiro: Centro de Instrução Especializada da Aeronáutica, s.d.(apostila).
 - 32. UNIFA. Fisiologia da Hipoxia de Altitude. Rio de Janeiro: Centro de Instrução Especializada da Aeronáutica, s.d.(apostila).
 - 33. UNIFA. Meios de Proteção Contra as Acelerações. Rio de Janeiro: Centro de Instrução Especializada da Aeronáutica, s.d.(apostila).
 - 34. UNIFA. Psiquiatria Aplicada à Aviação. Rio de Janeiro: Centro de Instrução Especializada da Aeronáutica, s.d.(apostila).
 - 35. UNIFA. Ruídos em Aviação. Rio de Janeiro: Centro de Instrução Especializada da Aeronáutica, s.d.(apostila).
 - 36. UNIFA. Vibrações. Rio de Janeiro: Centro de Instrução Especializada da Aeronáutica, s.d.(apostila).

37. UNIFA. Você em Vôo. Rio de Janeiro: Centro de Instrução Especializada da Aeronáutica, s.d.(apostila).
38. WILLIAMS, G.H., DLUHY, R.G. Diseases of The Adrenal Cortex. In: ISSELBACHER, K.J., BRAUNWALD, E., WILSON, J.D., MARTIN, J.B., FAUCI, A.S., KASPER, D.L. Harrison's Principles of Internal Medicine. 13. ed. New York: Mc Graw Hill, 1994. cap. 335, p. 1953-1960.