

Universidade do Sul de Santa Catarina

Fatores Humanos e Aspectos de Medicina Aeroespacial

Disciplina na modalidade a distância

UnisulVirtual

A sua universidade a distância

Universidade do Sul de Santa Catarina

Fatores Humanos e Aspectos de Medicina Aeroespacial

Disciplina na modalidade a distância

Palhoça
UnisulVirtual
2011

Créditos

Universidade do Sul de Santa Catarina | Campus UnisulVirtual | Educação Superior a Distância

Avenida dos Lagos, 41 – Cidade Universitária Pedra Branca | Palhoça – SC | 88137-900 | Fone/fax: (48) 3279-1242 e 3279-1271 | E-mail: cursovirtual@unisul.br | Site: www.unisul.br/unisulvirtual

Reitor Ailton Nazareno Soares	Coordenadores Graduação Aloísio José Rodrigues Ana Luísa Mülbert Ana Paula R. Pacheco Artur Beck Neto Bernardino José da Silva Charles Odair Cesconetto da Silva Dilsa Mondardo Diva Marília Flemming Horácio Dutra Mello Itamar Pedro Bevilacqua Jairo Afonso Henkes Janaína Baeta Neves Jorge Alexandre Nogared Cardoso José Carlos da Silva Junior José Gabriel da Silva José Humberto Dias de Toledo Joseane Borges de Miranda Luiz G. Buchmann Figueiredo Marciel Evangelista Catâneo Maria Cristina Schweitzer Veit Maria da Graça Poyer Mauro Faccioni Filho Moacir Fogaça Nélio Herzmann Onei Tadeu Dutra Patrícia Fontanella Roberto lunskovski Rose Clér Estivaleta Beche	Marilene de Fátima Capeleto Patrícia A. Pereira de Carvalho Paulo Lisboa Cordeiro Paulo Mauricio Silveira Bubalo Rosângela Mara Siegel Simone Torres de Oliveira Vanessa Pereira Santos Metzker Vanilda Liordina Heerd	Patrícia de Souza Amorim Poliana Simao Schenon Souza Preto	Gerência de Desenho e Desenvolvimento de Materiais Didáticos Márcia Loch (Gerente)	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Vice-Reitor Sebastião Salésio Heerd				Marketing Estratégico Rafael Bavaresco Bongioio	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Chefe de Gabinete da Reitoria Willian Corrêa Máximo				Portal e Comunicação Catia Melissa Silveira Rodrigues Andréia Drexes Luiz Felipe Buchmann Figueiredo Rafael Pessi	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Pró-Reitor de Ensino e Pró-Reitor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação Mauri Luiz Heerd		Gestão Documental Lamuniê Souza (Coord.) Clair Maria Cardoso Daniel Lucas de Medeiros Jaliza Thizon de Bona Guilherme Henrique Koerich Josiane Leal Marília Locks Fernandes		Desenho Educacional Cristina Klipp de Oliveira (Coord. Grad./DAD) Roseli A. Rocha Moterle (Coord. Pós/Ext.) Aline Cassol Daga Aline Pimentel Carmelita Schulze Daniela Siqueira de Menezes Delma Cristiane Morari Eliete de Oliveira Costa Eloísa Machado Seemann Flavia Lumi Matuzawa Geovania Japiassu Martins Isabel Zoldan da Veiga Rambo João Marcos de Souza Alves Leandro Romanó Bamberg Lygia Pereira Lis Airê Fogolari Luiz Henrique Milani Queriquelli Marcelo Tavares de Souza Campos Mariana Aparecida dos Santos Marina Melhado Gomes da Silva Marina Cabeda Egger Moellwald Mirian Elizabet Hahmeyer Collares Elpo Pâmella Rocha Flores da Silva Rafael da Cunha Lara Roberta de Fátima Martins Roseli Aparecida Rocha Moterle Sabrina Bleicher Verônica Ribas Cúrcio	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins
Pró-Reitora de Administração Acadêmica Miriam de Fátima Bora Rosa		Gerência Administrativa e Financeira Renato André Luz (Gerente) Ana Luise Wehrle Anderson Zandrê Prudêncio Daniel Contessa Lisboa Naiara Jeremias da Rocha Rafael Bourdot Back Thais Helena Bonetti Valmir Venício Inácio		Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Pró-Reitor de Desenvolvimento e Inovação Institucional Valter Alves Schmitz Neto				Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Diretora do Campus Universitário de Tubarão Milene Pacheco Kindermann		Gerência de Ensino, Pesquisa e Extensão Janaína Baeta Neves (Gerente) Aracelli Araldi		Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Diretor do Campus Universitário da Grande Florianópolis Hércules Nunes de Araújo		Elaboração de Projeto Carolina Hoeller da Silva Boing Vanderlei Brasil Francielle Arruda Rampellette		Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Secretária-Geral de Ensino Solange Antunes de Souza	Vice-Coordenadores Graduação Adriana Santos Rammê Bernardino José da Silva Catia Melissa Silveira Rodrigues Horácio Dutra Mello Jardel Mendes Vieira Joel Irineu Lohm José Carlos Noronha de Oliveira José Gabriel da Silva José Humberto Dias de Toledo Luciana Manfroi Rogério Santos da Costa Rosa Beatriz Madruga Pinheiro Sergio Sell Tatiana Lee Marques Valnei Carlos Denardin Sâmia Mônica Fortunato (Adjunta)			Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Diretora do Campus Universitário UnisulVirtual Jucimara Roesler	Coordenadores Pós-Graduação Aloísio José Rodrigues Anelise Leal Vieira Cubas Bernardino José da Silva Carmen Maria Cipriani Pandini Daniela Ernani Monteiro Will Giovani de Paula Karla Leonora Dayse Nunes Leticia Cristina Bizarro Barbosa Luiz Otávio Botelho Lento Roberto lunskovski Rodrigo Nunes Lunardelli Rogério Santos da Costa Thiago Coelho Soares Vera Rejane Niedersberg Schuhmacher			Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Equipe UnisulVirtual	Gerência Administração Acadêmica Angelita Marçal Flores (Gerente) Fernanda Farias			Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Diretor Adjunto Moacir Heerd	Secretaria de Ensino a Distância Samara Josten Flores (Secretaria de Ensino) Giane dos Passos (Secretaria Acadêmica) Adenir Soares Júnior Alessandro Alves da Silva Andréa Luci Mandira Cristina Mara Schaufert Djeime Sammer Bortolotti Douglas Silveira Evilym Melo Livramento Fabiano Silva Michels Fabricio Botelho Espindola Felipe Wronski Henrique Gisele Terezinha Cardoso Ferreira Indyanara Ramos Janaína Conceição Jorge Luiz Vilhar Malaquias Juliana Broering Martins Luana Borges da Silva Luana Tarsila Hellmann Luiza Koning Zumblick Maria José Rossetti	Reconhecimento de Curso Mária de Fátima Martins		Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Secretaria Executiva e Cerimonial Jackson Schuelter Wiggers (Coord.) Marcelo Fraiberg Machado Tenille Catarina		Extensão Mária Cristina Veit (Coord.)		Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Assessoria de Assuntos Internacionais Murilo Matos Mendonça		Pesquisa Daniela E. M. Will (Coord. PUIP, PUI, PIBIC) Mauro Faccioni Filho (Coord. Nuvem)		Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Assessoria de Relação com Poder Público e Forças Armadas Adenir Siqueira Viana Walter Félix Cardoso Junior		Pós-Graduação Anelise Leal Vieira Cubas (Coord.)		Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Assessoria DAD - Disciplinas a Distância Patrícia da Silva Meneghel (Coord.) Carlos Alberto Areias Cláudia Berh V. da Silva Conceição Aparecida Kindermann Luiz Fernando Meneghel Renata Souza de A. Subtil	Gerência Administração Acadêmica Angelita Marçal Flores (Gerente) Fernanda Farias	Biblioteca Saleta Cecília e Souza (Coord.) Paula Sanhudo da Silva Marília Ignácio de Espindola Renan Felipe Cascaes		Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Assessoria de Inovação e Qualidade de EAD Denia Falcão de Bittencourt (Coord.) Andrea Ouriques Balbinot Carmen Maria Cipriani Pandini		Gestão Docente e Discente Enzo de Oliveira Moreira (Coord.)		Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Assessoria de Tecnologia Osmar de Oliveira Braz Júnior (Coord.) Felipe Fernandes Felipe Jacson de Freitas Jefferson Amorim Oliveira Phelipe Luiz Winter da Silva Priscila da Silva Rodrigo Battistotti Pimpão Tamara Bruna Ferreira da Silva	Secretaria de Ensino a Distância Samara Josten Flores (Secretaria de Ensino) Giane dos Passos (Secretaria Acadêmica) Adenir Soares Júnior Alessandro Alves da Silva Andréa Luci Mandira Cristina Mara Schaufert Djeime Sammer Bortolotti Douglas Silveira Evilym Melo Livramento Fabiano Silva Michels Fabricio Botelho Espindola Felipe Wronski Henrique Gisele Terezinha Cardoso Ferreira Indyanara Ramos Janaína Conceição Jorge Luiz Vilhar Malaquias Juliana Broering Martins Luana Borges da Silva Luana Tarsila Hellmann Luiza Koning Zumblick Maria José Rossetti	Capacitação e Assessoria ao Docente Alessandra de Oliveira (Assessoria) Adriana Silveira Alexandre Wagner da Rocha Elaine Cristiane Surian (Capacitação) Elizete De Marco Fabiana Pereira Iris de Souza Barros Juliana Cardoso Esmeraldino Mária Lina Moratelli Prado Simone Ziguonovas		Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Coordenação Cursos		Tutoria e Suporte Anderson da Silveira (Núcleo Comunicação) Claudia N. Nascimento (Núcleo Norte-Nordeste) Mária Eugênia F. Celeghein (Núcleo Pólos) Andreza Talles Cascaes Daniela Cassol Peres Débora Cristina Silveira Ednéia Araújo Alberto (Núcleo Sudeste) Francine Cardoso da Silva Janaína Conceição (Núcleo Sul) Joice de Castro Peres Karla F. Wisniewski Desengrini Kelin Buss Liana Ferreira Luiz Antônio Pires Mária Aparecida Teixeira Mayara de Oliveira Bastos Michael Mattar		Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Coordenadores de UNA Diva Marília Flemming Marciel Evangelista Catâneo Roberto lunskovski				Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	
Auxiliares de Coordenação Ana Denise Goularte de Souza Camile Martinelli Silveira Fabiana Lange Patricio Tânia Regina Goularte Waltemann				Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	Assuntos Jurídicos Bruno Lucion Roso Sheila Cristina Martins	

João Luiz Henrique da Silveira

Fatores Humanos e Aspectos de Medicina Aeroespacial

Livro didático

Design instrucional

Silvana Souza da Cruz Clasen

Palhoça
UnisulVirtual
2011

Copyright © UnisulVirtual 2011

Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida por qualquer meio sem a prévia autorização desta instituição.

Edição – Livro Didático

Professor Conteudista

João Luiz Henrique da Silveira

Design Instrucional

Silvana Souza da Cruz Clasen

ISBN

978-85-7817-242-8

Assistente Acadêmico

Daniela Siqueira de Menezes

Projeto Gráfico e Capa

Equipe UnisulVirtual

Diagramação

Marina Broering Righetto

Ilustração

Edsom Valim

Marina Broering Righetto

Revisão

Letra de Forma

301.1

S59

Silveira, João Luiz Henrique da

Fatores humanos e aspectos de medicina aeroespacial : livro didático / João Luiz Henrique da Silveira ; design instrucional Silvana Souza da Cruz Clasen. – Palhoça : UnisulVirtual, 2011.

151 p. : il. ; 28 cm.

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7817-242-8

1. Psicologia social. 2. Aeronáutica – Medidas de segurança. 3. Desempenho humano. 4. Doenças. 5. Transtornos. 6. Audição (Fisiologia). I. Clasen, Silvana Souza da Cruz. II. Título.

Sumário

Apresentação.....	7
Palavras do professor.....	9
Plano de estudo	11
UNIDADE 1 - O ambiente aéreo e os efeitos no organismo humano	15
UNIDADE 2 - Doenças e transtornos relacionados à atividade aérea	33
UNIDADE 3 - A saúde do aeronavegante	79
UNIDADE 4 - Fatores humanos.....	111
Para concluir o estudo.....	141
Referências	143
Sobre o professor conteudista.....	147
Respostas e comentários das atividades de autoavaliação	149
Biblioteca Virtual.....	151

Apresentação

Este livro didático corresponde à disciplina **Fatores Humanos e Aspectos de Medicina Aeroespacial**.

O material foi elaborado visando a uma aprendizagem autônoma e aborda conteúdos especialmente selecionados e relacionados à sua área de formação. Ao adotar uma linguagem didática e dialógica, objetivamos facilitar seu estudo a distância, proporcionando condições favoráveis às múltiplas interações e a um aprendizado contextualizado e eficaz.

Lembre-se que sua caminhada, nesta disciplina, será acompanhada e monitorada constantemente pelo Sistema Tutorial da UnisulVirtual, por isso a “distância” fica caracterizada somente na modalidade de ensino que você optou para sua formação, pois na relação de aprendizagem professores e instituição estarão sempre conectados com você.

Então, sempre que sentir necessidade entre em contato; você tem à disposição diversas ferramentas e canais de acesso tais como: telefone, e-mail e o Espaço Unisul Virtual de Aprendizagem, que é o canal mais recomendado, pois tudo o que for enviado e recebido fica registrado para seu maior controle e comodidade. Nossa equipe técnica e pedagógica terá o maior prazer em lhe atender, pois sua aprendizagem é o nosso principal objetivo.

Bom estudo e sucesso!

Equipe UnisulVirtual.

Palavras do professor



A possibilidade de voar sempre fascinou o homem.

Incessantemente, o homem buscou maneiras de poder realizar esse sonho vindo a logr -lo, porém, muito cedo nessa saga, o mito de D dalus e  caro se fez realidade. Voar implica em engenhosidade, ciência e coragem. Mas também implica em reconhecer limites e respeitá-los, sob o risco de perda do bem mais valioso: a vida.

Esta disciplina expõe conhecimentos sobre o homem na explora o do meio aéreo. Mais do que um material informativo, você encontrar  nesta disciplina um texto conscientizador, constituindo-se em base para o reconhecimento pelos aeronavegantes de que há riscos e muitos desses riscos são próprios da condi o humana.

Caro(a) aluno(a), seja bem-vindo(a)   disciplina Fatores Humanos e Aspectos de Medicina Aeroespacial, e tenha, desde o início, a visão de aplica o do seu conteúdo em prol da segurança de voo.



Plano de estudo

O plano de estudos visa a orientá-lo no desenvolvimento da disciplina. Ele possui elementos que o ajudarão a conhecer o contexto da disciplina e a organizar o seu tempo de estudos.

O processo de ensino e aprendizagem na UnisulVirtual leva em conta instrumentos que se articulam e se complementam, portanto, a construção de competências se dá sobre a articulação de metodologias e por meio das diversas formas de ação/mediação.

São elementos desse processo:

- o livro didático;
- o Espaço UnisulVirtual de Aprendizagem (EVA);
- as atividades de avaliação (a distância, presenciais e de autoavaliação);
- o Sistema Tutorial.

Ementa

Conhecimento do fator humano, rendimento e limitações humanas. O homem e os efeitos das condições de voo. Fisiologia de voo. A saúde e as condições psicológicas para o voo. Psicologia social. Aspectos neurológicos e psiquiátricos relacionados à aviação. A visão e as ilusões. A audição e o equilíbrio. Análise dos fatores psicossociais e segurança de voo. Fatores que afetam o rendimento. Ambiente físico. O ambiente aeronáutico. Trabalho em equipe. A cabine de comando e a influência da ergonomia. O processo cognitivo e o processo das informações. Comunicação. Gerenciamento do estresse, da fadiga e do sono. Os atendimentos de urgência

e o treinamento fisiológico. Julgamento e tomada de decisão. Situação de risco. Erro humano. Relatórios e investigação do erro humano. Acompanhamento e auditoria. Atuação humana correspondente ao PC, incluídos princípios de gerenciamento de riscos e erros. Avaliação da relação médico *versus* aeronavegante.

Objetivos da disciplina

Geral

Possibilitar aos alunos conhecer as alterações do organismo humano decorrentes da incursão no meio aéreo e de problemas médicos relevantes relacionados a essa incursão, além de orientar sobre aspectos de saúde biopsicossocial dos aeronavegantes, com a finalidade de promover o aumento do nível de segurança das atividades aéreas.

Específicos

- Apresentar as limitações biológicas e as repercussões no organismo humano decorrentes da exploração no meio aéreo.
- Apresentar os problemas médicos comuns relacionados à atividade aérea.
- Explorar as condições relacionadas ao trabalho do aeronavegante.
- Identificar os fatores físicos, sociais, organizacionais e humanos na prevenção e na investigação de acidentes aeronáuticos.

Carga horária

A carga horária total da disciplina é 60 horas-aula.

Conteúdo programático/objetivos

Veja, a seguir, as unidades que compõem o livro didático desta disciplina e os seus respectivos objetivos. Estes se referem aos resultados que você deverá alcançar ao final de uma etapa de estudo. Os objetivos de cada unidade definem o conjunto de conhecimentos que você deverá possuir para o desenvolvimento de habilidades e competências necessárias à sua formação.

Unidades de estudo: 4

Unidade 1 - O ambiente aéreo e os efeitos no organismo humano

Esta unidade é dedicada ao estudo da atmosfera, do comportamento dos gases, dos efeitos da variação de pressão sobre o corpo humano e adaptação do organismo à altitude.

Unidade 2 - Doenças e transtornos relacionados à atividade aérea

Esta unidade aborda os seguintes tópicos: mecanismos de ocorrência e efeitos da exposição à hipóxia, hiperventilação, disbarismos, doença descompressiva, forças acelerativas, desorientação espacial e cinetose.

Unidade 3 - A saúde do aeronavegante

A unidade em questão trata de assuntos como estresse, fadiga e outras condições relacionadas ao trabalho e da repercussão na saúde e no desempenho do aeronavegante.


Unidade 4 - Fatores Humanos

Esta última unidade introduz conceitos sobre fatores humanos e da abordagem sob essa ótica de temas associados à prevenção de incidentes e acidentes.



Agenda de atividades/Cronograma

- Verifique com atenção o EVA, organize-se para acessar periodicamente a sala da disciplina. O sucesso nos seus estudos depende da priorização do tempo para a leitura, da realização de análises e sínteses do conteúdo e da interação com os seus colegas e professor.
- Não perca os prazos das atividades. Registre no espaço a seguir as datas com base no cronograma da disciplina disponibilizado no EVA.
- Use o quadro para agendar e programar as atividades relativas ao desenvolvimento da disciplina.

Atividades obrigatórias	
Demais atividades (registro pessoal)	

UNIDADE 1

1

O ambiente aéreo e os efeitos no organismo humano



Objetivos de aprendizagem

- Conhecer a composição da atmosfera.
- Entender as leis físicas dos gases.
- Compreender os efeitos decorrentes da variação da pressão dos gases relacionadas à altitude no organismo humano.
- Reconhecer os mecanismos de compensação do organismo humano.



Seções de estudo

Seção 1 A atmosfera

Seção 2 Leis dos gases

Seção 3 Efeitos da variação da pressão dos gases no organismo humano

Seção 4 Mecanismos de compensação aguda do organismo humano



Para início de estudo

Caro(a) aluno(a), você está iniciando o estudo dos fatores humanos e os aspectos médicos relacionados ao voo.

Um primeiro ponto a ser considerado é que o ser humano é uma espécie que durante sua evolução cursou um processo de seleção natural para ter seu hábitat em altitudes menores do que as alcançadas durante o voo. Dessa forma, o ambiente aéreo é um novo meio a ser explorado por um organismo que não foi adaptado a ele. A fim de se manter vivo, esse organismo compensa a sua desadaptação utilizando-se de alterações de seu funcionamento biológico normal ou de recursos tecnológicos.

Nesta unidade estudaremos as características desse ambiente, as leis que determinam o comportamento dos gases e os efeitos das variações de pressão dos gases sobre o organismo humano.

Seção 1 – A atmosfera

A Atmosfera é a camada de moléculas de gases que envolve a Terra. Sem essa camada, não haveria vida em nosso planeta conforme conhecemos. Ela existe pela ação da força da gravidade e, por essa razão, a quantidade de moléculas de gases é maior em seus estratos mais internos, próximos da superfície.

Embora a quantidade de moléculas se altere com altitude de maneira inversamente proporcional (maior altitude, menor quantidade), sua composição (distribuição entre os tipos de moléculas) é relativamente constante, obedecendo à relação de 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 1% de outros gases (argônio, dióxido de carbono, vapor de água, entre outros). O nitrogênio, gás mais abundante, embora inerte, ou seja, não participa das reações químicas essenciais à vida, é relevante do

ponto de vista da medicina de aviação, pois é o gás responsável pelos quadros de doença descompressiva.

O oxigênio é de suma importância à vida, pois ele é utilizado no processo de produção de energia pelas células, que são as estruturas básicas dos seres vivos. Sem oxigênio, portanto, não existiria vida conforme a conhecemos no nosso planeta.

A atmosfera divide-se nas seguintes camadas:

- **Troposfera:** camada mais interna, próxima à superfície e se eleva até aproximadamente 12 km, sendo mais espessa no equador e mais fina nos pólos. É sua característica conter vapor de água na sua constituição. Nela ocorrem os fenômenos meteorológicos. Sua temperatura diminui em média dois graus Celsius para cada 1.000 pés de elevação, até $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$, faixa conhecida como tropopausa, limite com a camada superior, a estratosfera.
- **Estratosfera:** camada imediatamente superior à troposfera. Devido à característica de estabilidade climática, é utilizada pela aviação de jatos comerciais de grande porte. Apresenta uma subcamada entre 15 km e 35 km, denominada Ozonosfera, que contém 90% de todo ozônio do planeta. As moléculas de ozônio bloqueiam os raios ultravioletas solares e protegem a superfície da Terra dos efeitos dessa radiação. A temperatura inicialmente estável nas camadas internas se eleva a partir dessa sub-região.
- **Mesosfera:** camada entre 50 e 80 km na qual a temperatura volta a diminuir até $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ na porção mais externa.
- **Termosfera:** Camada de espessura variável de acordo com a atividade solar entre 350 km a 700 km. A temperatura se eleva e chega a atingir $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- **Exosfera, ou camada exterior:** camada mais externa constituída por moléculas esparsas, com características semelhantes ao espaço.

A mesosfera e a termosfera são formadas por moléculas ionizadas pela radiação solar. Por essa razão, elas podem ser agrupadas e chamadas em conjunto de Ionosfera. A presença de moléculas eletricamente ativas nessa faixa tem importância prática, pois permite seu uso na transmissão de ondas de radiocomunicação.

O número de moléculas gasosas e a pressão parcial de cada gás diminuem com a elevação da altitude. Quanto mais alto, menos moléculas no ar atmosférico, embora a distribuição da composição dos gases pouco se altere (78% nitrogênio e 21% oxigênio).

Para o estudo da fisiologia de voo, é interessante dividir a atmosfera em quatro zonas:

Pés (abreviatura ft) é uma unidade de medida muito usada na aviação. Um pé corresponde a 0,3048 m. Como regra prática, converte-se 1.000 pés em 300 metros.

- **Zona indiferente:** do nível do mar a 6.600 pés. O organismo humano em suas condições normais tolera bem e não altera sua fisiologia diante da redução do oxigênio disponível na atmosfera decorrente da elevação da altitude nessa faixa.
- **Zona de compensação total:** de 6.600 pés a 10.000 pés. O organismo humano em condições normais é capaz de usar mecanismos de compensação para manter seu funcionamento de forma eficiente e duradoura diante da redução do oxigênio secundária à elevação da altitude (hipóxia hipoxêmica). Essa compensação ocorre basicamente por reajuste dos sistemas circulatório e pulmonar.
- **Zona de compensação parcial:** de 10.000 pés a 25.000 pés. O organismo humano utiliza os mecanismos de compensação diante da redução do oxigênio, porém essa compensação é parcial e temporária. O desempenho do organismo apresenta graus de deficiência de maneira proporcional à elevação da altitude, podendo cursar com falência com o passar do tempo de exposição. O uso de suplementação de oxigênio em ambientes com as pressões de gases correspondentes a essa faixa é necessário.
- **Zona crítica:** acima de 25.000 pés. O organismo humano entra em colapso em pouco tempo, podendo advir inclusive o óbito, caso oxigênio suplementar não seja prontamente administrado.

Um conceito importante em relação à exposição ao ambiente hipóxico é o Tempo Útil de Consciência (TUC), ou Tempo de Efetivo Desempenho (TED).



TUC, ou TED, refere-se ao tempo médio em que o indivíduo exposto a uma condição de baixa pressão de oxigênio na atmosfera mantém a capacidade de tomar as medidas necessárias para correção da situação, porque, caso não o faça, perderá a consciência. Ele é inversamente proporcional à altitude de exposição. Em condições de pressões equivalentes a 25.000 pés, o indivíduo tem em média 120 segundos de consciência útil. A 35.000 pés esse tempo é de 30 segundos. Caso ocorra atividade motora, esse tempo é ainda menor.

Há ainda dois marcos de altitude, chamados equivalentes atmosféricos, relacionados à fisiologia de voo:

- O primeiro deles é a altitude em que o uso de oxigênio a 100% não é mais suficiente para baixar a hipóxia, sendo necessária a administração de pressão. Essa altitude situa-se em torno de 39.000 pés.
- O segundo é a altitude em que a água do corpo sob a pressão correspondente entra em ebulição a 37 °C, determinando a necessidade imprescindível do uso de trajes pressurizados na exploração do meio aeroespacial. Esse marco situa-se entre 62.000 e 63.500 pés.

Vimos características da atmosfera e marcos de altitudes importantes para a fisiologia de voo. Em seguida, estudaremos como os gases que compõem a atmosfera se comportam com as variações de altitude.

Seção 2 – Leis dos gases

Conforme estudado, a atmosfera é composta por gases. Esses gases apresentam seu comportamento determinado por leis da Física. A compreensão dessas leis facilita o estudo das repercussões das variações das pressões dos gases no organismo humano na exploração do ambiente aéreo.

A atmosfera é mantida pela gravidade, portanto a presença de moléculas gasosas por unidade de volume é maior em seus estratos inferiores, diminuindo progressivamente com a elevação da altitude. A quantidade de moléculas de um gás em uma unidade de volume a uma determinada temperatura determina sua pressão. A medida da pressão exercida por essas moléculas gasosas pode ser medida com um equipamento chamado barômetro e expressada em unidade de milímetro de mercúrio (mmHg). Ao nível do mar, a pressão barométrica é 763 mmHg (1 atm). Essa pressão se reduz com o aumento gradual da altitude de forma exponencial.

Você verá no quadro seguinte algumas leis da física de interesse do ponto de vista da fisiologia de voo.

Lei	Enunciado	Implicações
Lei da difusão gasosa	Todo gás, de forma independente em uma mistura, se difunde de uma área de maior pressão para uma área de menor pressão, até o equilíbrio delas.	Todas as trocas gasosas a nível pulmonar (alveolar) e celular ocorrem por gradiente de pressão. Quando menor o gradiente, menor é a troca.
Lei de Dalton	Em uma mistura de gases, a pressão total equivale à soma das pressões parciais de cada um dos gases que forma a mistura.	Uma vez constante a proporção dos gases, a pressão parcial de cada um dos gases que compõe a atmosfera diminui com a altitude porque a pressão da mistura diminui. No caso do oxigênio, essa redução pode levar a fenômenos de hipóxia (fornecimento insuficiente de oxigênio ao organismo).
Lei de Boyle-Mariotte	O volume ocupado por um gás é inversamente proporcional à pressão desse gás, para uma temperatura constante.	O volume gasoso presente em cavidades do organismo (ouvido médio, seios paranasais, trato gastrointestinal, outras cavidades formadas) se expande com a elevação e se retrai com a redução da altitude. Os disbarismos são explicados fisicamente por essa lei.
Lei de Henry	A quantidade de gás dissolvido em uma fase líquida é diretamente proporcional à pressão parcial desse gás sobre a fase líquida.	Uma pequena parte dos principais gases da atmosfera, nitrogênio e oxigênio, se encontra dissolvido no sangue. Sob circunstâncias de redução de pressão parcial, pode ocorrer formação de bolhas gasosas nos vasos sanguíneos e nos tecidos, causando a doença descompressiva.

Quadro 1.1 - Comportamento dos gases e suas implicações na atividade aérea.

Fonte: Elaborado pelo autor (2011).

Grande parte da influência da altitude no organismo humano é devido à alteração das pressões dos gases, conforme abordaremos nos textos subsequentes.

Seção 3 – Efeitos da variação da pressão dos gases no organismo humano

Os principais efeitos da altitude no organismo humano são decorrentes da alteração da pressão dos gases na atmosfera. Quanto mais alto, menor é a pressão barométrica. Nesta seção você estudará como essas variações de pressão afetam o organismo.

Os efeitos se devem a três mecanismos básicos.

O primeiro mecanismo é por redução do gradiente de pressão para troca do oxigênio. O oxigênio é uma molécula imprescindível à vida, pois é necessário às reações químicas de produção de energia pelas células.



Células são as estruturas básicas dos organismos. Os organismos multicelulares são formados por várias células, sendo que elas podem se especializar para uma determinada função. Nas células ocorre a respiração celular, processo em que oxigênio e glicose são convertidos em dióxido de carbono e água para a produção de energia, indispensável à manutenção da vida.

Para que o oxigênio seja utilizado, ele precisa ser disponibilizado às células. Para isso, ele é extraído da atmosfera e transportado até as células por meio dos sistemas respiratório e circulatório.



O aparelho respiratório tem a função de captar oxigênio e eliminar o dióxido de carbono. É constituído por vias de condução do ar: nariz, faringe, laringe, brônquios e bronquíolos e por unidades de troca gasosa: alvéolos.

As estruturas das vias de condução têm a função de preparar o ar (aquecer, umidificar, retirar partículas de sujeiras) para as verdadeiras unidades funcionais, os alvéolos. Os alvéolos são estruturas saculares preenchidos de ar e separados de vasos da corrente sanguínea por uma fina membrana que permite a troca de moléculas gasosas através dela.

O aparelho respiratório utiliza músculos, diafragma e intercostais, para gerar pressão negativa na caixa torácica no intuito de levar o ar até os alvéolos.

Conforme a lei da difusão gasosa, as moléculas de um gás tendem a se equilibrar e mover da área de maior pressão para a área de menor pressão.

A pressão barométrica ao nível do mar é 760 mmHg e pressão parcial de O_2 é 160 mmHg. Devido à presença principalmente de vapor de água e gás carbônico, a pressão parcial de O_2 no ar alveolar é 109 mmHg. Normalmente a pressão de O_2 no sangue venoso que chega ao alvéolo é aproximadamente 44 mmHg. Isso permite um gradiente em torno de 65 mmHg. Quanto maior o gradiente, mais fácil é a troca.



E o que acontece com o organismo ao ir a uma altitude mais elevada em relação à troca gasosa nos alvéolos?

Conforme você estudou, ao atingir uma altitude mais elevada, a pressão barométrica diminui.

A uma altitude de 9.000 pés, a pressão barométrica é 523 mmHg e a pressão parcial de oxigênio na atmosfera é 109 mmHg. A pressão de O_2 no ar alveolar é 61 mmHg e a pressão de O_2 no sangue venoso se mantém em torno de 40 mmHg. O gradiente

se reduz para 21 mmHg, com repercussão negativa na capacidade da troca e redução da oferta de oxigênio às células (hipóxia).

Tabela 1.1 - Valores de pressão atmosférica, pressões parciais de oxigênio e gradiente de troca alveolar

	Nível do mar	9.000 pés
Pressão atmosférica	760	523 mmHg
Pressão parcial de O ₂ na atmosfera	160	109 mmHg
Pressão parcial de O ₂ no ar alveolar (PAIvO ₂)	109	61 mmHg
Pressão parcial de O ₂ no sangue venoso (PvO ₂)	44	40 mmHg
Gradiente (PAIvO ₂ – PvO ₂)	65	21 mmHg

Fonte: Elaborado pelo autor (2011).

Esse fenômeno de trocas gasosas nos alvéolos, isto é, a captação do oxigênio e a eliminação do CO₂, é denominado **Hematose**. Em relação ao oxigênio, faz-se necessário um gradiente de pelo menos 20 mmHg para a sua realização efetiva.

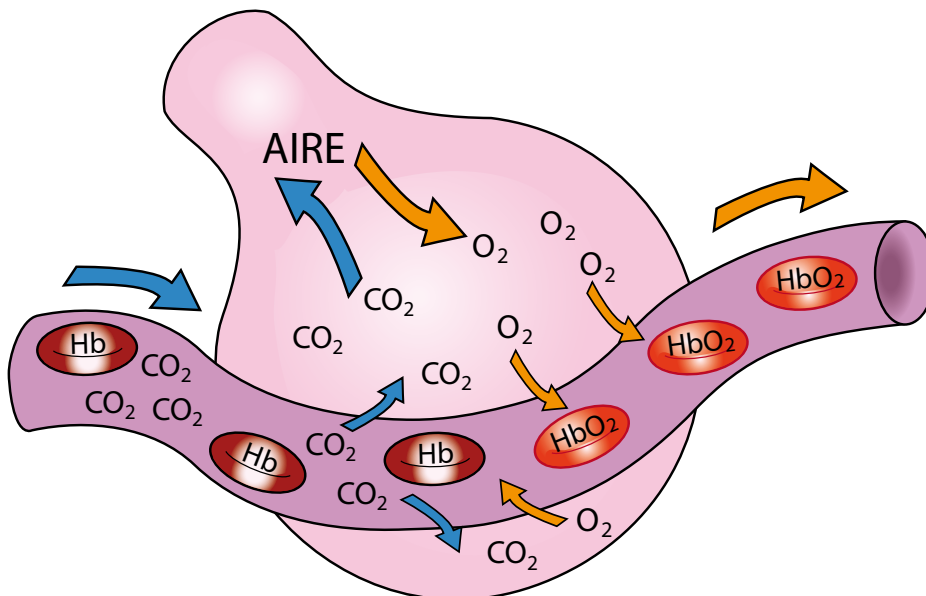


Figura 1.1 - Hematose pulmonar
Fonte: Adaptado de Laboratório Pedagógico (2009).

Um segundo mecanismo ocorre em virtude da expansão e retração dos gases contidos em cavidades do organismo.

A expansão e a retração obedecem à Lei de Boyle-Mariotte. Um determinado volume de gás no nível do mar, mantida em temperatura constante, dobra seu volume a 18.000 pés, triplica a 25.000 pés e quadriplica a 33.000 pés.

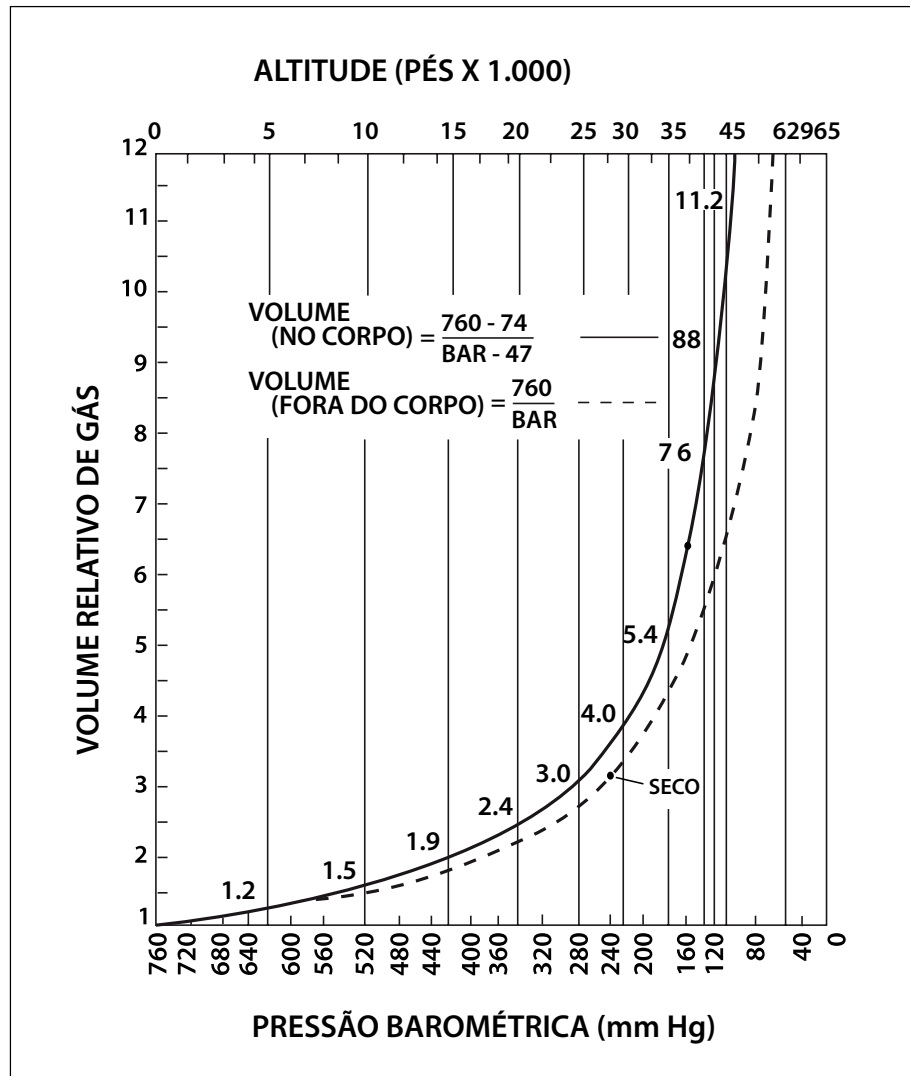


Gráfico 1.1 - Relação pressão barométrica e volume correspondente
 Fonte: Adaptado de Departments of the Air Force, the Army, the Navy and Transportation (1986).

Em condições normais, o organismo possui ar em alguns órgãos: estômago, intestino, ouvido médio e seios paranasais. Em algumas condições patológicas, pode ocorrer presença de gás em outros lugares (exemplo, dentes cariados).



De qualquer forma, o gás vai aumentar seu volume com o ascenso e se reduzir com o descenso, podendo levar a transtornos ao corpo chamados disbarismos.

O **terceiro mecanismo** tem relação com a Lei de Henry. O sangue é uma fase líquida e contém nitrogênio e uma pequena fração de oxigênio dissolvidos. Ao reduzir a pressão, a solubilidade do gás na fase líquida também se reduz e pode ocorrer a formação de bolhas na corrente sanguínea e nos tecidos corporais, causando quadros de doença descompressiva.

Seção 4 – Mecanismos de compensação aguda do organismo humano

A partir de 6.600 pés, o organismo humano sofre as consequências da redução de oferta de oxigênio na atmosfera. O corpo compensa essa redução alterando seu funcionamento basal. São essas alterações que você estudará nesta seção.



Para a manutenção da vida e o funcionamento do organismo, é imprescindível a oferta de oxigênio às células dos tecidos vivos.

Passaremos a descrever a sequência de etapas do oxigênio no organismo, da captação do oxigênio até sua utilização no interior da célula.

O processo de respiração é normalmente involuntário. Isso ocorre porque o corpo possui sensores que deflagram esse ato. Há dois tipos de sensores: os que captam a concentração sanguínea de oxigênio e os que captam a concentração sanguínea de dióxido de carbono ou gás carbônico.

Uma vez percebida a baixa concentração de oxigênio ou uma alta concentração de gás carbônico, uma contração da musculatura da caixa torácica é comandada. Esses músculos agem sobre a caixa torácica que funciona tal como um fole e gera pressão negativa, promovendo a entrada do ar nas vias aéreas. Ao percorrer o trajeto até os alvéolos, esse ar é aquecido, umidificado e filtrado. Chegando à estrutura alveolar, as moléculas gasosas ficam em situação de troca gasosa com as moléculas que circulam pelos pequenos vasos de sangue, os capilares pulmonares, que envolvem os alvéolos. O sangue desses vasos apresenta baixa concentração de oxigênio e alta concentração de gás carbônico. Por difusão, as moléculas de oxigênio se difundem para o sangue e as de gás carbônico para o alvéolo. As moléculas de gás carbônico são expiradas pelo retorno passivo da caixa torácica promovido pelo relaxamento da musculatura respiratória. As moléculas de oxigênio, ao passarem para o sangue, apresentam um novo problema: a solubilidade do oxigênio na fase líquida é baixa.

Esse problema foi contornado dentro da evolução dos seres vivos com a presença de moléculas transportadoras de oxigênio. No ser humano, essa molécula com alta afinidade pelo oxigênio se chama hemoglobina e fica contida no interior das **hemácias**.

Hemácias são células especializadas para o transporte de oxigênio. Para tal, elas não possuem núcleos e são ricas em hemoglobina. Existem em média de 4,5 a 6 milhões de hemácias por mililitro de sangue.



Figura 1.2 - Hemácias
Fonte: Blood 4 (2008).

Dessa forma, uma quantidade grande de oxigênio pode ser levada aos tecidos e às células através da circulação do sangue.



E como se dá a circulação do sangue?

Voltemos à molécula de oxigênio já ligada à hemoglobina no interior da hemácia. A partir do capilar pulmonar, ela é conduzida pelas veias pulmonares às câmaras esquerdas do coração, inicialmente passando pelo átrio esquerdo e posteriormente ao ventrículo esquerdo. Por meio da contração ventricular, ele é ejetado pela aorta e distribuído às demais artérias. Essas artérias se bifurcam em vasos cada vez menores até formarem novas redes de capilares nos tecidos.

Em virtude do fluxo lento, de presença de gradiente de difusão e de deformidade da hemácia, o oxigênio é dissociado da hemoglobina e captado pelas células teciduais para ser usado nas reações químicas para produção de energia.

O oxigênio e a glicose têm suas ligações químicas quebradas e formam-se dióxido de carbono (CO_2) e água (H_2O). O dióxido de carbono tem uma particularidade interessante em relação a sua solubilidade na fase líquida. Ele reage prontamente com a água e converte-se nos íons hidrogênio e bicarbonato, solúveis no sangue. Nessa forma dissociada, o CO_2 é carregado no sangue venoso por veias até as câmaras direitas do coração, inicialmente ao átrio direito e posteriormente ao ventrículo direito, sendo bombeado pelo ventrículo ao pulmão para uma nova hematose nos alvéolos.

Observe que até esse ponto falamos do funcionamento do aparelho respiratório e do aparelho circulatório, isto é, de sua **fisiologia**.

Fisiologia: do grego physis, natureza e logos, conhecimento. É a ciência que estuda as funções dos sistemas dos seres vivos multicelulares.



O que acontece com a exposição à altitude?

De acordo com o que está sendo reforçado desde o início do estudo, com o aumento da altitude há menos moléculas de gases por unidade de volume (pressão). Você viu também que o oxigênio é indispensável às células, e o organismo pode compensar até determinado nível a redução da disponibilidade de oxigênio. Para tal, ele aumenta a circulação de ar pelo pulmão através do aumento da Ventilação Pulmonar (VP), seja pelo aumento da frequência respiratória (FR) ou pelo aumento do Volume Corrente da cada incursão respiratória (VC), de acordo com a equação a seguir.

$$VP = FR \times VC$$

Associado a essa ação do aparelho respiratório, o corpo também aumenta o fluxo de sangue, a fim de aumentar as trocas gasosas tanto nos capilares alveolares como nos capilares tissulares.

A quantidade de sangue que circula por minuto no corpo é denominada Débito Cardíaco (DC) e obedece à fórmula:

$$DC = VS \times FC$$

Onde VS é volume sistólico (quantidade de sangue ejetado do coração em cada contração cardíaca) e FC é frequência cardíaca (número de contrações cardíacas por minuto).

Sendo o VS pouco alterado, as alterações do débito cardíaco são dependentes das alterações de FC.



De maneira resumida, o organismo aumenta a respiração a fim de obter mais oxigênio da atmosfera, e aumenta o fluxo de sangue a fim de levar mais rapidamente o oxigênio até os tecidos.

Cabe mencionar as condições que interferem nessa adaptação a altitude. Qualquer patologia que limite a capacidade pulmonar (doença pulmonar obstrutiva crônica, asma em atividade, doenças fibrosantes etc.), cardíaca (insuficiência cardíaca, coronariopatia,

valvulopatia, miocardites etc.) ou de transporte do oxigênio (anemia, hemoglobinopatias, intoxicações por monóxido de carbono, dentre outros) reduz a tolerância de exposição à altitude, sendo que até mesmo altitudes inferiores a 6.600 pés podem ser não toleradas.

A pressurização da cabine normalmente é ajustada para uma altitude entre 6.000 a 8.000 pés. Portanto, mesmo com a pressurização, pessoas com os problemas supracitados podem ser incapazes de tolerar essa redução do oxigênio no ambiente de cabine, podendo ser necessário o uso de oxigênio suplementar para que elas suportem a altitude de voo.

Você agora tomou conhecimento que o ambiente aéreo é distinto do ambiente terrestre e que a incursão do homem nesse meio não é isenta de alterações do seu funcionamento físico possuindo limitações que devem ser respeitadas em prol da saúde e da segurança da atividade.



Síntese

Nesta unidade você estudou a composição da atmosfera e entendeu a relação entre altitude, pressões barométricas e volume: quanto mais alto, menor pressão barométrica e maior volume.

Também aprendeu os efeitos das variações de pressão no organismo relacionadas à redução do gradiente de troca do oxigênio, à expansão/redução volumétrica com o ascenso/descenso e à diminuição da solubilidade do nitrogênio no sangue e nos tecidos em condições hipobáricas.

Por último, descreveu-se de maneira sumária o funcionamento do sistema respiratório e do sistema circulatório e seus mecanismos de compensação aguda através do incremento da ventilação pulmonar e do débito cardíaco em altitudes com ar pobre em oxigênio.



Atividades de autoavaliação

Ao final de cada unidade, você realizará atividades de autoavaliação. O gabarito está disponível no final do livro didático. Mas esforce-se para resolver as atividades sem ajuda do gabarito, pois assim você estará promovendo (estimulando) a sua aprendizagem.

1) Dentro dos seus conhecimentos das leis dos gases, correlacione as duas colunas:

- | | |
|---------------------------|---|
| (1) Lei da difusão gasosa | () O volume ocupado por um gás é inversamente proporcional à pressão desse gás, para uma temperatura constante. |
| (2) Lei de Dalton | () A quantidade de gás dissolvido em uma fase líquida é diretamente proporcional à pressão parcial desse gás sobre a fase líquida. |
| (3) Lei de Boyle | () Todo gás, de forma independente em uma mistura, se difunde de uma área de maior pressão para uma área de menor pressão, até o equilíbrio delas. |
| (4) Lei de Henry | () Em uma mistura de gases, a pressão total equivale à soma das pressões parciais de cada um dos gases que forma a mistura. |

2) Com base no que você estudou nesta unidade, responda: por que e de que forma o organismo humano compensa os efeitos da altitude?

3) Diante do que você estudou, responda aos seguintes questionamentos: existem indivíduos que vivem em altitudes muito altas, acima de 10.000 pés? Como eles a toleram?



Saiba mais

Se você desejar, aprofunde os conteúdos estudados nesta unidade ao consultar a seguinte referência:

GUYTON, Arthur C.; HALL, Jonh E. **Textbook of medical physiology**. 11. ed. Rio de Janeiro: Elseveir, 2006.

Essa obra é um livro-texto clássico de fisiologia humana com uma unidade dedicada ao estudo da fisiologia na altitude e no mergulho.

UNIDADE 2

Doenças e transtornos relacionados à atividade aérea

2



Objetivos de aprendizagem

- Caracterizar os mecanismos da ocorrência de hipóxia e da hiperventilação.
- Entender os disbarismos e aplicar as medidas preventivas e corretivas.
- Conhecer as situações de riscos para doença descompressiva e os mecanismos de injúria aos quais o organismo é exposto na descompressão rápida.
- Identificar os efeitos das forças acelerativas sobre o corpo humano.



Seções de estudo

Seção 1 Hipóxia e Hiperventilação

Seção 2 Disbarismos

Seção 3 Doença descompressiva e descompressão rápida

Seção 4 Forças acelerativas

Seção 5 Desorientação espacial



Para início de estudo

Nesta unidade, você estudará temas específicos relacionados à repercussão da exploração do ambiente aéreo sobre o corpo humano. O conhecimento desses temas é muito importante, pois estão ligados à saúde individual e à segurança da atividade aérea como um todo.

Seção 1 – Hipóxia e hiperventilação

A hipóxia e a hiperventilação, embora sejam dois assuntos diferentes, na prática são abordados em conjunto, pois a apresentação desses dois quadros são semelhantes e podem ser confundidas. Ao final desta seção, um dos objetivos a ser alcançado é discriminar os mecanismos de ocorrência de ambas as situações e determinar as ações corretivas a cada uma delas.

Hipóxia

Hipóxia pode ser conceituada como déficit de oxigênio (O_2) para a produção de energia pela célula.

Os mecanismos da ocorrência de hipóxia são múltiplos. Os quatro principais são:

- **Hipóxia hipoxêmica:** há uma diminuição da pressão parcial de O_2 no ar atmosférico proporcional à elevação da altitude, determinando uma redução do gradiente de troca alveolar. É o mecanismo mais frequente e esperado durante voos em aeronaves não pressurizadas.

- **Hipóxia por hipofluxo, ou estagnante:** há uma restrição ao fluxo de sangue aos tecidos, por obstrução das artérias ou do retorno venoso, por falha da bomba cardíaca ou pela ação de forças dinâmicas (G_z positivas) sobre a coluna de sangue.
- **Hipóxia hipémica:** apesar da disponibilidade de oxigênio e do fluxo de sangue preservado, há insuficiência ou incapacidade no transporte do O_2 decorrente da redução do número de hemácias, ou do teor de hemoglobina, ou ainda da presença de outra molécula que impeça a ligação do O_2 à hemoglobina. O monóxido de carbono (CO), encontrado na fumaça da queima de combustíveis orgânicos, é uma molécula com afinidade 250 vezes maior pela hemoglobina. A intoxicação por inalação do CO pode determinar quadros graves de hipóxia de difícil reversão.
- **Hipóxia histotóxica:** há um bloqueio na utilização do O_2 pela célula determinado pela presença de substâncias tóxicas. Álcool e cianeto provocam hipóxia por esse mecanismo.

Sabemos que o oxigênio é indispensável à manutenção da vida e ao funcionamento das células. Um dado a ser introduzido nesse ponto é que as células têm necessidades diferentes de oxigênio, sendo que as células mais sensíveis ao déficit de oxigênio são as células da retina e os neurônios do sistema nervoso central.



Sendo as células da retina e os neurônios do sistema nervoso central muito dependentes de oxigênio, as situações de exposição à hipóxia apresentam um fator de risco especial para consequências adversas uma vez que afetam precocemente a visão e o cérebro. A primeira é o principal órgão do sistema de orientação humano e o segundo é o órgão cognitivo responsável pelo processamento de informações, julgamento e tomada de decisão.

Além do exposto, a hipóxia possui a característica de acarretar prejuízo funcional insidiosamente, que leva ao perigo relevante da ocorrência de incapacidades progressivas não percebidas pelo indivíduo.

Cada sujeito tem seus sintomas de hipóxia. Os sintomas se apresentam de forma diferente em cada pessoa, mas as sensações experimentadas pelo indivíduo em sua primeira exposição ao ambiente hipóxico serão as mesmas em exposições posteriores. Por esse fato, o treinamento de aeronavegantes em **câmara hipobárica** é justificável e desejável: cada aeronavegante tem a oportunidade de conhecer seus sintomas de hipóxia em um ambiente controlado.

Câmara com capacidade de despressurização, simulando as condições da elevação da altitude, tal como um voo em aeronave não pressurizada. Uma dessas câmaras está instalada no Instituto de Medicina Aeroespacial (IMAE), localizado no município do Rio de Janeiro.



Na condição de hipóxia, a dor, que é uma sensação extremamente comum de alerta ao corpo associado a risco de lesão, é praticamente ausente.

A gravidade dos efeitos da hipóxia é influenciada por vários fatores. O principal deles é a altitude, por ter relação inversamente proporcional com a pressão parcial de oxigênio no ar atmosférico.

Uma pergunta frequente no estudo de hipóxia é por que é tão diferente subir de 9000 para 10.000 pés e subir de 10.000 pés para 11.000 pés. Você saberia responder?

A resposta se encontra na curva de saturação de oxigênio da hemoglobina. Ao prestar atenção, percebe-se que a partir de valores de pressão parcial de oxigênio arterial (PaO_2) em torno de 60 mmHg ocorre um ponto de inflexão que determina que pequenas reduções da PaO_2 correspondam à queda importante da saturação de oxigênio. É possível correlacionar esses valores e altitudes próximas a 10.000 pés.

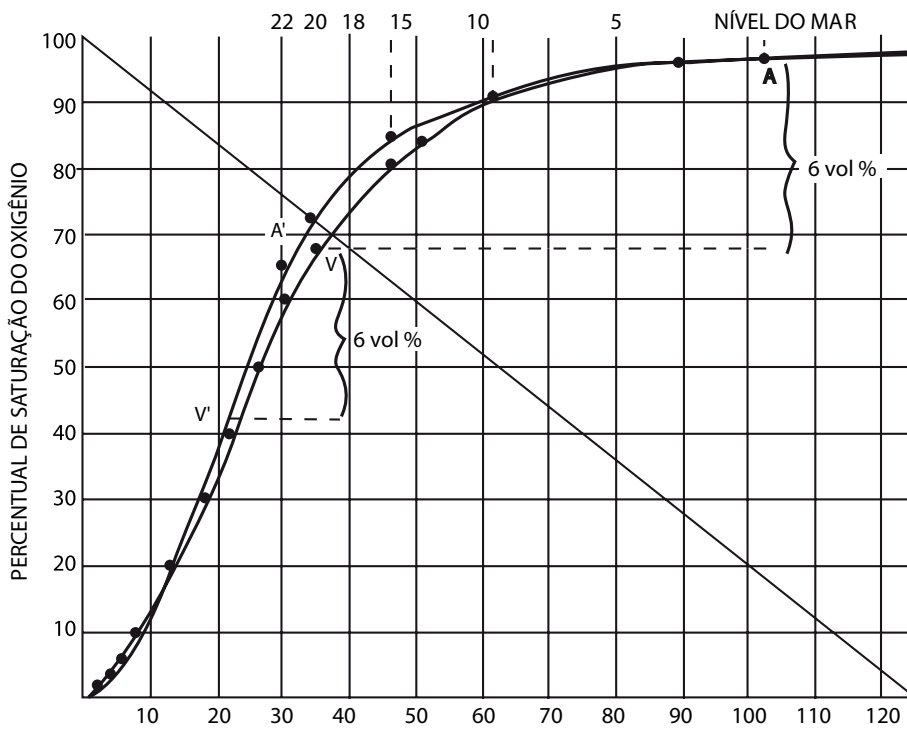


Figura 2.1 - Curva de saturação de hemoglobina e pressão parcial de O_2 na atmosfera
 Fonte: Adaptado de Departments of the Air Force, the Army, the Navy and Transportation (1986).
 * Os valores no eixo superior correspondem à respectiva altitude em mil pés.

Em relação à decompressão rápida, o fator expiração forçada, devido à rápida expansão dos gases no interior do pulmão, também contribui negativamente para a redução do TUC.

Outro fator é a razão de ascensão, pois os ajustes dos mecanismos pulmonares e circulatórios para compensação são tempo-dependentes. A **descompressão rápida** pode ser considerada uma ascensão quase instantânea e afeta a tolerância à hipóxia reduzindo o Tempo de Útil de Consciência (TUC) em 50% ou mais.

Tabela 2.1 - Tabela de Tempo de Consciência Útil e nível de voo (FL) correspondente

FL 430	9-12 segs
FL 400	15-20 segs
FL 350	30-60 segs
FL 300	1-2 min
FL 250	3-5 min
FL 220	8-10 min
FL 180	20-30 min

Fonte: Adaptada de Amed Center and School (2011).

O tempo de duração da exposição tem importância devido à exaustão dos mecanismos cardiopulmonares de compensação com o prolongar da condição adversa.

O condicionamento físico é um fator de aumento de tolerabilidade devido ao preparo dos sistemas pulmonar e cardiovascular para aumentar sua atividade. Por sua vez, a atividade física em ambiente hipobárico reduz a tolerância devido ao aumento de consumo de oxigênio. Da mesma forma, também o faz a temperatura baixa devido ao maior gasto metabólico para produção de calor e manutenção da temperatura corporal.

Razões de ordem emocional ou condições de estresse também são fatores que diminuem a tolerância devido ao maior consumo de energia.

Por último, há fatores individuais, inclusive genéticos que participam na capacidade de tolerância à hipóxia.

Os sinais e sintomas podem ser agrupados em objetivos e subjetivos. Os objetivos podem ser percebidos pelo indivíduo afetado ou por um observador e podem ser caracterizados por:

- aumento da frequência das incursões respiratórias;
- aumento da profundidade das incursões respiratórias;
- cianose central e periférica (coloração azulada ou arroxeada dos lábios e das extremidades);
- perda de coordenação motora;
- disfasia (dificuldade para falar);
- lentidão de respostas psicomotoras;
- comportamento alterado;
- confusão mental;
- perda de consciência.



Comportamento inquieto, eufórico ou agressivo ocasionalmente podem ocorrer em uma fase inicial, porém são seguidos por sonolência ou torpor. Embora pareça paradoxal, tal fenômeno deve-se à redução de atividade de centros inibitórios.

Os sintomas subjetivos são percebidos pelo indivíduo e podem se manifestar através de:

- sensação de ansiedade;
- sensação de “fome” de ar;
- dificuldade para raciocinar ou concentrar;
- alterações de sensibilidade (dormências, ondas de frio ou de calor);
- náuseas;
- cansaço;
- dor de cabeça;
- alterações visuais desde visão descolorida, turva, dupla, em túnel ou áreas cegas (ausência de imagem em parte do campo visual).

Esses sintomas são sutis e mais precoces que os primeiros. Conforme já mencionado, são pessoais e recorrentes na eventualidade de uma exposição. Dessa forma, durante os treinamentos em câmara hipobárica, deve-se buscar a atenção para sua percepção.

O grau de hipóxia pode ser classificado em estágios de acordo com a gravidade dos sintomas. Essa classificação guarda correlação com as zonas fisiológicas da atmosfera.

Estágio indiferente	Estágio compensatório	Estágio dos distúrbios	Estágio crítico
0 a 10.000 pés	10.000 a 15.000 pés	15.000 a 25.000	Acima de 25.000 pés
Grau leve, sem repercussões em indivíduos saudáveis, exceto pela deterioração da visão noturna a partir de 4.000-5.000 pés. Esse déficit da visão noturna pode chegar até 28% a 10.000 pés.	O sistema circulatório e o sistema pulmonar promovem alguma adaptação às condições hipobáricas (aumento da ventilação-pulmonar e do débito cardíaco), porém as funções corporais mais dependentes de oxigênio (visão e cognição) estão comprometidas em menor ou maior grau de acordo com a altitude.	O organismo não possui resposta adequada para compensar permanente e totalmente às condições de hipóxia. Há sintomatologia evidente dos efeitos da hipóxia com alterações visuais, déficit de raciocínio, memória, julgamento e capacidade de decisão, alterações sensitivas, alterações do desempenho motor e alterações comportamentais como apatia, euforia, agressividade, impulsividade, dentre outras.	Há risco iminente de perda de consciência e óbito.
Saturação de hemoglobina no sangue arterial acima de 89%.	Saturação de hemoglobina no sangue arterial entre 88 e 80%.	Saturação de hemoglobina no sangue arterial entre 80 e 65%.	Saturação de hemoglobina no sangue arterial abaixo de 65%.

Quadro 2.1 - Estágios de hipóxia
Fonte: Elaborado pelo autor (2011).

Hiperventilação



A hiperventilação é uma condição provocada pela alteração do equilíbrio ácido-base do sangue devido à redução da concentração de dióxido de carbono no sangue.

Na ocasião em que você estudou as trocas gasosas nos alvéolos, viu que acontece a entrada de oxigênio para o sangue capilar e saída de dióxido de carbono para os alvéolos. O dióxido de carbono é uma molécula com difusão fácil e se comporta como um ácido fraco no sangue.

Dessa forma, o aumento do volume de ar circulante leva à extração do dióxido de carbono do corpo, reduzindo sua concentração no sangue, a PCO_2 , e alterando o pH dele para uma situação de excesso de base. Essa situação recebe também o nome de **alcalose respiratória**.

Diversas causas levam à hiperventilação inclusive voluntária. A causa mais frequentemente encontrada no cotidiano é de origem emocional ou psíquica como ansiedade, medo, apreensão ou excitação. Dentre as causas físicas, hiperventilação pode ser provocada por dor aguda. Uma condição aparentemente paradoxal é a hipóxia porque o aumento do trabalho respiratório para captar oxigênio determina a eliminação excessiva de dióxido de carbono. Mau funcionamento ou má adaptação do sistema de administração de oxigênio pressurizado também podem precipitar quadros de hiperventilação.



É importante fixar que a hipóxia tem como problema-base a deficiência de oxigênio para as células e que hiperventilação não é o seu oposto, ou seja, excesso de oxigênio, também chamada hiperóxia. Por sua vez, hiperventilação é uma condição de alteração do pH do sangue devido à eliminação do dióxido de carbono em excesso.

Essa alteração de pH, alcalose respiratória, causa transtornos, pois promove hiper-excitabilidade nervosa e redução de fluxo de sangue ao cérebro, manifestados por:

- alterações de sensibilidade (parestesias, dormências e ondas de calor ou de frio);
- contraturas musculares ou câimbras;
- alterações visuais com escotomas ou luzes;
- náuseas;
- sensação de “cabeça leve” ou de desmaio iminente;
- perda de consciência.

Pode-se perceber que hipóxia e hiperventilação compartilham sinais e sintomas, e os mecanismos de correção da hipóxia podem levar a hiperventilação. Diante disso, torna-se por vezes difícil distinguir suas apresentações clínicas.

Do ponto de vista prático, utiliza-se a regra dos 10.000 pés. Acima de 10.000 pés, considera-se hipóxia e tomam-se as ações corretivas para tal: administração de oxigênio a 100% se disponível e descenso para uma altitude segura.

Ao administrar oxigênio a 100%, deve-se a preocupação de reduzir a frequência respiratória a fim de evitar a hiperventilação e a hiperóxia. A hiperóxia também causa transtornos como zumbidos e alteração de sensibilidade.

Abaixo de 10.000 pés, assume-se como hiperventilação e trabalha-se a redução voluntária da profundidade e da frequência respiratória. O ato de respirar em um saco de papel ou de plástico é válido, pois parte do dióxido de carbono expelido é novamente inspirado.

Seção 2 – Disbarismos

Dentro da área de atuação de medicina de aviação, quadros de disbarismos são problemas de ocorrência frequente, podendo ter consequências adversas desde desconforto leve a lesões definitivas. São também causas comuns de incapacidades temporárias para a atividade aérea.

A definição de disbarismos na literatura mundial é controversa. Vários autores definem disbarismos como quadros clínicos decorrentes da variação das pressões dos gases, excluindo a hipóxia. Assim, estariam arrolados todos os quadros de disbarismos de cavidades “fechadas” e doença descompressiva.

Nesta seção, consideraremos disbarismos os quadros clínicos distintos causados pelo efeito de variação das pressões dos gases em cavidades “fechadas” do organismo. Fica mais didático adotar essa definição porque passamos a ter quadros clínicos determinados por um único mecanismo básico: o efeito mecânico das variações de volume dos gases nas cavidades corporais, em conformidade com a Lei de Boyle-Mariotte: “o volume ocupado por um gás é inversamente proporcional a pressão deste gás, para uma temperatura constante”.

Dessa forma, com as variações de altitude de voo ou profundidade de mergulho, esperam-se mudanças nos volumes dos gases no interior do corpo humano, que mantém uma temperatura relativamente constante.

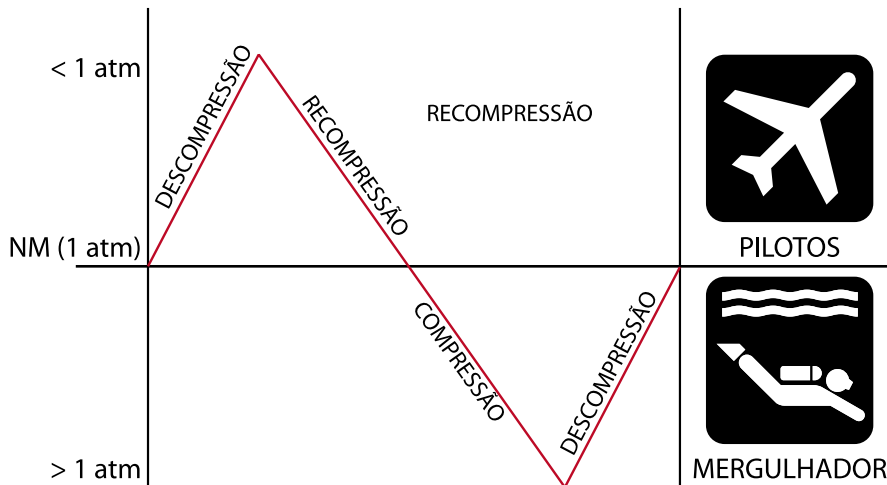


Figura 2.2 - Variações das pressões dos gases com o voo e com o mergulho
Fonte: Adaptado de Cunliffe (2009).

Os quadros clínicos são nomeados a partir da cavidade corporal virtual ou real, fisiológica ou patológica, que é acometida. Dessa forma, dividem-se em:

- expansão dos gases no trato gastrointestinal, ou aerocolia;
- barotite média;
- barossinusite;
- barodontalgia, ou aerodontalgia.

A **expansão dos gases no trato gastrointestinal** é um quadro clínico frequente, particularmente acima de 15.000 pés, caracterizado por distensão e dor abdominal. Em casos mais graves, pode comprometer a ventilação por restrição da expansão do pulmão e a circulação por redução do retorno venoso decorrente da compressão da veia cava inferior. Isso pode acarretar desconforto importante, agravo de hipóxia e até perda de consciência.

Pode ser facilitado por consumo de alimentos “produtores de gás”, consumo de bebidas gaseificadas e deglutição involuntária de ar (aerofagia).

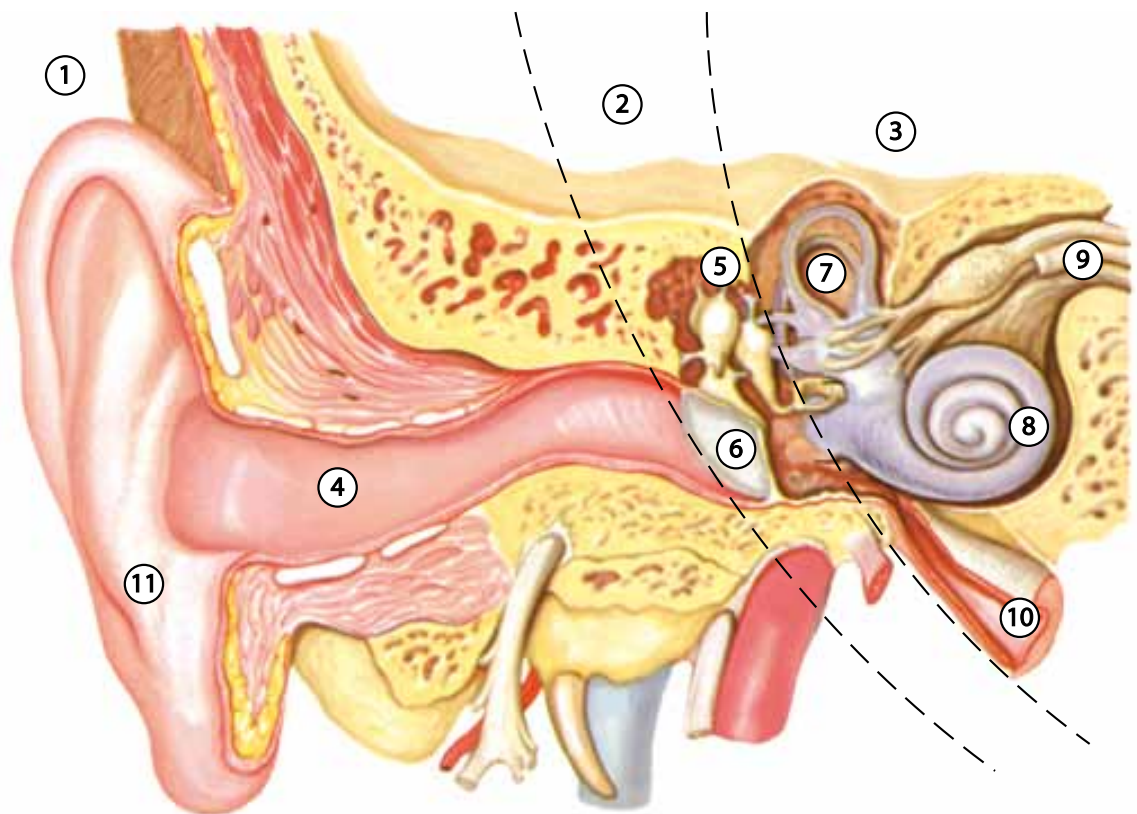


O tratamento é a eliminação do conteúdo gasoso por via alta ou baixa. Massagens abdominais por compressão manual circulares no sentido horário podem ajudar.

A **barotite média** é uma lesão no ouvido médio ou na membrana timpânica provocada pelas alterações de pressão não equalizadas no ouvido médio devido à obstrução parcial ou total do tubo auditiva. Seus sintomas são:

- dor;
- sensação de plenitude auricular (“ouvido cheio”);
- diminuição da audição (hipoacusia) temporária ou permanente;
- tonteiras;
- vertigem.

Com o auxílio da figura a seguir, imagine a situação que acontece com o ar contido no interior do ouvido médio durante uma subida. O volume daquele ar se expande e esse aumento normalmente sai pelo conduto da tuba auditiva para o exterior após passar pela nasofaringe. Porém, se alguma condição ocluir a tuba auditiva, o ar se expandirá e forçará a membrana timpânica para fora, além provocar compressão da mucosa da parede da cavidade a montante da obstrução. O aumento do volume costuma forçar a abertura do conduto da tuba e promover a equalização de pressão, mesmo que parcial, aliviando a situação.



- | | | |
|--------------------|---------------------------|--|
| 1 – Ouvido externo | 5 – Ossículos | 9 – Nervo coclear |
| 2 – Ouvido médio | 6 – Membrana timpânica | 10 – Tuba auditiva (comunicação com a nasofaringe) |
| 3 – Ouvido interno | 7 – Canais semicirculares | 11 – Pavilhão auditivo (orelha) |
| 4 – Canal auditivo | 8 – Cóclea | |

Figura 2.3 - Ouvido médio
Fonte: Adaptado de Healthy is expensive (2011).

Por sua vez, na descida, o volume de ar se reduzirá. Caso exista alguma obstrução da tuba auditiva, ocorrerá tração da membrana timpânica e da mucosa para o interior da cavidade e, diferentemente da situação de subida, não haverá uma tendência natural de resolução. A redução do volume tenderá a manter a tuba fechada.

Essa força sobre as estruturas do ouvido interno pode levar a dor, rotura, sangramento e, em casos muito graves, desarticulação da cadeia ossicular e lesão da membrana da cóclea.

A causa básica da barotite é a obstrução da tuba auditiva. É recomendável, como medida preventiva, evitar participação em atividade aérea durante infecções de vias aéreas, crises de rinite alérgica ou outras condições que afetam a passagem de ar pela tuba.

Na eventualidade de ocorrência de sintomas de barotite durante o voo, deve-se buscar a equalização das pressões. Ações como mascar, engolir saliva, abrir a boca similarmente a bocejar podem ajudar. Em caso de insucesso, deve-se realizar a **manobras do tipo Valsava**. Essas manobras são feitas expirando o ar de maneira gradualmente forçosa, com o nariz tapado e os lábios cerrados, que geralmente promovem a abertura do conduto da tuba e levam à equalização.

Manobras do tipo Valsava são muito utilizadas no mergulho. Sugere-se uma consulta em textos de mergulho para mais informações das opções em relação a essas manobras.

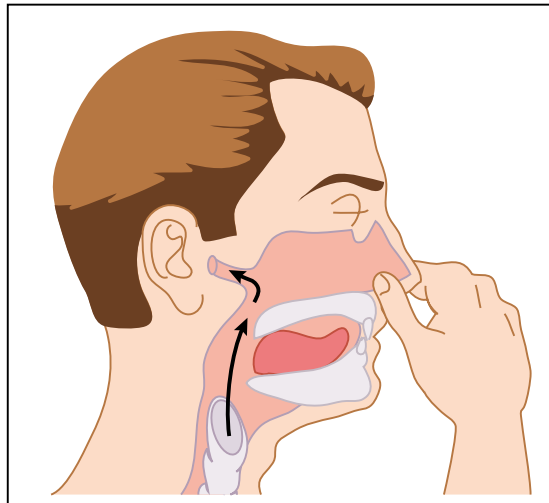


Figura 2.4 - Manobras do tipo Valsava
Fonte: Adaptado de Pelizzari e Tovaglieri (2004).

Soro nasal fisiológico ou hipertônico a 3% também pode ser utilizado de forma liberal se disponível. Descongestionantes tópicos podem ser usados como último recurso em uma situação aguda. Essa classe de medicação não deve ser utilizada sem a devida orientação médica e nunca de forma crônica. A redução da razão de descida é uma medida válida no insucesso das ações anteriores.

Após o pouso, é necessária avaliação médica para determinar o grau de lesão. Casos leves são cuidados com analgésico e afastamento temporário curto da atividade aérea. Casos mais graves são tratados com antibióticos, anti-inflamatórios e afastamento por duas semanas ou mais da atividade aérea.

Após o entendimento da barotite média, o estudo das barossinusites é facilitado.



O mecanismo de lesão nas barossinusites é a expansão e a retração do volume dos gases nos seios paranasais.

O osso da face de um indivíduo adulto apresenta cavidades. Normalmente essas cavidades – seios frontais, células etmoidais, seios maxilares e seio esfenoidal – são preenchidas por ar e se comunicam com a cavidade nasal por óstios de drenagem. A obstrução desses óstios por edema ou acúmulo de secreção é comum em quadros de infecção de vias aéreas ou em crises de rinite alérgica.

Alterações anatômicas, como desvio de septo nasal, podem facilitar essa ocorrência.

O tratamento em voo é feito preferencialmente com uso de soro fisiológico ou hipertônico a 3%. Na ausência de melhora ou dor excruciante, a redução da razão de descida é uma medida adequada, se aplicável.

Casos de alterações anatômicas com obstrução, principalmente se ocorrem quadros de barossinusites ou sinusites agudas de repetição, necessitam de correção cirúrgica.



Voar com sinais de obstrução nasal é fator de risco para a ocorrência de barotite média e barossinusite. Por vezes, é melhor aguardar um a dois dias para melhora de um resfriado do que voar nessa condição, ter um desses quadros e ficar afastado de voo por uma ou duas semanas.

Cáries maltratadas, infiltração em obturações dentárias, curativos provisórios ou gengivites causadas por bactérias produtoras de gás propiciam a formação de pequenas quantidades de ar contidas no interior do dente e na sua periferia. Com a altitude, a distensão do volume pode comprimir as raízes nervosas sensitivas dos

dentes, provocando a **barodontalgia** ou **aerodontalgia**, que é caracterizada por dor, em geral intensa e incapacitante.

Essa condição é prevenida pela manutenção da saúde bucal do aeronavegante, além do seu afastamento de atividade durante tratamentos odontológicos mais complexos, como tratamento do canal.

Na ocorrência de dor dentária durante o voo, a medida a ser tomada é aterrissagem no primeiro momento oportuno e busca de atendimento especializado.

Seção 3 – Doença descompressiva e descompressão rápida

Prosseguindo com os estudos de patologias relacionados à atividade aérea, você verá nesta seção a doença descompressiva, seus fatores de risco e suas apresentações clínicas. Faremos também algumas considerações adicionais sobre a descompressão rápida, devido aos vários mecanismos de lesão corporal que ocorrem nessa situação crítica.



Doença descompressiva é uma condição patológica provocada pela formação de bolhas de gases no sangue e nos tecidos corporais precipitada pela redução da pressão dos gases. Sua causa básica é a Lei de Henry e nisso se difere dos disbarismos de cavidade fechada.

Em conformidade com o enunciado da Lei, “a quantidade de gás dissolvido em uma fase líquida é diretamente proporcional à pressão parcial desse gás sobre a fase líquida”, a solubilidade de um gás diminui com a queda da pressão barométrica.

Sob a pressão barométrica de 760 mmHg (1 atm), o corpo humano mantém em torno de 1200 mL de nitrogênio dissolvido nos tecidos. O aumento da altitude acarreta perda da solubilidade, formação de microbolhas e os quadros clínicos conforme a localização das microbolhas.

Podem ocorrer quatro tipos de quadros clínicos:

Quadro articular, ou <i>bends</i>	<p>É o quadro mais frequente.</p> <p>Caracteriza-se por dor devido ao acúmulo de bolhas e inflamação subjacente em grandes articulações: joelho, quadril, ombro, cotovelo, tornozelo. Mãos e punhos também podem ser afetados.</p> <p>Pode ocorrer durante ou voo ou até 24 horas após.</p> <p>Serve de marcador para outros quadros.</p>
Quadro cutâneo, ou <i>itching</i>	<p>Manifesta-se por alterações na pele, como incômodo, coceira, alterações de cor e presença de gás palpável no subcutâneo devido à formação de bolhas nos capilares que irrigam a derme.</p> <p>O local mais frequente afetado é o tronco superior.</p> <p>Serve de marcador para outros quadros.</p>
Quadro pulmonar, ou <i>chokes</i>	<p>É um quadro grave caracterizado por desconforto respiratório, dor torácica, tosse não produtiva devido à obstrução de vasos sanguíneos por bolhas, levando à deficiência do intercâmbio gasoso e insuficiência cardíaca.</p> <p>Necessita de tratamento imediato em câmara hiperbárica.</p>
Quadros neurológicos	<p>São quadros de manifestações e gravidades variáveis, causados pela obstrução da circulação do sangue pelas microbolhas no cérebro, medula espinhal ou nervos.</p> <p>Os sintomas e a gravidade dependem do vaso acometido.</p> <p>Os sintomas mais comuns são déficits visuais, parestesias, paralisias, dificuldade para falar ou ouvir, cefaleia e confusão mental.</p> <p>Devido à imprevisibilidade da condição, também necessita de tratamento imediato em câmara hiperbárica.</p>

Quadro 2.2 - Tipos de quadros clínicos

Fonte: Elaborado pelo autor (2011).

Os fatores de riscos associados à ocorrência da doença descompressiva são:

- **Altitude de exposição:** a doença descompressiva é muito rara em exposições isoladas a altitudes inferiores a 18.000 pés e passa a se constituir em um problema significativo a partir de 25.000 pés, chegando a ser habitual a partir de 35.000 pés.

- Razão de ascensão: o corpo tem uma capacidade lenta de eliminar o gás formado. Uma razão de ascensão alta não permite tempo para essa eliminação, ainda que parcial.
- Duração da exposição: com a continuidade da exposição, maior o risco de formação de bolhas.
- Exposições repetitivas: microbolhas formadas em uma exposição que seriam eliminadas sem sintomas, com exposições repetidas podem se unir e provocar quadros clínicos.
- Idade: considera-se que a idade é um fator de risco devido às alterações da constituição corporal. Com o passar dos anos, o organismo acumula tecido gorduroso e esse tecido contém mais nitrogênio que tecidos de massa magra.

Um fator de risco que merece atenção especial é a participação em atividade de mergulho com cilindros. Lembre-se que as pressões sofrem variação com a altitude e com a profundidade, sendo que as variações no mergulho são muito expressivas até mesmo em pequenas profundidades. Enquanto na atividade aérea a pressão barométrica se reduz metade a 18.000 pés, no mergulho essa pressão dobra a 10 metros de profundidade.

Exemplificando na prática: um voo a 8.000 pés, altitude de pressurização de cabine de um jato comercial, nas primeiras 12 horas após um mergulho a 30 pés (10 m) com cilindro equivale a uma exposição sem pressurização a altitude de 40.000 pés.



Devido aos riscos de doença descompressiva, é proibitivo o engajamento em atividades aéreas nas primeiras 12 horas após mergulho, sendo recomendável um intervalo de 24 horas.

Na vigência de uma situação de doença descompressiva, deve-se iniciar a administração de oxigênio a 100% e realizar o descenso assim que possível. Em solo, deve-se buscar atendimento especializado. Isso é válido para todos os quadros clínicos, visto que sua evolução é imprevisível, sendo que um quadro considerado

leve, um quadro articular pouco intenso ou *itching*, por exemplo, pode se tornar um quadro pulmonar ou neurológico.



A doença descompressiva pode iniciar sua manifestação em voo ou nas primeiras 24 horas após o pouso. Todos os quadros merecem avaliação médica especializada, mesmo com remissão espontânea.

Ainda cabe comentar uma situação por vezes presente na aviação militar e excepcional na aviação civil, que é o voo não pressurizado em altitudes superiores a 18.000 pés. Nessa situação, faz-se necessário a realização da **desnitrogenação**, procedimento de retirada do nitrogênio do organismo pela administração de oxigênio a 100% por um determinado tempo antes da decolagem.

Para concluir essa seção, falaremos sobre a descompressão rápida. Ela é um tópico tratado à parte porque nela existem vários mecanismos de injúria ao corpo.

Inicialmente é interessante entender o grande avanço que significou a pressurização de cabine. A aeronave pode voar em altitudes incompatíveis com a vida humana sem maiores repercussões nos indivíduos, pois as cabines são pressurizadas em 8.000 pés, altitude de pressão compatível e bem tolerada por quase todos os indivíduos saudáveis.

Entre os benefícios da pressurização da cabine, incluem-se: redução da exposição à hipóxia, diminuição dos disbarismos, prevenção da doença descompressiva.

Porém, a pressurização não é isenta de riscos. Além de favorecer o desgaste do material da célula e reduzir a performance em voo, na ocorrência de falha estrutural da aeronave, ocorrerá uma depressurização com enorme gradiente de pressão entre a cabine e o ambiente externo. Isso pode causar danos ao restante da estrutura e ao organismo, anteriormente submetido à pressão do micro-ambiente formado no interior da cabine.



Os fatores físicos que determinam esses danos são a altitude de ocorrência, o gradiente envolvido, a velocidade de instalação, o tamanho da cabine e o tamanho da falha estrutural.

Também é interessante saber que há mais de um tipo de sistema de pressurização.

Um deles é com altitude fixa e é utilizado na aviação civil: a partir de uma determinada altitude, a pressurização de cabine fica constante.

Um segundo tipo é com compensação do gradiente de pressão e é encontrado na aviação militar de combate: tenta-se diminuir o gradiente de pressão entre a cabine e o ambiente. A lógica é que na eventualidade de um dano estrutural os danos pela **descompressão explosiva** seriam minimizados.

Terminologia que indica ocorrência de danos estruturais secundários provocados durante a equalização de pressão quase instantânea do gradiente de pressão.

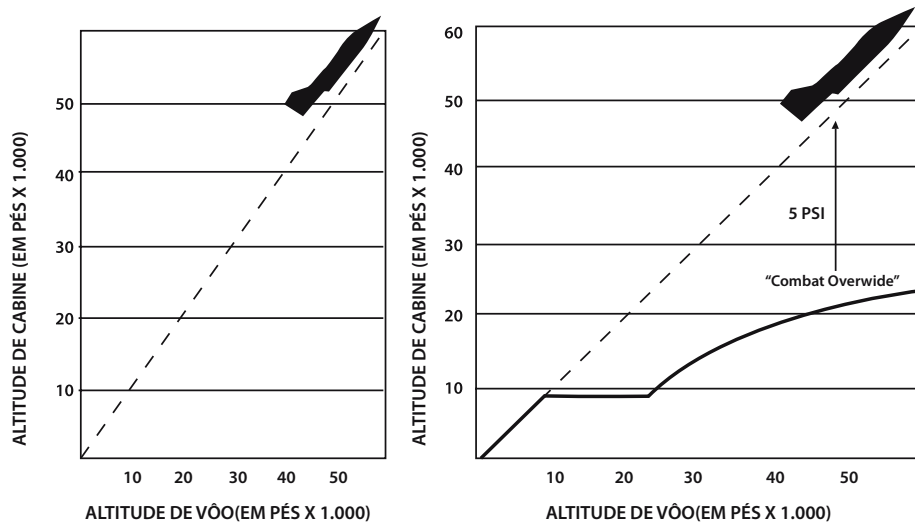


Figura 2.5 - Tipos de pressurização de aeronaves
Fonte: Adaptado de Berrios (2009).

Há duas características que indicam a ocorrência de descompressão rápida em uma aeronave: o jato de ar para o exterior e a formação de névoa. O jato de ar é decorrente do fluxo de ar da área de maior pressão (cabine) para a área de menor pressão (exterior) e a névoa é provocada da formação súbita de vapor de água devido à redução da pressão barométrica.

Dentre os riscos de injúria ao indivíduo, encontramos aqueles relacionados ao gradiente de pressão e os relacionados ao ambiente externo.

Os riscos relacionados diretamente ao gradiente de pressão são a sucção pelo jato formado e a sobredistensão pulmonar. Haverá fluxo de ar direcionado ao exterior da aeronave podendo um indivíduo ser desastrosamente “sugado” para fora. Em relação à sobredistensão pulmonar, apesar da ocorrência da expiração forçada, a rápida expansão dos gases contidos nos pulmões poderá sobrepujar a capacidade de liberação do ar para o exterior, causando ruptura das estruturas pulmonares com sangramentos e formação de coleções de ar na cavidade torácica – pneumotórax ou pneumomediastino – com consequências deletérias e risco de morte.

Os riscos relacionados à exposição ao ambiente externo hipobárico são hipóxia, disbarismos e doença descompressiva, além de geladura devido ao frio extremo normalmente encontrado nas altitudes de trajeto das grandes aeronaves comerciais.

Seção 4 – Forças acelerativas

O corpo humano evoluiu sua estrutura física sob a constante atuação da força da gravidade, sendo adaptado para viver nessa condição. Com a atividade aérea, há a incorporação de movimentos e acelerações em novos eixos e com intensidades previamente não habituais para o organismo humano.

O estudo dessas forças auxilia na compreensão de algumas limitações do organismo humano no ambiente aéreo do ponto de vista cardiovascular e da orientação espacial.



Aceleração é uma medida de alteração do vetor de velocidade por unidade de tempo. Em aviação ela é normalmente medida em G (aceleração da gravidade), o equivalente a 9,8 metros/segundo² ou 32 pés/segundo².

Na aviação ocorrem acelerações em eixos linear horizontal, radial e angular, além do eixo vertical.

A aceleração linear reflete a mudança de velocidade em um plano reto. Esse tipo ocorre durante a decolagem e durante o pouso.

A aceleração radial é resultado da mudança de direção em curvas.

A aceleração angular resulta de situações de combinação de mudanças de velocidade e de direção.

Essas acelerações induzem forças sobre o corpo e podem ser descritas como: G_x , G_y e G_z .

- G_x positiva ou negativa é uma força que age linearmente no eixo frente-dorso.
- G_y é uma força que age lateralmente, no eixo ombro-ombro.
- G_z é a força gravitacional aplicada no eixo vertical do corpo, sendo negativa no sentido cabeça-pé e positiva no sentido pé-cabeça.

Manobras em aviação expõem facilmente o corpo humano a forças maiores que 1G. As forças G_x e G_y podem ocasionar fenômenos ligados à desorientação espacial. As forças G_z podem levar a quadros de *G-Loc* e *Red-Eye*, que você verá na sequência. A base para esses quadros está relacionada à inércia e à transmissão de forças distintas entre os tecidos, particularmente da coluna líquida de sangue.

O corpo humano é bastante sensível às acelerações no eixo G_z devido aos efeitos no sistema cardiovascular. Considerando a inércia do sangue maior que a do restante do corpo, acelerações com o vetor ascendente (G_z positivo) provocam o acúmulo de líquido nos membros inferiores, privando de sangue a parte central do corpo. Mantida essa tendência, a falta de sangue circulante determina inicialmente quadros de visão tunelizada (*gun barrel vision*), seguidos de visão borrada e acinzentada (*gray out*) ou perda visual (*black out*). Essa condição pode culminar com a **perda de consciência induzida pela força G (G-LOC)**.

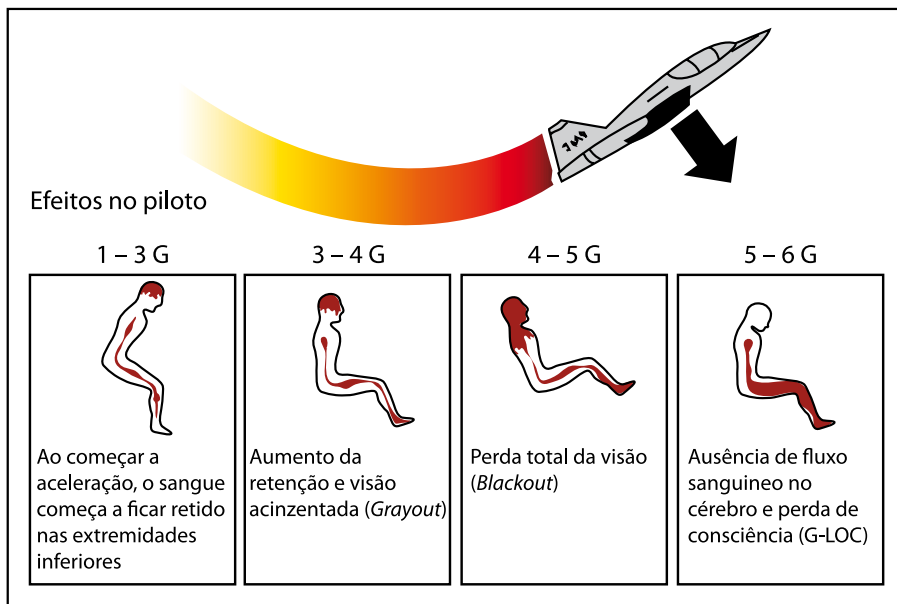


Figura 2.6 - Efeitos da G_z positiva
 Fonte: Adaptado de Cunliffe (2009).

O *G-LOC* é causa de muitos acidentes fatais na aviação civil e militar, pois o indivíduo fica inconsciente por um determinado período de tempo e somente se salva caso esse quadro ocorra em uma altitude suficientemente alta que permita o tempo de sua recuperação.

Há situações de acelerações altas em que o *G-LOC* pode ocorrer sem ser precedido pelos distúrbios visuais.

Acelerações com o vetor G_z negativo ou descendente também são mal toleradas pelo organismo. A tendência de acúmulo de sangue na porção cefálica do corpo causa congestão sanguínea dos vasos da retina, provocando sensação de inchaço e visão turva avermelhada (*Red-Eye*). Mantidas as condições de aceleração, o indivíduo passa a sofrer cefaleia intensa, confusão mental e pode perder a consciência.

Seção 5 – Desorientação espacial

Esta seção é extremamente importante, pois nela você vai estudar os sistemas de orientação do organismo humano e suas limitações no meio aéreo, ao qual o ser humano não é fisicamente adaptado de maneira completa.

Segundo levantamentos históricos, a desorientação espacial foi fator participante em mais de 60% de todos os acidentes aéreos nas primeiras décadas do desenvolvimento da aviação. Nos dias atuais, apesar dos conhecimentos e dos recursos tecnológicos incorporados, ainda é um dos fatores contribuintes mais frequentes em incidentes e acidentes aéreos.



Durante a evolução, o sistema de orientação humano foi adaptado para ambiente terrestre, em duas dimensões. A incorporação de uma terceira dimensão na exploração do ambiente aéreo propicia uma série de erros de percepção ou ilusões que podem determinar incidentes ou acidentes aeronáuticos.

O organismo humano precisa determinar sua posição no ambiente. Para tal, ele possui um sistema de orientação da posição das partes do seu corpo e do corpo em relação ao espaço que o cerca. Esse sistema é regulado pelo cérebro, que recebe e interpreta as informações dos sistemas sensoriais periféricos, fundamentalmente a visão, o sistema vestibular e o sistema proprioceptivo.

As informações provenientes dos sistemas periféricos devem ser concordantes entre si para um processamento correto no sistema nervoso central. Esse processamento se dá primeiramente em nível involuntário, para em um segundo momento ocorrer em nível consciente. O nível involuntário pode ser inibido pelo nível consciente.



Desorientação espacial pode ser definida como incapacidade para determinar a real posição em um ambiente tridimensional em relação ao horizonte ou ao espaço ao redor, devido a uma percepção errônea da condição de orientação.

A desorientação espacial pode ser classificada em:

- Incapacitante: a desorientação é percebida, porém o indivíduo não consegue recorrer aos recursos complementares para orientação devido à gravidade do quadro.
- Corrigível: a desorientação é percebida e o indivíduo utiliza em tempo hábil os recursos complementares para correção da condição.
- Imperceptível: a desorientação não é percebida em nível consciente e, por isso, o indivíduo não toma ações corretivas.

Entende-se por recursos complementares os instrumentos, equipamentos e alarmes da aeronave.

Para melhor compreender as limitações do organismo humano que levam à desorientação espacial, faremos um breve estudo de cada um dos sistemas de orientação: **visão, sistema vestibular e sistema proprioceptivo.**

A visão

Setenta e cinco por cento de capacidade de percepção de mundo é visual. Além disso, existe dominância da visão quanto órgão de orientação sobre outros sistemas: vestibular e proprioceptivo.

O olho exerce uma função complexa de transformar estímulos luminosos em estímulos químicos e elétricos. Posteriormente, esses estímulos elétricos são conduzidos ao cérebro e são interpretados.

Anatomicamente, o olho é constituído de: córnea, esclera, íris, pupila, cristalino, retina e nervo ótico.

- A córnea é a primeira estrutura do olho que a luz atinge e é formada por camadas de tecido transparente e resistente.
- A esclera é a capa externa, fibrosa, branca e rígida que envolve o olho e é contínua com a córnea. É ela que dá a forma ao globo ocular.
- A íris é a porção visível e colorida do olho, logo atrás da córnea, e é dotada de músculos em disposição tal que possam aumentar ou diminuir a pupila, a fim de que o olho possa receber mais ou menos luz conforme as condições de luminosidade do ambiente, semelhante a um obturador de máquina fotográfica.
- A pupila é a abertura central da íris, através da qual a luz passa para alcançar o cristalino.
- O cristalino é uma estrutura que participa na focalização das imagens, isto é, a incidência dos estímulos luminosos sobre a superfície interna da retina. A sua superfície anterior pode se “ajustar”, a fim de se promover, semelhante a um sistema de lente, o direcionamento da refração da luz. Essa capacidade se chama acomodação do cristalino.
- A retina é a membrana formada por células nervosas fotorreceptoras que preenche a parede interna em volta do olho, que recebe a luz focalizada pelo cristalino. Existem na retina dois tipos de receptores: os cones, em número aproximado de 7 milhões, que se localizam em torno da fóvea na região central, e os bastonetes, em número aproximado de 120 milhões, que se distribuem no restante da retina. A luz reage com moléculas fotossensíveis – iodopsina e rodopsina – e essa reação química desencadeia um estímulo elétrico que é levado ao cérebro pelo nervo óptico.
- O nervo óptico é a estrutura que conduz os impulsos elétricos de cada olho para o centro de processamento do cérebro, localizados especialmente no córtex occipital.

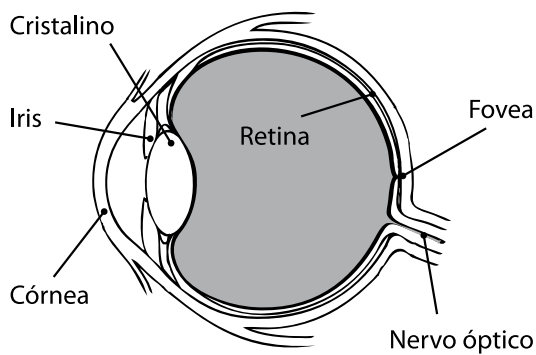


Figura 2.7 - Olho humano
Fonte: Adaptado de Antuñano (2002).

As células da retina são altamente dependentes de oxigênio e muito sensíveis à hipóxia, conforme a tabela que segue.

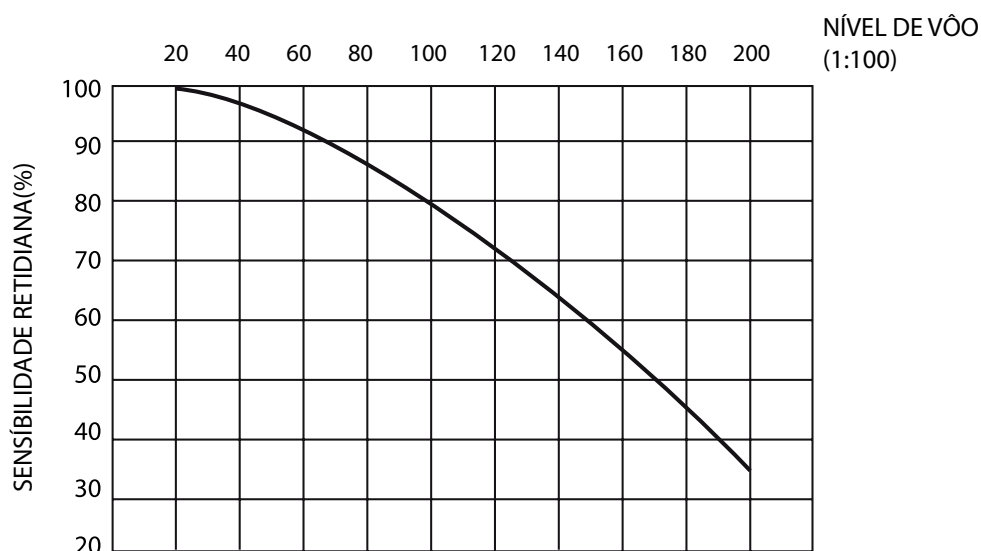


Figura 2.8 - Efeitos da altitude sobre a sensibilidade retiniana.
Fonte: Adaptado de Berrios (2009).



Devido às repercussões da hipóxia em relação à visão, mais pronunciadamente sobre a visão noturna, recomenda-se para operações noturnas complexas o uso de suplemento de oxigênio a partir de 4.000 pés.

Indivíduos normais são dotados de dois olhos. Se ambos os olhos e suas respectivas retinas transmitirem sinais de boa qualidade, o cérebro recebe duas imagens de duas posições de visão. O cérebro

tem a capacidade de trabalhar essas impressões em uma imagem única e gerar um efeito de tridimensionalidade. Essa capacidade também permite o senso de profundidade do espaço e de textura dos objetos. Deduz-se que a visão monocular possui limitações em relação ao senso de profundidade.

A retina não tem a mesma sensibilidade em toda sua extensão. Possui uma área, do tamanho da cabeça de um alfinete, responsável pela discriminação dos objetos. Essa área é conhecida como fóvea e fica próximo ao disco óptico.

Todo o resto da retina, com exceção do disco óptico, é responsável pela visão de campo ou periférica. A visão de campo é fundamental para os deslocamentos. Enquanto a capacidade da visão foveal determina a acuidade visual, a da visão de campo delimita a abrangência e pode ser mapeada pela campimetria. Normalmente o campo visual de cada olho atinge 135 graus na vertical e 160 graus na horizontal.

O disco óptico é o local onde o nervo óptico penetra no olho. Como não existem fotorreceptores nessa região, ele é um “ponto cego”.

A visão classifica-se de acordo com a luminosidade em fotópica, escotópica ou mesotópica.

- A visão fotópica é o modo de visão utilizado em ambientes que são iluminados. As células ativadas são os cones e, por isso, permite a distinção de cores. Acontece na região central da retina e a acuidade é acentuada em virtude do grande número de células (cones) nessa região.
- A visão escotópica, também denominada visão noturna, é utilizada em ambientes de baixa luminosidade. As células ativadas são periféricas (bastonetes) e a distinção de cores é limitada a tons de cinza. A acuidade para discriminação de formas e contornos é restrita.
- A visão mesotópica é um modo intermediário entre a fotópica e a escotópica, com ativação de cones e de bastonetes, porém ambos em suas funcionalidades parciais.

A adaptação é o fenômeno do sistema visual de uma condição de luminosidade alta em que a visão é predominantemente central e as células ativadas são cones para uma condição de luminosidade baixa, em que a visão é predominantemente periférica e as células estimuladas são bastonetes. Para tal, é necessária a recomposição da rodopsina, molécula presente nos bastonetes degradada pela energia luminosa. Esse processo demora em média 40 minutos. A luz vermelha não degrada a rodopsina e o uso de luz vermelha ou óculos podem ser recomendados para facilitar ou manter a adaptação a visão noturna.

Do ponto de vista médico, é relevante citar que deficiência de vitamina A pode causar cegueira noturna, pois essa vitamina é uma molécula necessária à síntese de rodopsina. As fontes alimentares de vitamina A são frutas e legumes amarelos, além de fígado de animais.

Outra particularidade à noite é a **área cega noturna**. É uma limitação fisiológica devido à ausência de bastonetes na região da fóvea e determina uma área cega de cinco a dez graus na visão central em ambientes escuros.

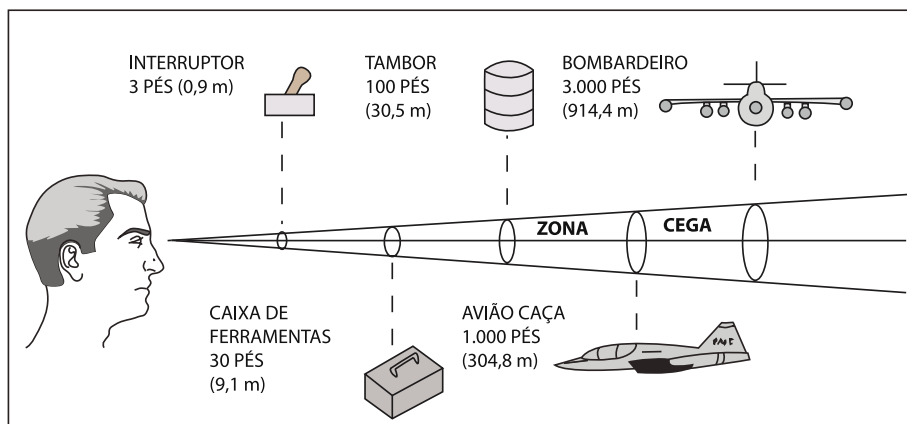


Figura 2.9 - “Área cega noturna” e sua repercussão na visão à distância
Fonte: Adaptado de Berrios (2009).

Em virtude da área cega noturna, deve-se evitar olhar diretamente para um objeto-alvo em ambiente pouco iluminado por mais de três segundos, pois ele poderá “desaparecer”. Recomenda-se manter a visada em torno de 10 graus defasados do objeto e em movimento a cada dois segundos.

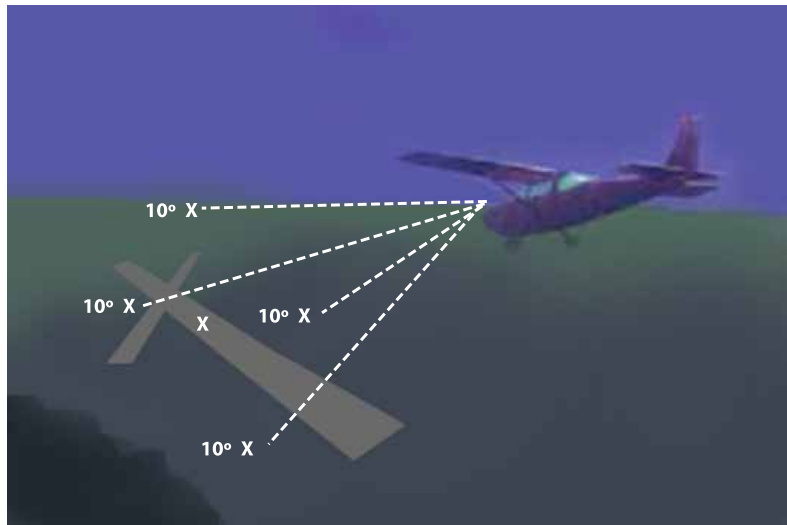


Figura 2.10 - Técnica de visão à noite.
 Fonte: Adaptado de Antuñano (2002).

É muito importante aos aeronavegantes, particularmente os pilotos, possuírem um bom funcionamento do sistema visual, pois a pilotagem, os controles e os sistemas de informação de uma aeronave dependem de percepção visual. Além disso, pequenos déficits de acuidade visual podem implicar em redução significativa no tempo de reação e da capacidade de desvio de obstáculos em virtude das altas velocidades encontradas na aviação.

O sistema vestibular

O sistema vestibular é localizado no ouvido interno e é composto pelos canais semicirculares e os órgãos otolíticos.

- Os canais semicirculares são três canais dispostos em ângulos retos entre si, contendo endolinfa e células ciliadas. Eles são responsivos à aceleração angular, detectando mudanças de aceleração e de direção, conforme a figura a seguir. O princípio de funcionamento é o da inércia diferente entre os tecidos. O movimento relativo dos cílios é captado e transmitido ao cérebro, que processa e analisa como informação de mudança de posição ou da angulação.

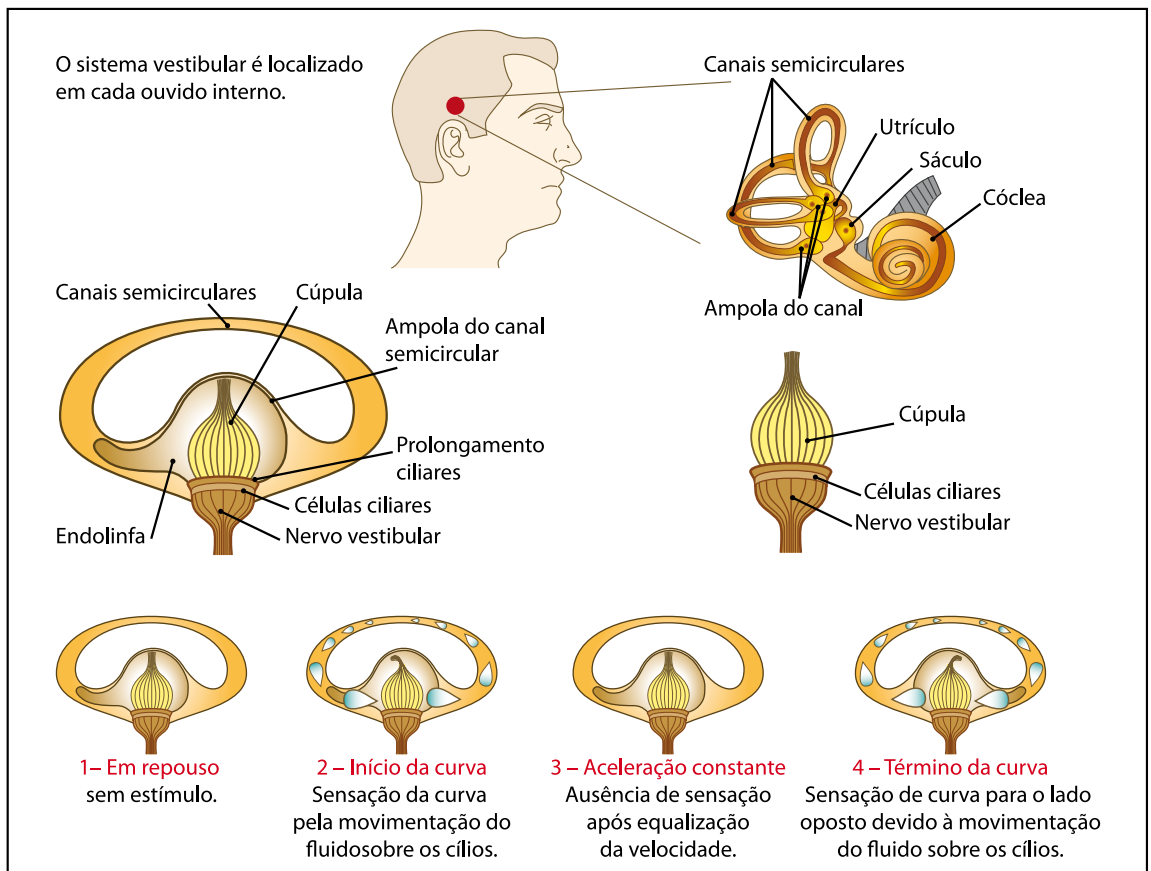


Figura 2.11 - Canais semicirculares e ação das acelerações angulares
Fonte: Adaptado de Human factors (2001).

- Os órgãos otolíticos, utrículo e sáculo são pequenas câmaras contendo concreções sólidas (otólitos) sobre uma camada de gel e células ciliadas. Eles são estimulados pela gravidade e pelas acelerações lineares horizontais e verticais. O princípio de funcionamento é a captação da intensidade da pressão exercida pelos otólitos sobre a camada de gel pelos cílios.

O processamento combinado dos estímulos dos canais semicirculares e dos órgãos otolíticos permite a percepção da movimentação nos três eixos. Esse sistema é o segundo sistema em importância, assumindo seu controle involuntário na ausência da visão, um fenômeno chamado oportunismo vestibular.

O sistema proprioceptivo

O sistema proprioceptivo é formado por sensores localizados nos tecidos dos organismos que percebem o tônus nas articulações e nos músculos e informam posição, peso e equilíbrio. Em ambiente terrestre, esses sensores entregam informação fidedigna sobre a posição do corpo.

Em ambiente aéreo, na presença de múltiplos vetores de forças, não são confiáveis, sendo um sistema de orientação muito falho.

Conforme enunciado no início de seção, o ambiente aéreo favorece a ocorrência de uma série de percepções errôneas ou ilusões que provocam desorientação espacial.

Iniciaremos o estudo pelas ilusões visuais.

Ilusões de pista

■ Ilusões causadas por inclinação ou dimensão da pista

Pistas inclinadas ou pistas com largura muito diferente das habituais podem induzir erro na apreciação da altura sobre a pista.

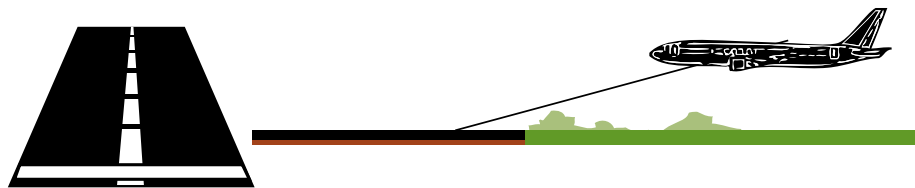


Figura 2.12 - Pista nivelada com terreno nivelado.
Fonte: Adaptado de Antuñano (2002).

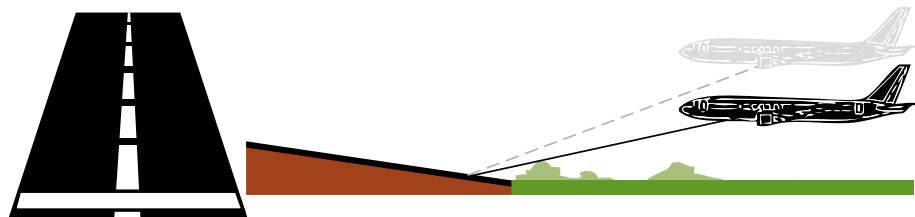


Figura 2.13 - Pista ascendente – ilusão de aproximação alta
Fonte: Adaptado de Antuñano (2002).

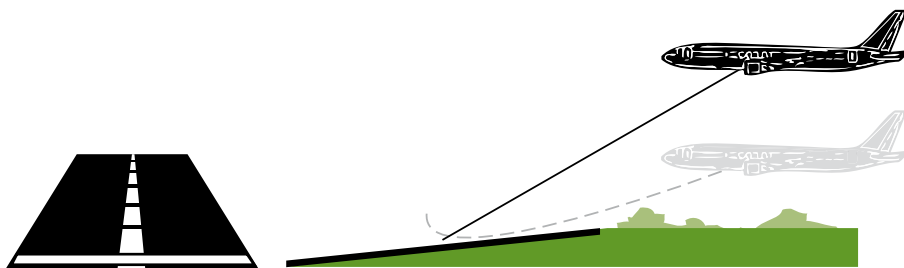


Figura 2.14 - Pista descendente – ilusão de aproximação baixa
 Fonte: Adaptado de Antuñano (2002).

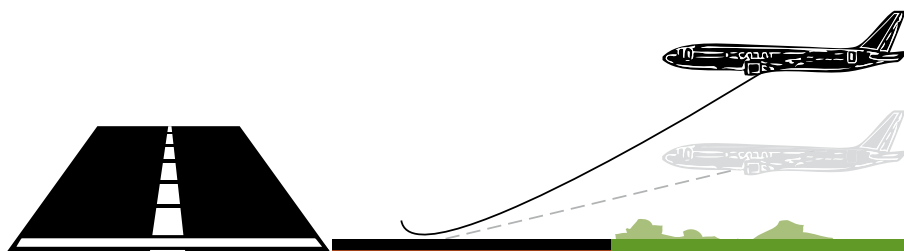


Figura 2.15 - Pista larga – ilusão de aproximação baixa
 Fonte: Adaptado de Antuñano (2002).

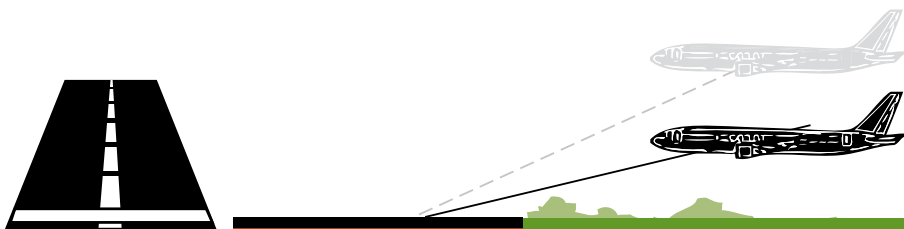


Figura 2.16 - Pista estreita ou comprida – ilusão de aproximação alta
 Fonte: Adaptado de Antuñano (2002).

- Ilusões causadas pela luzes de iluminação da pista

Ao fixar nas luzes da pista, o piloto “assume” a pista como mais larga e tende a estimar a aproximação como baixa.

- Ilusões causadas pela inclinação do terreno

O piloto usa referência do terreno para estimar sua altura em relação à pista, com erro do ângulo de aproximação.

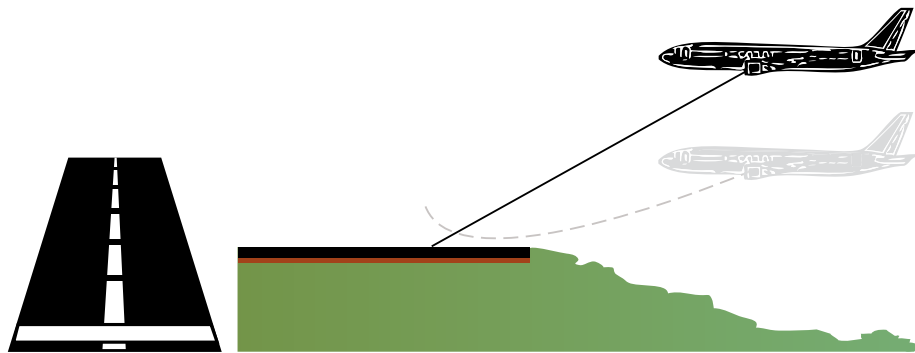


Figura 2.17 - Pista nivelada e terreno em aclive – ilusão de aproximação baixa
Fonte: Adaptado de Antuñano (2002).

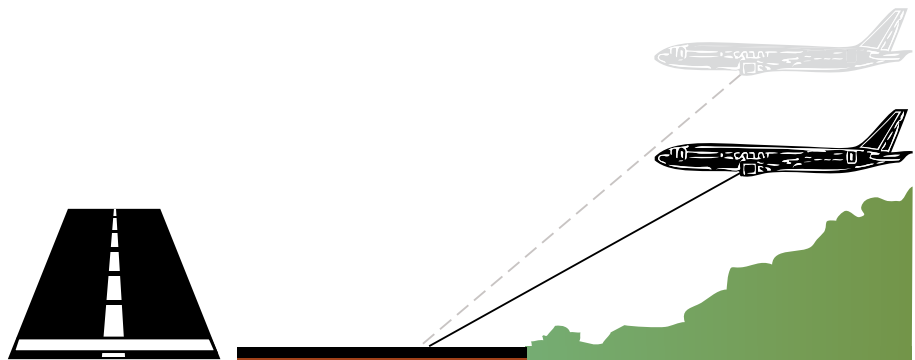


Figura 2.18 - Pista nivelada e terreno em declive – ilusão de aproximação alta
Fonte: Adaptado de Antuñano (2002).

■ Ilusões causadas por referências prévias

O piloto se baseia no tamanho de objetos próximos à pista, podendo errar por evocação de referência prévias diferentes das reais. Por exemplo, o piloto foi treinado em uma pista cercada de árvores de um determinado tamanho. Ao pousar em uma pista com árvores maiores, pode ter a ilusão de aproximação baixa.

Ilusões por degradação de referências

Ilusões provocadas por uniformidade de fundo

A ausência de pontos de referências no terreno impede uma estimativa visual da altura sobre ele. Por exemplo, voo sobre o mar, deserto, florestas, camada de nuvens ou fumaça. Geralmente estima-se uma altitude maior do que a real.

- Fenômeno de *Black Hole*

A aproximação noturna sem outras referências visuais induz a ilusão de pista inclinada com aproximação alta, podendo induzir ao piloto ao erro.

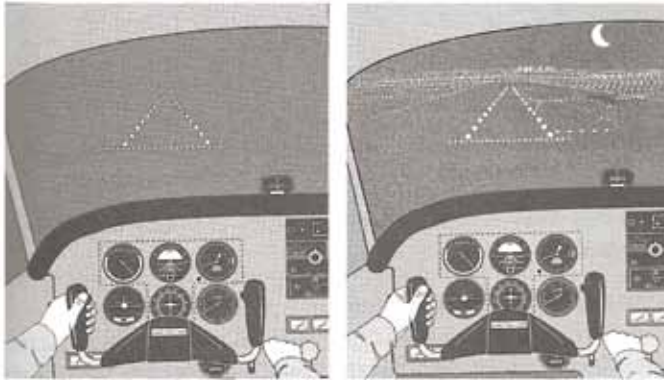


Figura 2.19 - Aproximação noturna com ilusão de *Black Hole* e com referências adequadas
Fonte: Thom (2003).

- Ilusões por confusão céu-terra

Em situações de nebulosidade cerrada, mar escuro à noite sem estrelas ou com barcos no mar e poucas estrelas, há incapacidade de discriminação do horizonte

- Ilusões por horizontes falsos

Na ausência de referências visuais comparativas, outros planos, por exemplo, uma camada de nuvens pode ser tomada como referência para nivelamento, com possibilidade de equívocos.

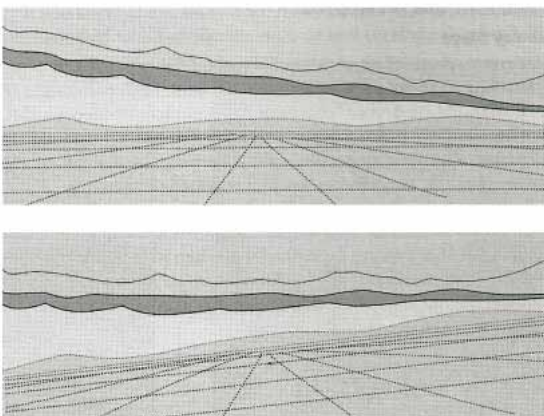


Figura 2.20 - Ilustração esquemática de ilusão por horizonte falso
Fonte: Thom (2003).



O ser humano tem seu sistema visual acostumado a trabalhar com a presença contínua do horizonte e no eixo de 180 graus. Na ausência de referências claras de horizonte, o cérebro tende a assumir alguma linha como horizonte nesse eixo, mesmo sem corresponder à realidade, provocando situações de desorientação espacial.

Ilusões por distorção óptica

A presença de neblina ou névoas propicia um meio diferente para a propagação da luz e pode causar modificação em sua refração, criando a ilusão de posição diferente, usualmente mais afastada do objeto que a sua posição real.

Ilusão por autocinese

Na presença de um ponto luminoso tênue, o olho move-se na busca de focá-lo na retina e dá a impressão de movimento do ponto, inclusive em direção à aeronave.

Ilusões por movimento relativo, ou de vetores

Na ocorrência de movimentos relativos entre objetos, o observador pode ser incapaz de discriminar qual movimento foi o real na ausência de outras referências. Um exemplo corriqueiro dessa situação costuma ocorrer no trânsito. Em um carro parado, se distrairmos a nossa atenção visual para o interior do carro, o movimento de um segundo carro para frente, caso percebido pela nossa visão periférica, é experimentado em um primeiro momento como movimento do nosso carro para trás e vice-versa.

Ilusões por presunção de luminosidade

Este tipo de ilusão acontece quando o piloto tende a assumir a área de maior claridade como a referência da parte superior, o que nem sempre é verdadeiro.

O sistema vestibular também é fonte de vários tipos de ilusões no meio aéreo, a saber:

Ilusão de correção de inclinação, ou *leans*

Este tipo de ilusão deve-se, inicialmente, a não percepção de uma aceleração angular (subestímulo com velocidade angular menor que o limiar de percepção do órgão, que é 2,5 graus por minuto).

Por ocasião da percepção da inclinação, consultando o horizonte natural ou instrumento, a ação de alinhamento da aeronave é sentida como uma inclinação em direção contrária, havendo a tendência involuntária de retornar à inclinação original.

Ilusões somatogiras

■ *Spin mortal*

Se uma curva é mantida por mais de 20 segundos, ocorre equilíbrio da endolinfa e cessa o estímulo sobre os cílios dos canais semicirculares, interrompendo a percepção de movimento em curva.

A diminuição rápida ou a suspensão da curva (desaceleração angular) reestimula os cílios, porém com percepção de curva na direção oposta. Sem o uso de referências visuais, a tendência do piloto é restabelecer a curva original.

■ *Espiral mortal*

Tem a mesma explicação fisiológica do *spin mortal*. Na ocasião de equilíbrio da endolinfa nos canais semicirculares, ocorre a perda da sensação de giro. Sem o uso de outros indicadores de atitude da aeronave, o piloto tende a aumentar a razão de curva, podendo levar a aeronave em situação de perda de sustentação grave e risco de queda.

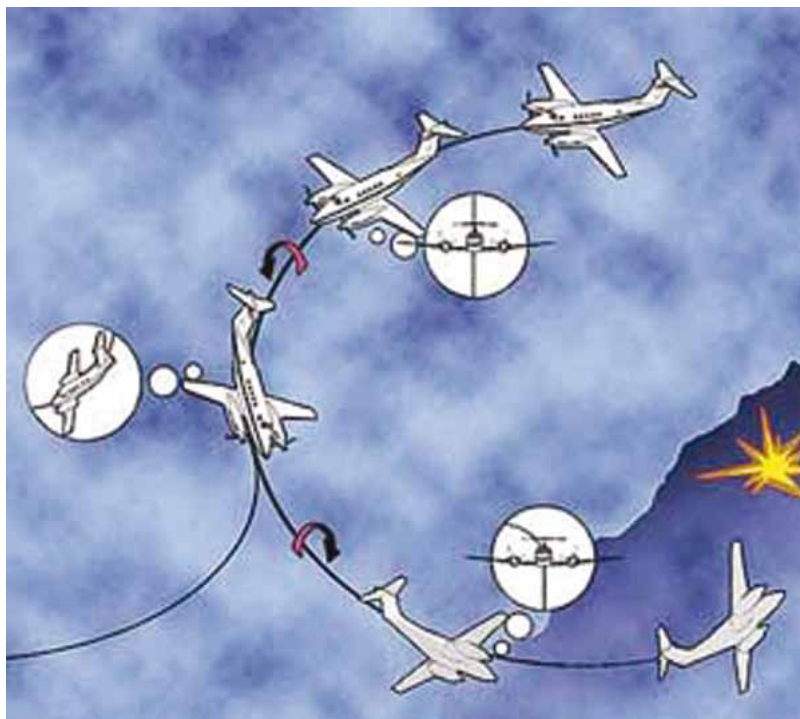


Figura 2.21 - *Spin mortal*
Fonte: Adaptado de Human factors (2001).

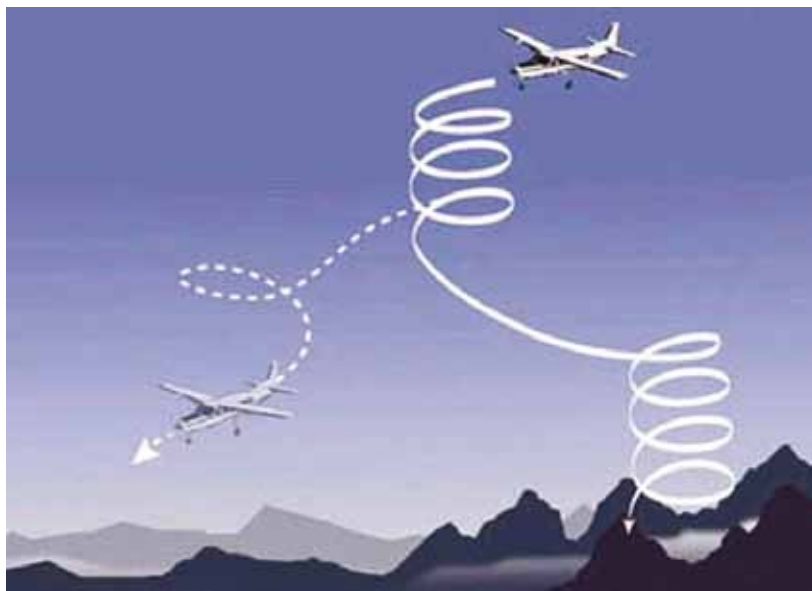


Figura 2.22 - *Espiral mortal*
Fonte: Adaptado de Human factors (2001).

■ Ilusão ou fenômeno de Coriolis

É causada por informações conflitantes dos canais semicirculares transmitidas ao sistema nervoso central. Se durante uma manobra de curva o piloto realiza movimento da cabeça em outra direção, um canal induzirá a ilusão de giro no sentido oposto enquanto os outros transmitirão o giro no sentido correto.

Essa discrepância de informações causará sensação desagradável, associada a náuseas e movimentos oculares involuntários, com perda da orientação espacial temporária, geralmente incapacitante.



Figura 2.23 - Fenômeno de Coriolis
Fonte: Adaptado de Antuñano (2001).

Ilusões oculogiras

Normalmente, uma aceleração percebida pelos canais semicirculares é acompanhada pelo movimento do olho no sentido oposto ao giro, com intenção de manter o campo visual fixo.

Em aviação, particularmente em asas rotativas, essa movimentação pode induzir sensação ilusória de direcionamento para o lado contrário ao do movimento real.

Ilusões somatográvicas

Há ilusões originadas dos órgãos otolíticos. Esses órgãos podem perceber mudanças de aceleração linear muito sutis, porém não diferenciam a gravidade terrestre das outras acelerações lineares que impõem aumento da pressão dos otólitos sobre a capa gelatinosa. Assim, podem ocorrer:

- **Clássica de cabragem**

A aceleração frontal horizontal induz assentamento dos otólitos, percebida como ilusão de nariz para cima. A percepção equivocada faz com que o piloto tenha a tendência de picar a aeronave. O contrário é verdadeiro para a desaceleração.

- **Ilusão de inversão**

Em aeronaves de alta performance, ao término de uma aceleração com componente vertical, ao nivelar a aeronave o piloto pode ter a sensação de que está em voo invertido.

- **Ilusão por vetor composto**

Durante acelerações em curvas, os órgãos otolíticos podem criar a ilusão de ascenso devido ao vetor composto da aceleração da gravidade e das forças centrífugas.

Ilusões de ascenso ou descenso (oculográvicas)

Similarmente as ilusões oculogíras, os movimentos oculares compensatórios decorrentes da percepção pelos órgãos otolíticos de acelerações verticais podem provocar a sensação de movimento em direção oposta e induzir ao piloto a reproduzir a aceleração original. Esse tipo de ilusão é presente na aviação de asas rotativas.

Ocorrem ainda ilusões originadas do sistema propioceptivo que reforçam as percepções equivocadas dos outros sistemas.



A desorientação espacial pode ocorrer virtualmente em qualquer lugar, tempo ou condição de voo e propicia mais acidentes aeronáuticos do que qualquer outro problema fisiológico na atividade aérea.

Na vigência de desorientação espacial, algumas recomendações são extremamente válidas:

- Assumir sempre como referência os instrumentos de voo da aeronave.
- Não duvidar das informações fornecidas pelos instrumentos.
- Alinhar e nivelar a aeronave.
- Comunicar aos demais tripulantes.
- Considerar passar a pilotagem a outro piloto.
- Ter cuidado com movimentos súbitos da cabeça.



Os instrumentos de voo foram desenvolvidos para compensar limitações humanas, portanto confie neles por mais que seu corpo expresse o contrário. Lembre-se: seu corpo erra em relação à orientação espacial no ambiente aéreo.

Por último, é necessário discutir **cinetose**, uma condição extremamente comum, particularmente nas fases de iniciação na atividade aérea. Ela decorre da estimulação do sistema vestibular pelos movimentos da aeronave, em atitudes diferentes das naturalmente vividas pelo corpo.

A estimulação desse sistema de forma previamente pouco usual provoca mal-estar, ansiedade, dificuldade de concentração, vertigens, sensação de desmaio iminente (pré-síncope), sudorese fria, salivação, náuseas e vômitos, podendo levar à incapacidade funcional.

Ela deve ser abordada com habituação, isto é, exposições repetidas ao estímulo, que é o voo, sendo recomendável a participação em atividade aérea sem função a bordo se esse problema é relevante e interfere com o desempenho do aeronavegante.

Exercícios específicos para condicionamento vestibular podem auxiliar. O mecanismo básico desses exercícios é provocar variações rápidas da posição da cabeça no sentido de causar “dessensibilização” do sistema vestibular às acelerações angulares.

Medicamentos para cinetose não são indicados para aeronavegantes, pois influem negativamente na performance psicomotora e constituem um risco à segurança de voo.

Após conhecer as doenças e os transtornos diretamente relacionados à atividade aérea, leia a síntese da unidade e realize as atividades de autoaprendizagem propostas no livro e no EVA.



Síntese

Nesta unidade você estudou patologias diretamente relacionadas à atividade aérea. Como podemos perceber, o corpo humano passou a explorar um ambiente diferente do que foi adaptado e isso traz intrinsecamente associado uma série de limitações físicas. O conhecimento dos problemas abordados é crucial para o desenvolvimento da atividade aeronáutica com segurança.

Expusemos os riscos decorrentes da hipóxia e sua característica perigosa de afetar inicialmente a visão e a cognição, dificultando sua percepção e a tomada de ações corretivas. Vimos que disbarismos podem causar transtornos durante o voo e afastamento da atividade. Conhecemos as situações de riscos e os sinais e sintomas da doença descompressiva em suas formas leves e graves. Discutimos os efeitos das forças acelerativas sobre o corpo e limitações a sua tolerância no eixo vertical. Por último, estudamos o funcionamento e as limitações dos órgãos de orientação do corpo humano e apresentamos condições de ocorrência de desorientação espacial.



Atividades de autoavaliação

Ao final de cada unidade, você realizará atividades de autoavaliação. O gabarito está disponível no final do livro didático. Mas esforce-se para resolver as atividades sem ajuda do gabarito, pois assim você estará estimulando a sua aprendizagem.

- 1) Em relação à ocorrência de desorientação, é correto tomar as seguintes ações:
 - a. Duvidar das informações fornecidas pelos instrumentos, pois eles devem estar em pane.
 - b. Manter a aeronave em seu curso atual até sua melhora.
 - c. Não comunicar aos demais tripulantes para não gerar estresse.
 - d. Tomar como fidedignas as informações dos instrumentos, corrigir a aeronave guiado pelas informações deles, ainda que seu corpo sinta o oposto.

- 2) Cite pelo menos cinco sintomas subjetivos de hipóxia.

3) Faça comentários sobre as diferenças da visão diurna e noturna. A figura a seguir pode ser usada como fonte de informação.

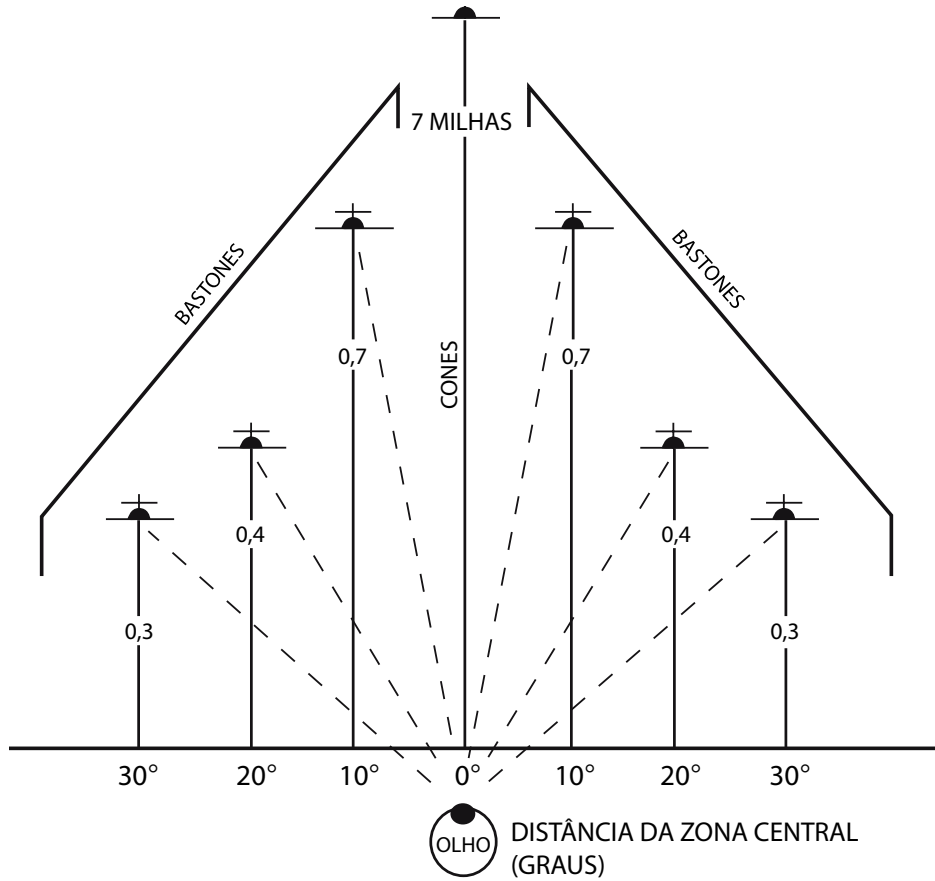


Figura 2.24 - Distribuição da acuidade visual pelo campo visual.
Fonte: Adaptado de Berrios (2009).



Saiba mais

Se você desejar, aprofunde os conteúdos estudados nesta unidade ao consultar as seguintes referências:

THOM, Trevor. **The Air Pilot's Manual**. Volume 6. Human factors and pilot performance. 2. ed. Shropshire: AirLife Publishing Ltda, 2003.

BRASIL. Ministério da Aeronáutica. **Você em voo**. Rio de Janeiro: Cia. Brasileira de Artes Gráficas, 1986.

A saúde do aeronavegante



Objetivos de aprendizagem

- Identificar as condições predisponentes do estresse patológico, da fadiga e da dissincronose.
- Entender o conceito de aptidão física para o voo.
- Compreender os riscos da sobrecarga autoprovocada.
- Conhecer as consequências da exposição aos ruídos e às vibrações.



Seções de estudo

Seção 1 Estresse e fadiga

Seção 2 Aptidão para o voo

Seção 3 Sobrecarga autoprovocada

Seção 4 Ruídos e vibrações



Para início de estudo

A atividade aérea é uma atividade complexa e, na forma que a conhecemos nos dias atuais, o elemento humano é central no seu desenvolvimento. Condições relacionadas aos “indivíduos que voam” e aos processos de trabalho aos quais eles são submetidos produzem efeitos sobre a saúde deles e podem afetar a segurança das operações aéreas, conforme se abordará nesta unidade.

Seção 1 – Estresse e fadiga

Com certeza você já deve ter ouvido a palavra estresse diversas vezes, certo? Mas você sabe o que é estresse?



Estresse é considerado uma reação inespecífica de resposta física ou mental do organismo a uma situação nova imposta pelo próprio indivíduo, por terceiros ou pelo ambiente.

Portanto, o estresse é natural e inevitável. Ele faz parte da vida. Porém, a ocorrência de desequilíbrios como o excesso de estresse, que é também chamado **estresse patológico**, ou o baixo nível de estresse, denominado **subestresse**, pode ter influências deletérias na saúde e no desempenho humano.

O estresse é uma condição prevalente na aviação devido à presença de um rol de fatores estressores, que, por modificarem o “equilíbrio” normal do indivíduo, são capazes de gerar estresse aguda e cronicamente.

A necessidade de tomada de decisões rápidas e precisas numa atividade complexa como o voo aumenta ainda mais a importância do tema, já que o estresse e a fadiga, que será

tratada posteriormente, afetam esse processo de decisão crítico na cabine. Por isso, é imperativo que aeronavegantes, especialmente pilotos, estejam conscientes da existência do problema e exerçam medidas para o seu controle (gerenciamento do estresse). A atividade aérea já é por si mesmo uma atividade de risco e é altamente recomendável intervir sobre qualquer fator que possa agravar esse risco.

Dentre os estressores encontrados na aviação, podemos destacar:

- Altitude;
- Ambiente de cabine;
- Ruídos;
- Vibrações;
- Jornada de trabalho;
- Condições de trabalho;
- Fadiga;
- Imprevisibilidade de situações;
- Alterações dietéticas e
- Afastamento familiar

Os efeitos de um mesmo fator estressor variam de indivíduo para indivíduo e no mesmo indivíduo no decorrer do tempo. Essa variabilidade deve-se aos seguintes fatores:

- Carga mental e concentração necessária para ação de resposta: quanto maior a carga mental e a concentração dirigida ao problema, maior é o potencial de gerar estresse;
- Complexidade da nova situação: uma situação simples normalmente gera menos estresse que uma situação complicada;

Em alguns textos, é citada a equação do *estresse* a fim de explicitar as relações entre a dificuldade de execução da tarefa e capacidade técnica. A expressão dela é:

$$\text{Estresse} = \frac{\text{tarefa}}{\text{capacidade}}$$

- Capacidade técnica: uma determinada situação para um piloto novo pode causar um **nível de estresse** muito maior do que para um piloto experiente;
- Ambiente de desenvolvimento das atividades: espera-se uma geração menor de estresse numa atividade desenvolvida em ambiente calmo, confortável e silencioso do que desenvolvida em ambiente tumultuado, desconfortável e turbulento;
- Ambiente de trabalho: o grau de satisfação com a posição e condições ligadas aos relacionamentos com chefia, entre pares e com subordinados modulam a tolerância ao estresse;
- Ambiente familiar: problemas no ambiente familiar podem ser causadores de estresse agudo e especialmente crônico, interferindo pronunciadamente na capacidade de tolerância ao estresse;
- Preparo para a tarefa: além da capacidade técnica, um plano de execução bem elaborado para uma determinada tarefa geralmente minimiza a carga de estresse;
- Personalidade: pessoas rígidas ou com traços de perfeccionismo podem encontrar dificuldades em se adaptar a novas situações e reagem mal ao estresse;
- Condicionamento físico: o condicionamento físico auxilia na tolerância ao estresse e na resistência à fadiga;
- Nível de estresse prévio: como o estresse é acumulativo, a presença de vários estressores de pequena monta pode determinar um transtorno significativo, se, em conjunto, extrapolarem a capacidade de carga de estresse do sujeito.



É importante para a saúde física e mental que pressões, demandas ou quaisquer fatores estressores sejam gerenciados e controlados de forma que não se acumulem.

Até um determinado nível, o estresse apresenta um efeito de incremento do desempenho humano, conforme a figura a seguir.

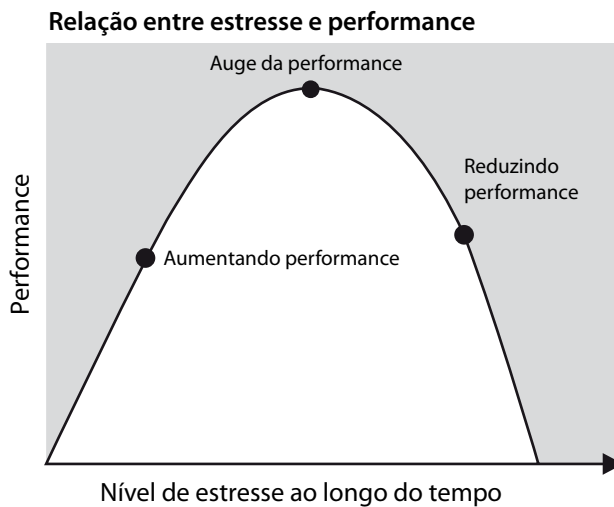


Gráfico 3.1 - Relação entre estresse e performance
Fonte: Adaptado de Human Factors (2001).

Na presença de poucos estímulos, o rendimento humano em uma determinada atividade é baixo. Com o aumento de estresse, esse rendimento se eleva até um ponto ótimo. Se a estimulação se prolongar ou houver um aumento da sua intensidade, o organismo apresenta falência dos mecanismos de resposta, o que provoca queda de performance.

No âmbito da atividade aeronáutica, o estresse pode ser categorizado em dois grupos: estressores ambientais e psicossociais.

São exemplos de estressores ambientais: altitude, temperatura, ar seco, número de etapas, duração das etapas, velocidade dos procedimentos, ergonomia, ruídos, vibrações e meteorologia. Nesse grupo de estressores, estão fatores que determinam alterações da fisiologia do corpo para adaptação ao meio aéreo, carga de trabalho, condições físicas do posto de trabalho e do ambiente.

Dentre os estressores psicossociais são citados fatores ligados à personalidade do indivíduo como **inflexibilidade e passividade**, relacionamento familiar, interação social, problemas financeiros, alteração de função laboral, conflitos interpessoais.

Os estressores psicossociais são fatores da dinâmica da vida do indivíduo consigo e na sociedade e podem provocar repercussões diretas na condução e no desempenho nas atividades.

Inflexibilidade e passividade são características psíquicas do indivíduo com potencial de gerar estresse patológico. A primeira se relaciona a pessoas que pensam unicamente em extremos, sem tolerância para as incertezas e ambiguidades presentes na vida. A última, devido a descon siderações das necessidades, opiniões e desejos próprios leva ao indivíduo a condições sociais e profissionais ruins, que ao longo prazo podem de manifestar como problemas emocionais e físicos.

Sobre a percepção da presença de fatores estressores, os ambientais são facilmente observados. Os psicossociais se apresentam em algum momento, porém podem ficar ocultos.

Níveis de estresse patológico podem se manifestar fisicamente como tensão muscular, queixas gastrointestinais, como gastrite, diarreia ou constipação, sensação de palpitações, exaustão física, dentre outros. Cronicamente também provocam elevação da pressão arterial e da frequência cardíaca, além de alterações deletérias dos níveis de glicose e do colesterol no sangue, aumentando dessa forma o risco das doenças cardiovasculares (infarto cardíaco e acidente vasculoencefálico). Do ponto de vista emocional, podem acarretar quadros de ansiedade, irritabilidade, isolamento social, anedonia (perda de interesse), depressão, abuso de álcool e de tabaco.



Frequentemente, indivíduos com problemas de estresse procuram algum tipo de assistência médica queixando-se de problemas aparentemente menores e, em um primeiro momento, relutam a admitir seus sintomas como oriundos de estresse.

No nível cognitivo e com repercussão no processo decisório, há três padrões de respostas influenciadas pelo estresse que merecem comentários: **simplificação**, **regressão** e **focalização**.

- **Simplificação:** pessoas sob níveis de estresse alto tendem a ignorar informações relevantes para a tomada de decisão e são propensas a fazer “o caminho mais fácil”, ao invés de elaborar soluções racionalmente ponderadas.
- **Regressão:** sujeitos sob níveis de estresse alto podem “esquecer” habilidades que já possuem e reproduzir erros básicos.
- **Focalização:** indivíduos, sozinhos ou coletivamente, sob situações de estresse intenso tendem a focar em um único estímulo aparentemente mais importante, negligenciar outras informações e descumprir ações inicialmente programadas, podendo perder o *timing* e o senso de “voar à frente da aeronave”.



Vimos que o estresse em excesso traz transtornos físicos ao indivíduo e queda de performance. E a falta de estresse? Ela traz alguma vantagem ou é um problema?

A falta de estresse é prejudicial. É sabido que a subcarga de estresse leva à complacência, à desmotivação, à tendência a quebra de protocolos, ao desrespeito das rotinas e abuso de álcool e drogas ilícitas.

Dessa forma, a presença de estimulação é necessária para a manutenção da atenção e da performance. Os riscos encontram-se nos extremos de falta ou de excesso de estresse que extrapole a capacidade de adaptação do indivíduo.

Dentre as estratégias de gerenciamento de estresse, uma delas é o reconhecimento da sua existência e das suas repercussões. A antecipação de qualquer eventual estímulo que possa sobrecarregar o indivíduo também deve ser exposta sem medos ou receios para as pessoas apropriadas.

Outro ponto importante é buscar ativamente a redução do nível de estresse desnecessário para aumentar a capacidade de tolerância à ocorrência de alguma nova situação estressante e inevitável no decorrer das operações. Isso é particularmente válido para problemas de ordem pessoal e o **estresse autoimposto**, também denominado **sobrecarga autoprovocada**, que será tema de uma seção nesta unidade.

Um ambiente de trabalho adequado, capacitação e preparo operacional necessário para o desempenho das funções atribuídas propiciam redução do nível de estresse.

Como o estresse é sempre acumulativo, a procrastinação, que é o hábito de postergar, é um vício a ser evitado. As situações pendentes e a percepção de tempo insuficiente para resolução delas agravam o estresse.

Respeitar o tempo para sono, descanso, lazer e satisfação de vontades também faz parte do gerenciamento de estresse.

Uma vez instalada uma condição de estresse patológico, há três formas básicas de abordagem: retirar o estímulo estressor, retirar o indivíduo da influência do estímulo ou modificar a resposta do indivíduo ao estressor.

Como o estímulo estressor é variado e as respostas são pessoais, cada situação precisa ser avaliada caso a caso, porém há atitudes diante dessa condição que não são apropriadas. Negação do problema, complacência, resignação, abuso de drogas, inclusive álcool e beligerância são exemplos de posturas que comprometem a saúde do indivíduo e a segurança de voo.

A fadiga é um assunto tratado em conjunto com o estresse, pois cada um deles é causa e fator agravante do outro. Na atividade aérea, fadiga e estresse são esperados e não podem ser totalmente eliminados. Eles interferem na consciência situacional, na capacidade de julgamento, na tomada de decisão e na execução de ações.

Estresse e fadiga trazem uma repercussão grave para a atividade aérea, uma vez que comprometem a comunicação, a atenção, a percepção de estímulos, o recurso da memória para interpretação, a capacidade de julgamento e o tempo de reação, interferindo negativamente na segurança de voo. Obviamente a presença desses dois fatores aumenta o risco de incidentes e acidentes. A percepção desses problemas pode ser tardia.

Na aviação, é frequente a exposição a períodos prolongados de trabalho, ambiente desfavorável, privação de sono e afastamento domiciliar. Esses fatores, dentre outros, favorecem a ocorrência de fadiga.

E o que é fadiga?



Define-se fadiga como a sensação de cansaço, desgaste ou sonolência que resulta do trabalho físico ou mental prolongados, da privação do sono ou de períodos de ansiedade contínua ou de monotonia.

A fadiga pode se desenvolver a partir de várias fontes. A atividade que leva a fadiga ou como ela é percebida não são

os fatores mais importantes. O fator mais importante é a repercussão na habilidade da pessoa de realizar tarefas e manter um desempenho adequado.



Por exemplo, um dia de estudo ou um dia de trabalho físico pesado causam fadiga. A fadiga do dia de estudo pode ser sentida com cefaleia e incômodo visual e a do trabalho físico com cansaço muscular e dor nas costas, porém ambas reduzem a capacidade funcional do indivíduo.

A fadiga pode ser aguda ou crônica. A fadiga aguda é a que ocorre entre dois períodos de sono regular. Manifesta-se, dependendo da condição física e mental do indivíduo, após jornada de 12 a 15 horas, através de:

- Inatenção;
- Perda de concentração;
- Perda de coordenação motora;
- Negligência de tarefas secundárias;
- Falta de percepção de queda de performance e
- Irritabilidade.

A fadiga aguda é facilmente revertida com repouso e sono adequados.

A fadiga crônica decorre da recuperação inadequada da fadiga aguda por manutenção de cargas de estresse associadas a repouso e sono insuficientes. Além do desgaste físico e mental, alterações comportamentais manifestam-se como:

- Baixa motivação;
- Humor deprimido;
- Complacência;

- Redução do desempenho psicoafetivo e profissional;
- Risco de abuso de substâncias;
- Alterações do apetite, podendo haver inapetência ou hiperfagia;
- Insônia.

Doenças físicas podem estar entre os fatores predisponentes ou agravantes de fadiga crônica, embora problemas de ordem psicossocial sejam mais frequentemente associados.

O extremo da fadiga crônica é a síndrome de exaustão motivacional, denominada também como síndrome de *burn-out*. Na *burn-out* ocorre queda significativa do desempenho ocupacional e social do indivíduo, usualmente associado a transtorno de humor e isolamento.

Novamente o tratamento é repouso e sono adequado, porém pode demorar semanas a meses para recuperação. Pode ser necessário auxílio psicoterápico.

A percepção do problema fadiga pode ser difícil e ser mais evidente para terceiros do que para o próprio indivíduo. Alguns indicadores de que um sujeito pode estar fadigado são:

- Diminuição da atenção;
- Dificuldade de memória;
- Lentidão física e mental;
- Descuido com a apresentação (perda de vaidade);
- Comunicação pouco clara ou expressão confusa de ideias;
- Descoordenação motora.

Semelhantemente ao gerenciamento do estresse, estratégias para controle da fadiga são sempre necessárias, visto que as condições de trabalho na aviação facilmente propiciam sua ocorrência. Recomenda-se de uma maneira geral:

- Não extrapolar a jornada de trabalho definida;
- Preparar o ambiente de repouso adequado: confortável, escuro e silencioso;
- Manter horários de acordar, de dormir e de alimentação mesmo em dias de folgas;
- Manter um bom condicionamento físico;
- Ter um sono reparador.

O sono é uma questão de suma importância, pois ele tem o propósito de revitalizar o corpo e a mente para as atividades do dia subsequente. Um sono interrompido, que não passa por todos os seus estágios e ciclos, não cumpre totalmente essa função.

Usualmente, em uma noite ocorrem quatro a cinco ciclos de sono divididos em não REM e REM. Cada ciclo dura em torno de 90 minutos. Nos primeiros ciclos atingem-se estágios mais profundos de sono, enquanto que os últimos são mais superficiais, já preparando o corpo para o despertar.

Podemos utilizar uma regra simples para o tempo necessário de sono: para cada uma hora de sono cria-se um crédito de duas horas de atividades. Por exemplo, após uma noite de oito horas de sono adequado, espera-se 16 horas de atividades sem problemas ligados à fadiga aguda.

Alguns fatores interferem na qualidade do sono. O uso de álcool altera o padrão do sono REM e prejudica a capacidade de restauração física e mental. O hábito de ingerir álcool quando se está cansado após um dia de trabalho estressante para “relaxar” apresenta um resultado oposto.

Em situações em que o tempo de sono foi diminuído ou o horário de sono alterado, a permissão para pequenas sestas de descanso durante o dia pode aliviar a fadiga. O tempo desses intervalos deve ser limitado até 30 minutos, para que não se adentre em um estágio de sono muito profundo, que acarreta um despertar em ritmo lento do corpo.

Uma condição particular de causa ou agravamento de fadiga no aeronavegante de linha comercial são as alterações de fusos horários ou *dissincronoses*, conhecidas popularmente como *jet lag*. Esse é um transtorno do organismo humano caracterizado por alteração do padrão de seu funcionamento físico e psicológico, devido à perda de sincronia entre o horário biológico e o geográfico.

Viagens transmeridianas levam à alteração do fuso horário e à dissincronose, desvio do ciclo noite/dia do relógio interno em relação ao tempo geográfico. Deslocamentos para leste causam “encurtamento” do ciclo. Deslocamentos para oeste causam “retardamento” do ciclo. Os problemas são decorrentes da situação encontrada após pouso em zonas de tempos diferentes.

Há também alterações do relógio biológico em viagens nos extremos longitudinais devido à mudança de luminosidade, porém essas são menos sentidas.

O relógio interno ou biológico do organismo funciona em ciclos de aproximadamente 24 a 25 horas. Através dele o corpo controla ciclicamente a temperatura corporal, a liberação de hormônios, a atividade do sistema nervoso autônomo, a taxa metabólica e outros fenômenos. Dessa forma, o organismo se prepara para a sequência de atividades do dia. Tal relógio recebe influência direta dos *zeitgebers*, ou “doadores do tempo”, ou “marcapassos”.



Os principais *zeitgebers* são o nascer do sol e o pôr do sol, a temperatura do ambiente, as refeições e os eventos sociais.

Os efeitos das dissincronoses no indivíduo são:

- Fadiga;
- Irritabilidade;
- Queda de rendimento físico e mental;
- Distorção de tempo e distância;

- Distúrbio do sono (insônia, despertar precoce, sonolência diurna);
- Mal-estar;
- Cefaleia;
- Dores articulares e musculares;
- Indisposição gastrointestinal.

A redução desses efeitos pode ser obtida com repouso na véspera e durante voo, dieta leve, abstinência de álcool, atividade física leve, ambiente adequado para sono, período de sono com pelo menos quatro horas de duração no novo horário e exposição ao ciclo dia/noite local.

O uso de medicamentos com aconselhamento especializado e em situações muito particulares é também uma opção, principalmente na indução de período de sono no horário local.

O organismo é mais tolerante com deslocamento para oeste devido ao alongamento do dia e porque não há salto de “doadores do tempo”.



Por exemplo, em uma viagem de Londres para Nova York são cruzados cinco fusos horários para oeste. A pessoa que saiu de Londres experimentará um dia com 29 horas e provavelmente participará de situações (ver o nascer ou o pôr do sol, fazer uma refeição) que normalmente participaria caso estivesse em Londres. O organismo tende a ignorar esse intervalo e sofrer menos com a alteração do fuso. Na situação contrária, de uma viagem de Nova York a Londres, o indivíduo terá um dia de 19 horas de duração e provavelmente perderá alguns dos eventos “doadores do tempo”. Nesse último caso a adaptação é mais difícil.

A ressincronização ocorrerá com o tempo. Sabe-se que alguns órgãos e sistemas humanos se adaptam mais rápido que os outros, levando a uma situação de disritmia circadiana, ou seja, os órgãos e sistemas funcionando em horários diferentes segundo o relógio biológico.

Uma ressincronização funcional para desempenho de funções habituais demora em torno de dois dias para viagens de até seis fusos. Para deslocamentos maiores que seis fusos, leva em média de meio dia a um dia para cada fuso adicional.

Uma ressincronização completa leva em média um dia por fuso para oeste e um dia e meio de fuso para leste.

No caso de viagens muito curtas, de um a dois dias, talvez a ressincronização não seja uma boa estratégia e a manutenção do horário original pode ser mais adequada.

Seção 2 – Aptidão para o voo

Aptidão para o voo é bem mais do que simplesmente ter um cartão de saúde válido. Não é que uma inspeção de saúde não tenha valor, ou seja, dispensável, porém ela é uma análise pontual, estanque e distante do cotidiano. Aptidão para o voo é um conceito que extrapola os procedimentos de uma inspeção de saúde. Ela passa pelo reconhecimento da complexidade da atividade aérea e necessidade de boas condições físicas e mentais dos tripulantes para o seu desenvolvimento com segurança.

Aptidão para o voo é uma qualidade construída e adquirida com o tempo. Envolve senso de autocuidados, autoconhecimento, estudo, disciplina, forjamento das respostas emocionais, gerenciamento do estresse, respeito aos próprios limites, dentre outros aspectos.

Vários fatores podem degradá-la, como falta de condicionamento físico, uso de medicações, tabagismo, abuso de álcool e drogas, estresse, fadiga, privação de sono, hábitos alimentares ruins, situações pessoais e familiares de conflito.

O julgamento sobre a aptidão em relação às condições de saúde para atividade aeronáutica deve ser revisada pelo próprio aeronavegante antes de cada voo. Similarmente ao *check* pré-voo da aeronave, procede-se um *check* pré-voo individual.

O aeronavegante deverá se perguntar: caso fosse submetido a uma inspeção de saúde no momento, teria um parecer favorável? A resposta a essa pergunta deverá ser absolutamente positiva. Caso contrário, principalmente em condições de voo por instrumento – que é mais complexo que voo visual e exige patamares altos de performance humana para o seu desenvolvimento em segurança –, a decisão de interrupção do engajamento em atividade aérea precisa ser considerada.

IMSAFE é proveniente do inglês *I'm safe*, que traduzido significa estou seguro.

Uma sugestão de *checklist* pessoal é o da regra mnemônica **IMSAFE:**

***Illness* (doenças)**

Apresento algum sintoma de doença?

***Medications* (medicamentos)**

Tomei alguma medicação nas últimas 24 horas?

***Stress* (estresse)**

Estou sobre alguma pressão no trabalho? Estou com algum problema pessoal, familiar ou financeiro?

***Alcohol* (álcool)**

Ingeri bebida alcóolica nas últimas 24 horas? Sinto algum efeito residual?

***Fatigue* (fadiga)**

Estou cansado ou não repousei adequadamente?

***Eating* (alimentação)**

Alimentei-me de maneira apropriada para o tipo e o tempo de voo?

Falamos que existem fatores que degradam a aptidão para o voo. A vida profissional moderna reserva muito pouco tempo para cuidados pessoais, como condicionamento físico, alimentação e sono. A profissão de aeronauta, embora cercada de um *glamour*

distinto de outras profissões, não é isenta do cenário descrito. Há uma nuvem de cobrança em relação ao tempo gasto com tais cuidados, que equivocadamente pode ser encarado como tempo improdutivo. Sabe-se que pessoas que são fisicamente ativas, que se alimentam e dormem bem, normalmente são mais produtivas e têm a sensação de viver melhor. Também é provado que tais pessoas reagem melhor em situações críticas.

O ser humano evoluiu como um organismo ativo, dinâmico. A falta de atividade física ou o sedentarismo causam uma série de transtornos, desde perda de força muscular, dores articulares e na coluna vertebral, obesidade, até doenças cardiovasculares. A prática regular de atividade física é um hábito a ser cultivado. Essa prática deve ter um início com intensidade adequada para o condicionamento físico atual. Há dois tipos básicos de programas de condicionamento físico: aeróbico (cardiopulmonar) e anaeróbico (resistência muscular).

Exercícios aeróbicos envolvem grandes grupos musculares mantidos em atividade de maneira rítmica e contínua e fazem o coração e o pulmão trabalharem em níveis de atividades maiores que o repouso. São exemplos de atividades aeróbicas: caminhada ou corrida, ciclismo, natação, esportes como futebol, basquete e tênis.

Exercícios anaeróbicos agem sobre músculos ou grupos musculares isolados, aumentando força e tônus, além de favorecerem os resultados dos programas aeróbicos. Podem ser realizados com pesos livres, máquinas ou bandas elásticas. Como há vários tipos de exercícios com finalidades diversas, é necessária orientação especializada para instrução dirigida pelas características e necessidades individuais.

Um bom condicionamento físico propicia aumento de tolerância a fatores como hipóxia, forças acelerativas, estresse e fadiga, além de senso de bem-estar.

Seção 3 – Sobrecarga autoprovocada

Já falamos de aptidão para o voo. Abordaremos agora outro tema importante para a segurança de voo que é a *sobrecarga provocada*, ou *estresse autoimposto*.

Também podemos definir sobrecarga autoprovocada como toda ação ou omissão do aeronavegante sobre si, influenciando negativamente na sua capacidade de adaptação e desempenho funcional na atividade aérea.

Esse é um tipo particular de estresse, pois há possibilidade de atuação do indivíduo sobre a sua ocorrência.

Dentre as causas de sobrecarga autoprovocada, podemos citar:

Tabagismo

É de amplo conhecimento que o consumo de tabaco na forma de cigarro traz prejuízos à saúde. O tabagismo provoca doenças cardiovasculares, a principal causa de morte nas sociedades desenvolvidas, e de doenças pulmonares. Ele aumenta a incidência de praticamente todos os tipos de câncer.

Agudamente, na atividade aérea, ele leva à diminuição da capacidade de transporte de oxigênio aos tecidos, devido à inalação do monóxido de carbono presente na fumaça do cigarro. Por ter uma afinidade com a hemoglobina 250 vezes maior do que o oxigênio, o monóxido de carbono forma um complexo estável com a hemoglobina, impedindo a ligação do oxigênio a essa molécula. Usualmente, ocorre a formação de 5 a 10% desse complexo chamado carboxi-hemoglobina. Fisiologicamente, a presença dessa concentração de carboxi-hemoglobina determina uma queda da capacidade de transporte de oxigênio e consequentemente hipóxia equivalente a estar 5.000 pés acima da altitude real.



Por exemplo, se o indivíduo tabagista está a 8.000 pés, a sua exposição corresponde a 13.000 pés.

Álcool

A ingestão de álcool é um costume muito prevalente e aceito na maioria das sociedades.

O álcool etílico é o princípio ativo das bebidas alcóolicas e age como um depressor das atividades celulares, devido à redução da capacidade das células utilizarem o oxigênio (hipóxia histotóxica) nos processos de produção de energia. Em relação ao sistema nervoso central, isso acarreta comprometimento das funções cognitivas: raciocínio, memória, capacidade de julgamento.

O álcool também altera o equilíbrio de neuro-hormônios – serotonina, dopamina e noradrenalina – que controlam o humor. A qualidade do sono também é afetada negativamente por esse desequilíbrio.



O álcool é sempre um depressor de atividades. A observação de pessoas que após ingerirem pequenas quantidades de álcool ficam mais “liberadas” deve-se à redução de atividade dos centros inibitórios do sistema nervoso central.

A concentração de álcool no sangue dependerá da quantidade total consumida, da velocidade de ingestão, da velocidade de absorção no trato gastrointestinal e da taxa de metabolização do álcool pelo organismo.

A absorção no estômago e no intestino dependerá do tipo de bebida ou mistura, presença de alimentos e fatores individuais. O organismo normalmente metaboliza a cada hora 10 mL de álcool etílico puro, quantidade presente em uma dose de *whisky* ou equivalente ou 200 mL de cerveja. Ao contrário do pensamento

popular, essa metabolização não é acelerada por ingestão de café, medicamentos ou atividade física.

A participação em atividade aérea após ingestão de álcool, independentemente da quantidade, é proibitiva por pelos menos 12 horas. O álcool tem seu efeito potencializado na altitude e mesmo concentrações baixas como 0,05 a 0,10% já acarretam menor adaptação ao ambiente. Dados da aviação geral civil americana estimam que o consumo de álcool tenha sido fator contribuinte em 16% dos acidentes fatais.

Os efeitos do álcool após um episódio de consumo abusivo ou libação alcoólica requerem um intervalo de tempo maior que 12 horas para normalização do estado funcional do organismo. A sensação de ressaca é um indicativo da permanência de efeitos do álcool no corpo e de comprometimento do desempenho físico e mental.

Dieta

Outro aspecto importante é a nutrição. Refeições balanceadas ajudam o corpo a repor os gastos energéticos e a manter a saúde. Uma dieta com 2000 a 2500 kcal, contendo 50 a 55% de carboidratos complexos, 15 a 20% de proteína e 25 a 35% de gorduras é adequada para a maioria das pessoas ativas. Uma dieta abaixo das **recomendações nutricionais** consome massa muscular. Excesso de calorias não gastas leva a depósito de gordura e obesidade, que é associada a diversas complicações. O consumo de frutas frescas pode auxiliar na restrição de ingestão de calorias e no funcionamento do trato gastrointestinal como fonte de fibras.

A hipoglicemia é a redução de glicose no sangue. A glicose é o “combustível” que é “queimado” com o oxigênio pela maioria das células do corpo para produção de oxigênio. Na sua falta, a célula é incapaz de produzir energia e interrompe seu funcionamento, levando o indivíduo à fraqueza, ao mal-estar e à perda de consciência.

Recomendações nutricionais correspondem à quantidade de substâncias nutritivas requeridas para um indivíduo manter suas funções normais de acordo com a idade, o sexo, a constituição corporal, o estado de saúde e a atividade física.

O mesmo raciocínio é válido em relação à hipóxia. As células da retina e do sistema nervoso central são altamente dependentes de energia e muito sensíveis à hipoglicemia.

O jejum prolongado e aporte insuficiente de calorias na forma de carboidratos podem levar à hipoglicemia. Entretanto, a ingestão excessiva de carboidratos, principalmente nas formas mais simples como a glicose também pode causar uma queda dos níveis de glicose, chamada nessa situação de *hipoglicemia reativa*. Embora paradoxal, o organismo ao receber uma grande quantidade de glicose libera uma dose alta de insulina, hormônio que controla o nível da glicose no sangue, fazendo a sua extração do sangue para as células para ser “queimada” ou transformada em glicogênio. Alguns indivíduos são susceptíveis a essa baixa da glicose no sangue promovida pela ação da insulina e apresentam quadros de hipoglicemia.

Outro problema relacionado à nutrição na atividade aérea são os disbarismos por expansão gasosa no trato gastrointestinal, ou aerocolia. Consumos de alimentos de digestão e absorção difíceis ou em grandes volumes podem ser fermentados pelas bactérias dos intestinos e produzir gases que ficam retidos no interior do trato. Com a altitude, ocorrerá o aumento de volume, causando o transtorno. A lista de alimentos considerados “fermentadores” é variável para cada pessoa, porém, normalmente, são citados: abacate, melão, feijão, soja, brócolis, couve-de-bruxelas, couve-flor, milho, pimentão, lentilha, cebola, beterraba, nabo, rabanete, ovo, defumados, carnes gordurosas, farináceos, alimentos semicozidos e cereais. O consumo de bebidas gaseificadas, o uso de medicamentos efervescentes e o hábito de mascar chiclete também facilitam a ocorrência desse problema.

Quanto à hidratação, sabe-se que o organismo possui em torno de 60% do seu peso em água. Perdas com variações pequenas, como 2 ou 3%, afetam o desempenho do piloto, particularmente em relação às forças acelerativas em voos de alta performance. Sabe-se que no ambiente aéreo há um aumento de perda de líquidos pela respiração, devido à baixa umidade do ar na cabine, e uma redução do consumo de líquidos, devido ao foco de atenção externo durante a atividade aérea. Isso favorece a ocorrência de desidratação. Voluntariamente, o indivíduo deve buscar ingerir líquidos em intervalo de tempos regulares.

Falta de sono

O sono é essencial para a recuperação da fadiga e revitalização do corpo. Longas jornadas, mudanças de fuso horário, afastamento do ambiente familiar são alguns dos fatores presentes na vida do aeronavegante que afetam a qualidade do sono. Cabe ao aeronavegante respeitar sua necessidade de sono, visto que o déficit de sono compromete o estado de alerta, a concentração, a consciência situacional, a capacidade de julgamento e tomada de decisão, o tempo de resposta, além do humor e da qualidade da comunicação.

O tempo de sono é pessoal. Em torno de oito horas são adequadas para a maioria dos indivíduos.

Medicamentos

Vários medicamentos, muito deles vendidos sem receita médica, são incompatíveis com o voo, principalmente na função de pilotagem, por afetarem negativamente a atenção, a percepção, a capacidade de resposta e a coordenação motora ou por alterarem o humor e o equilíbrio emocional. Há ainda o risco de reações inesperadas, relacionadas a uma reação particular daquela pessoa àquela medicação.

A razão pela qual o sujeito está em uso de medicação também deve ser considerada. Muitas vezes, a própria doença é incapacitante, temporária ou definitivamente.

Por não contemplar uma avaliação global da situação, a automedicação ou a orientação de tratamento para um aeronavegante por profissional sem noções das condições especiais relacionadas à atividade aérea é um risco para a saúde individual e para a segurança de voo.

Pode-se categorizar os tratamentos medicamentosos quanto à repercussão na atividade aérea:

1. O medicamento e a doença não incapacitam para o voo e são de manejos seguros pela história do paciente e pelos efeitos esperados, podendo ter uso liberado sem afastamento do voo. Podem ser enquadrados

nesta categoria: soro nasal fisiológico ou hipertônico, paracetamol, dipirona, dimeticona, hidróxido de alumínio ou de magnésio, vitamina C, polivitamínicos em doses usuais, anti-inflamatórios não esteroides.

2. O medicamento a princípio não incapacita e, após uma observação do controle da doença e da ausência de efeitos adversos, pode haver liberação de retorno ao voo. Nessa categoria, inclui-se toda medicação utilizada pela primeira vez pelo aeronavegante por 48 horas, antibióticos, anti-hipertensivos, com exceção de clonidina e de metildopa, hipoglicemiantes orais, broncodilatadores, carbocisteína, inibidores de bombas de próton (omeprazol, pantoprazol, lansoprazol e outros), antagonistas de H^2 (ranitidina), prednisona em dose baixa, levotiroxina sódica, estatinas (sinvastatina, rosuvastatina, atorvastatina e outros).
3. Independentemente da condição de saúde, o medicamento por si apresenta efeitos adversos esperados incompatíveis com o voo. Exemplos de medicamentos proscritos na atividade aérea são os benzodiazepínicos (diazepam, lorazepam, bromazepam e outros), anti-histamínicos de primeira geração (clorfeniramina, dexclorfeniramina), cimetidina, carisoprostol, ciclobenzaprina, opioides (tramadol, codeína, morfina e outros), antidepressivos tricíclicos (imipramina, amitriptilina, nortriptilina e outros), clonidina, metildopa, loperamida, escopolamina, metoclopramida, dimenidrato, meclizina, sildenafil.
4. Independentemente do medicamento indicado para o tratamento, a doença por si é incapacitante para o voo. Aqui estão incluídas doenças infecciosas aguda, lesões osteomusculares limitantes, cardiopatias isquêmicas ou não, valvulopatias, vasculopatias, doenças cerebrovasculares, epilepsia, doenças neurológicas, quadros demenciais, transtornos psiquiátricos (depressão, ansiedade generalizada, síndrome do pânico, quadros psicóticos, outros).

5. Ainda não há informação suficiente sobre a substância para emitir um parecer sobre liberação ou não para voo. Essa categoria se trata normalmente de tratamentos homeopáticos, fitoterápicos ou outras práticas alternativas, que até comprovação de segurança, são desaconselhadas.
6. Em relação ao uso de inibidores de recaptção de serotonina (fluoxetina, paroxetina, sertralina e outros), de bupropiona e de sibutramina em tratamentos não associados a transtornos do humor há muita contrversia. Até melhor definição sobre a segurança, a liberação ainda é restringida.

Cuidado com associações de medicamentos, principalmente para resfriados ou para dores musculares. Normalmente a associação é vendida com nome de marca, pode ter medicações proibitivas e, por vezes, a composição da associação é alterada sem a devida divulgação.

Seção 4 – Ruídos e vibrações

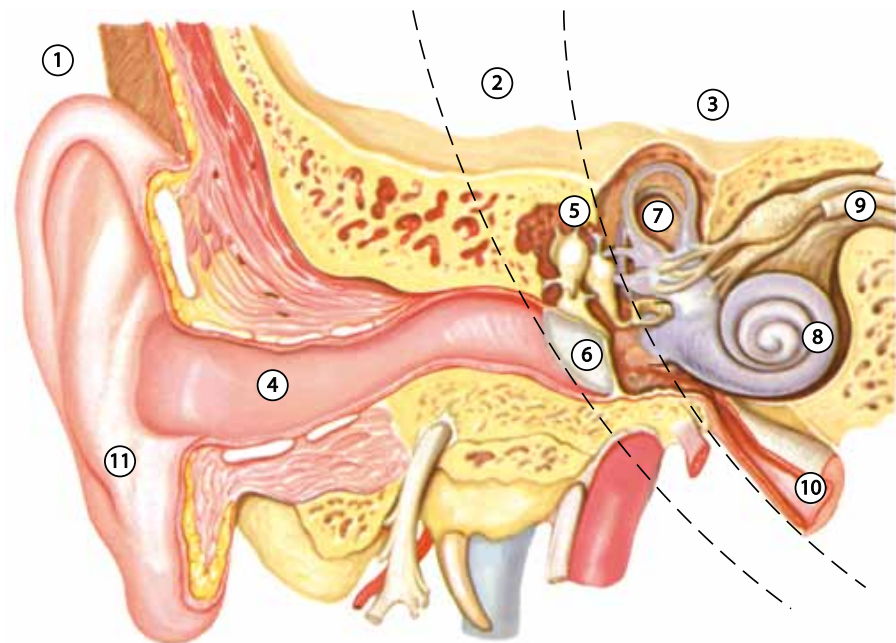
A exposição a ruídos é frequente na aviação e pode causar danos ao organismo. Além de afetar o indivíduo, os transtornos causados por essa exposição podem interferir na segurança de voo.

A audição é o processo de percepção do som. Durante a operação de aeronave, a audição é o segundo sentido mais importante para a obtenção de informações críticas, ficando atrás apenas da visão.



A diferença entre som e ruído consiste que o som é a energia das ondas sonoras que pode ser processada em mensagem e ruído é essa energia sonora irregular, desorganizada e indesejável.

O processo de captação do som consiste em coletar as pressões sonoras do ambiente e transformar em estímulos elétricos ao cérebro. Essas ondas entram pelo canal auditivo e vibram a membrana timpânica. A vibração é transmitida pela cadeia ossicular até a janela da cóclea. A energia mecânica dos ossículos movimentam a membrana da janela da cóclea e transmite as ondas ao líquido no interior da cóclea, estimulando as células ciliadas que transformam esse sinal em estímulo nervoso repassado ao cérebro através do nervo auditivo.



- | | | |
|--------------------|---------------------------|--|
| 1 – Ouvido externo | 5 – Ossículos | 9 – Nervo coclear |
| 2 – Ouvido médio | 6 – Membrana timpânica | 10 – Tuba auditiva (comunicação com a nasofaringe) |
| 3 – Ouvido interno | 7 – Canais semicirculares | 11 – Pavilhão auditivo (orelha) |
| 4 – Canal auditivo | 8 – Cóclea | |

Figura 3.1 - O ouvido humano.
Fonte: Adaptado de Healthy is expensive (2011).

O ouvido humano é capaz de perceber sons nas faixas de 20 a 20000 Hertz (Hz). A fala humana utiliza frequências entre 500 e 3000 Hz. A intensidade da pressão sonora é medida em decibéis (dB), que é uma escala logarítmica. O aumento de 20 decibéis significa o incremento de 10 vezes da força da onda sonora.

Situações e níveis de pressão sonora	
Fala em sussurrada	20 dB
Conversa normal	30 dB
Rua movimentada	60 dB
Barulho de maquinário (ex. fonte)	80 dB
Proximidade de aeronave turbo-hélice em funcionamento	100 dB
Proximidade de aeronave a jato	120 dB

Quadro 3.1 - Situações e níveis de pressão sonora
Fonte: Elaborado pelo autor (2011).

A atividade aeronáutica é reconhecidamente barulhenta, seja durante o voo, nas comunicações ou nas tarefas de manutenção.

A exposição a ruídos pode provocar mudança temporária do limiar auditivo (MTLA), perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) e trauma acústico. A MTLA é uma dificuldade auditiva temporária ocasionada por exposição curta a níveis de pressão sonora elevados, podendo ser acompanhada por zumbidos. A PAIR é a perda permanente causada pela exposição prolongada e repetida a ruídos acima do limiar de tolerância diário. O trauma acústico caracteriza-se pela lesão imediata unilateral ou bilateral permanente, decorrente de exposição única a níveis de pressão sonora muito elevados (maiores que 130 dB).

Nesta unidade, estudaremos com mais atenção a PAIR, por ser a lesão provocada pela exposição cumulativa e infelizmente muito prevalente entre indivíduos ligados à atividade aérea.

A PAIR se apresenta como uma perda de audição neurosensorial bilateral, simétrica, irreversível, predominantemente nas frequências de 3000, 4000 e 6000 Hz, progressiva com a manutenção da exposição ao risco, decorrente da destruição das células sensoriais da cóclea pela hiperestimulação.

O diagnóstico é feito pela audiometria aérea que evidencia queda inicial nas referidas frequências, o que confere uma curva típica no audiograma com uma incisura chamada de “goteira acústica”.

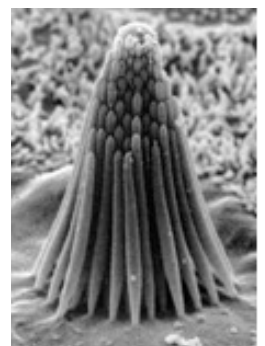


Figura 3.2 - Célula coclear sadia
Fonte: Rojas e Bustamante (2009).



Figura 3.3 - Células cocleares lesadas por ruído
Fonte: Rojas e Bustamante (2009).

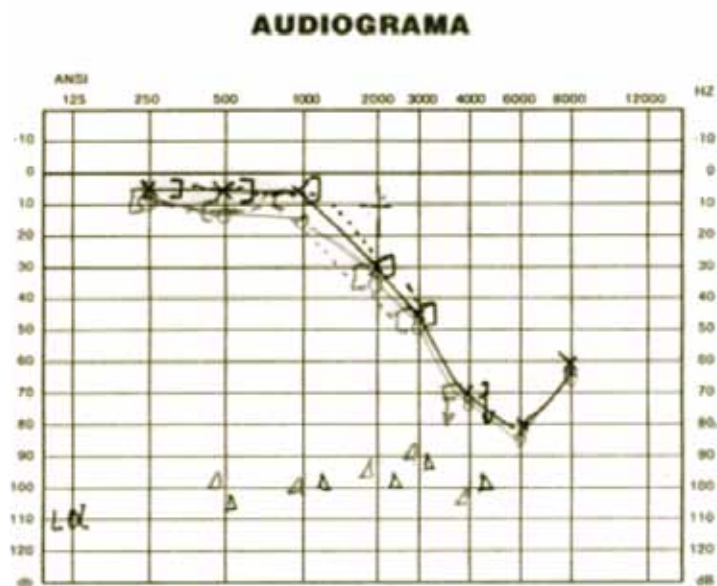


Figura 3.4 - Audiograma típico de PAIR.
 Fonte: Rojas e Bustamante (2009).

O diagnóstico também é firmado pela piora nos níveis de limiares auditivos de 15 decibéis em uma dessas frequências ou de 10 decibéis na média das três frequências.

Os níveis de tolerância diários são definidos pela tabela de Fowler.

Tabela 3.1 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

Nível de ruído dB (A)	Máxima exposição adirira permissível
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos

continua...

Nível de ruído dB (A)	Máxima exposição admissível
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego (1978).

De forma prática, é necessário o uso de proteção auricular caso se demonstre exposição a níveis de pressões sonoras acima de 85 dB. Esse nível é facilmente alcançado na atividade aeronáutica. Portanto, aeronavegantes e pessoal de terra devem usar equipamentos de proteção auricular individuais (EPI auricular).

Há vários modelos de EPI auricular, que podemos agrupar em dispositivos do tipo: capacete antissonoro, concha, ajustável e moldável. O nível de redução de ruído (NNR) corrigido do dispositivo, para ser considerado adequado, deve promover a redução da intensidade da pressão sonora a um nível menor que 85 decibéis.

O capacete antissonoro incorpora a proteção auricular ao aparelho de comunicação da aeronave. Os dispositivos do tipo concha modernos, que são acoplados ao sistema de comunicação da aeronave, também podem possuir essa dupla funcionalidade.

Os dispositivos do tipo concha simples são apropriados para o pessoal da manutenção. Os ajustáveis normalmente são compostos de plásticos, são práticos, porém podem não atingir o nível de proteção adequado, pois o seu NNR corrigido é baixo. Os moldáveis, usualmente compostos de espuma, também são práticos, podem ser usados em combinação com fones ou dispositivos tipo concha e possuem NNR maiores que os dos ajustáveis.



Figura 3.5 - EPI auricular tipo concha
Fonte: 3M do Brasil (2011).



Figura 3.6 - EPI auricular tipo ajustável
Fonte: 3M do Brasil (2011).



Figura 3.7 - EPI auricular moldável
Fonte: 3M do Brasil (2011).



É importante conhecer o nível de exposição aos ruídos do ambiente e o nível de proteção conferido pelo dispositivo de proteção (NNR corrigido). A conta do nível de exposição aos ruídos menos NNR corrigido do equipamento de proteção deve ser menor que 85 dB.

O impacto direto na atividade aérea da exposição a ruídos inclui dificuldade de comunicação, possibilidade de erros, elevação da carga de estresse e favorecimento da ocorrência de fadiga. Por isso, o ruído é uma questão de segurança de voo.

A prevenção do problema não deve ser feita exclusivamente por uso de EPI auricular. Na elaboração de projetos de instalações e aeronaves, o fator ruído deve ser analisado entre as medidas de proteção coletiva ao desenvolvimento do trabalho.

Por último, vibrações são ondas mecânicas transmitidas ao corpo e também podem causar danos aos órgãos e às estruturas do corpo humano, particularmente se ocorre o fenômeno de ressonância entre as ondas e as partes do corpo. A ressonância é a amplificação da intensidade das ondas devido à coincidência de frequências de vibração.

Vibrações constituem-se um problema significativo em aviação de asas rotativas, pois são mais intensas e há superposição das frequências normalmente produzidas pelos rotores dos helicópteros e as de ressonância dos discos intervertebrais, determinando uma incidência elevada de lombalgia em aeronavegantes desse tipo de aviação.

Agora que já identificamos as consequências de exposição aos ruídos e às vibrações, leia a síntese da unidade e realize as atividades de autoavaliação, retomando os principais assuntos estudados nesta unidade.



Síntese

Nesta unidade estudamos condições do aeronavegante e dos processos de trabalho encontrados na aviação que trazem repercussões na saúde e na segurança de voo. Falamos sobre estresse e fadiga e da necessidade de gerenciamento desses dois problemas devido ao impacto negativo na vida pessoal e na atividade aérea.

Introduzimos também um conceito mais amplo sobre aptidão para o voo, no qual ela é dinâmica e significa mais do que ter um cartão válido. Apontamos os riscos decorrentes da sobrecarga autoprovocada, estresse passível de controle pelo próprio indivíduo. Por último, mostramos a base para ocorrência da PAIR e as medidas preventivas cabíveis.

A atividade aérea é uma atividade de risco. Fatores potenciais de agravo demandam atuação individual e organizacional no intuito de eliminar ou minimizar os efeitos e as consequências de tais fatores. Um voo com saúde e segurança sempre será o objetivo maior a ser alcançado.



Atividades de autoavaliação

Ao final de cada unidade, você realizará atividades de autoavaliação. O gabarito está disponível no final do livro didático. Mas esforce-se para resolver as atividades sem ajuda do gabarito, pois assim você estará promovendo (estimulando) a sua aprendizagem.

- 1) Seu posto de trabalho fica exposto a ruídos de até 95 decibéis. O equipamento a ser utilizado deverá ter NNR corrigido mínimo de:
 - a) 17.
 - b) 11.
 - c) Não se faz necessário o uso de EPI auricular.
 - d) 4.

2) Existe diferença entre estresse e sobrecarga provocada? Justifique.

3) Imagine que você é um piloto de linha comercial e realizou uma viagem de São Paulo a Paris, para realização de um treinamento em um novo sistema da aeronave. Esse treinamento se iniciará dois dias após a sua chegada. Sua previsão de retorno é de dez dias. Comente sobre dissincronose e pesquise sobre a indicação de uso de medicamentos para abordagem desse problema.



Saiba mais

Se você desejar, aprofunde os conteúdos estudados nesta unidade ao consultar a seguinte referência:

THOM, Trevor. **The Air Pilot's Manual**. Volume 6. Human factors and pilot performance. 2. ed. Shropshire: AirLife Publishing Ltda, 2003.

Fatores humanos



Objetivos de aprendizagem

- Entender o conceito de fatores humanos.
- Conhecer modelos de estudo dos fatores humanos.
- Compreender os pilares do Gerenciamento de Recursos da Tripulação (Crew Resource Management – CRM).
- Praticar no cotidiano da atividade aérea condutas proativas de prevenção de incidentes e acidentes aéreos.



Seções de estudo

Seção 1 Introdução ao conceito de fatores humanos

Seção 2 Modelos teóricos em fatores humanos

Seção 3 Gerenciamento de Recursos da Tripulação

Seção 4 Prevenção de incidentes e acidentes aéreos



Para início de estudo

A exploração do ambiente aéreo é uma atividade que envolve riscos e na qual ocorrem acidentes. O levantamento de dados da aviação civil brasileira do período de 2000 a 2009 realizado pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes da Força Aérea Brasileira (CENIPA) indicou a seguinte incidência dos fatores contribuintes de acidentes.

Tabela 4.1 - Incidência de fatores contribuintes em acidentes no período entre 2000 e 2009

Fator contribuinte	Incidência em percentagem
Julgamento	64,9
Supervisão	57,4
Planejamento	47,7
Aspectos psicológicos	46,7
Indisciplina de voo	28,1
Aplicação de comandos	27,0
Outros aspectos operacionais	24,0
Manutenção	23,0
Pouca experiência de voo na aeronave	21,6
Instrução	17,5
Condições meteorológicas adversas	17,2
Coordenação de cabine	14,7
Infraestrutura	10,2
Influência do meio ambiente	9,1
Aspectos fisiológicos	7,2
Esquecimento	7,0
Projeto	6,7
Pessoal de apoio	3,6
Fabricação	3,0

continua...

Fator contribuinte	Incidência em porcentagem
Indeterminado	2,8
Manuseio do material	2,1
Outros	1,9
Aspecto operacional	1,2
Controle de tráfego aéreo	0,9

Fonte: Cenipa (2010).

Percebe-se que aspectos ligados aos fatores humanos são os mais frequentes.

Nesta unidade estudaremos aspectos humanos que podem determinar falhas indesejadas que culminam em incidentes e acidentes e como desenvolver medidas preventivas aplicáveis nessa área com a finalidade de incremento da segurança de voo.

Seção 1 – Introdução ao conceito de fatores humanos

Na aviação não existe possibilidade de operação livre de falhas humanas. Além de erros determinados pela limitação física na incursão em um meio diferente do seu hábitat, o estado psicológico e a complexidade da atividade podem ocasionar eventos indesejáveis. Muitas vezes, essas condições podem ser concomitantes e de difícil delimitação, como nos casos de desorientação espacial e perda de consciência situacional.

Falhas humanas como fatores contribuintes de acidentes aéreos são frequentes, tanto na aviação comercial quanto na militar. Essas falhas englobam: desatenção, imprudência, imperícia, negligência, falta de treinamento, estresse, fadiga, falta de supervisão adequada, erros de planejamento, erros de julgamento, erros de comunicação, falhas de gerenciamento da tripulação, operação indevida de equipamento, indisciplinas de voo.

Dessa forma, o estudo dos fatores humanos passou a ser ferramenta de fundamental importância para a prevenção de acidentes aéreos.



O erro humano é esperado. Na ausência de estratégias de prevenção de sua ocorrência ou de gerenciamento de seus possíveis danos, as consequências são geralmente desastrosas.

A origem dos estudos no campo de Fatores Humanos (FH) remonta da época da Segunda Guerra Mundial. Foram observados naquela ocasião incidentes e acidentes relacionados à interface *ser humano-máquina*, isto é, a interação entre características do funcionamento físico ou cognitivo do ser humano e características dos projetos dos equipamentos facilitou a ocorrência de falhas e de eventos adversos. Esse conceito de interação *homem-máquina* é a base da Ergonomia, área dos fatores humanos de estudo da biomecânica e biofísica do trabalho.

O conceito de fatores humanos é mais amplo. Entende-se como um campo multidisciplinar que estuda as capacidades e as limitações humanas, os processos de integração com sistemas tecnológicos desenvolvidos em um determinado meio e as aplicações desse conhecimento para o incremento da segurança, da eficiência e do bem-estar na interação *homem-sistema-meio*.

No início de seu estudo, ele era restrito à pilotagem e ao ambiente de cabine, porém, nos dias atuais, é extensivo às atividades de manutenção e de controle de tráfego aéreo e abarca todos os aspectos que podem afetar a saúde e a segurança na atividade aérea.

Mas, afinal, o que é um fator humano?



Fator humano pode ser definido como uma propriedade física ou cognitiva de um indivíduo ou um comportamento sociocultural capaz de influenciar o resultado da atividade do homem em um sistema técnico em um determinado ambiente.

É importante pontuar que o elemento humano é passível de falhas. Dentro da interação homem-máquina ele é a parte mais flexível, adaptável e vulnerável às influências. O meio também não se limita ao meio aéreo e engloba o meio social, familiar e laboral.

Uma contribuição significativa do estudo de FH é o foco na interação dos componentes *homem-máquina-meio*, ao invés de cada elemento dissociado, visto que eles são interdependentes. O trinômio *homem-máquina-meio* constitui a base e o objeto da atividade de prevenção de incidentes e acidentes.

Seção 2 – Modelos teóricos em fatores humanos

Com a finalidade de sistematizar a compreensão dos aspectos envolvidos na interação *homem-máquina-meio*, foi introduzido por Edwards em 1972 e modificado por Hawkins em 1975 o modelo SHELL, onde S significa *Software* (suporte lógico); H, *Hardware* (equipamento, máquina); E, *Environment* (ambiente); L, *Liveware* (elemento humano).

O desenho gráfico do modelo posiciona o L como elemento central. As interfaces S – H – E são vinculadas ao L. A implicação disso é que os demais elementos devem se moldar ao elemento humano. Percebe-se que as margens de cada bloco são encaixáveis. A fim de evitar erros humanos, os blocos devem estar perfeitamente combinados.

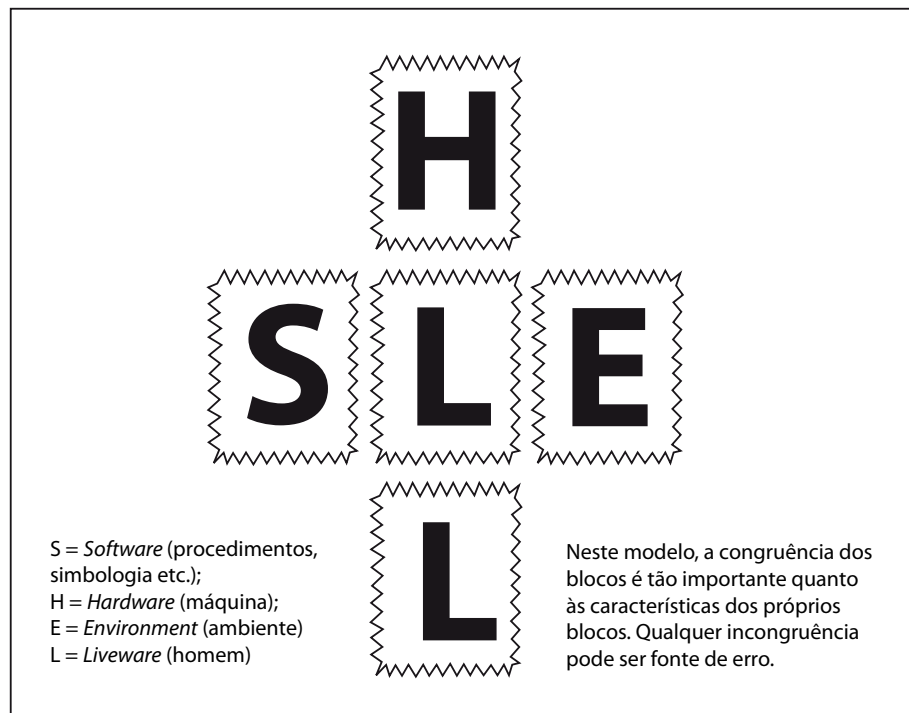


Figura 4.1 - Modelo SHELL
Fonte: Adaptado de Atlas Aviation (2002).

A análise é feita inicialmente a partir do elemento humano, considerando: necessidades físicas, tolerância ambiental, quantidade e características dos estímulos, capacidade de percepção dos estímulos, processamento das informações, processo decisório, ação desejada.

Em um segundo momento, as interfaces entre os elementos são avaliadas, sendo:

Elemento humano-máquina (L-H): relaciona-se aos ajustes entre a máquina e o corpo. Exemplos de situações que podem predispor a erros nessa interação são botões ou alavancas em posição ou com identificação inadequadas. Um ponto a ser considerado é a existência de uma lógica natural, ou seja, normalmente um controle de aceleração é configurado para responder ao seu avanço. Além disso, o homem tem a característica natural de se adaptar a desajustes, sendo possível encobrir uma deficiência no sistema.

Elemento humano-software (L-S): envolve o ser humano e os aspectos não físicos do sistema. Exemplos de situações problemáticas são manuais ou procedimentos mal escritos ou com informação prolixa ou dúbia, mapas de interpretação confusa, simbologia pouco clara.

Elemento humano-ambiente (H-E): trata da adaptação e da tolerância do ser humano ao meio aéreo. Exemplos de medidas aplicadas nessa aérea são trajes, máscaras, pressurização de cabine, sistema de condicionamento de ar e previsão meteorológica. Atualmente, o conceito de ambiente foi estendido ao ambiente de trabalho, passando a considerar também os aspectos organizacionais das instituições.

Elemento humano-elemento humano (L-L): avalia as relações interpessoais entre as equipes de trabalho, sendo relevantes aspectos como cooperação, liderança, interação de personalidades, trabalho em equipe, cultura dos grupos de trabalho.

Outro modelo importante é o Modelo de Gerenciamento de Erros proposto por Reason em 1990, que é aplicável em aviação e outros sistemas complexos de trabalho interativo e organizado.

Nesse modelo, um acidente é causado por uma série de múltiplos fatores contribuintes que se alinham através de uma cadeia de eventos e permitem uma “trajetória oportuna”. Associam-se a esses fatores falhas ativas, falhas latentes e ineficiência de barreiras defensivas.

Consideram-se falhas ativas os atos inseguros de efeito imediato geralmente cometidos por operadores (pilotos, técnicos de manutenção, controladores de tráfego) em contato direto com o sistema.

Por sua vez, falhas latentes são elementos residentes no sistema que permitem erros ativos ou inviabilizam barreiras. Usualmente as falhas latentes estão ligadas a decisões equivocadas ou falhas cometidas por profissionais afastados da linha de frente (engenheiros, fabricantes, gerentes de empresa).

Barreiras defensivas são filtros ou medidas de proteção inseridas nos processos de trabalho para evitar falhas ativas ou minimizar suas consequências.

Na análise da ocorrência de um acidente, por muito tempo, as conclusões ficavam limitadas exclusivamente às falhas ativas, com prejuízo ao gerenciamento de eventos adversos futuros.

O modelo gráfico escolhido por Reason para representar esse alinhamento de condições que culminam em um evento adverso, também denominado pelo autor de “trajetória oportuna”, é o “queijo suíço”.

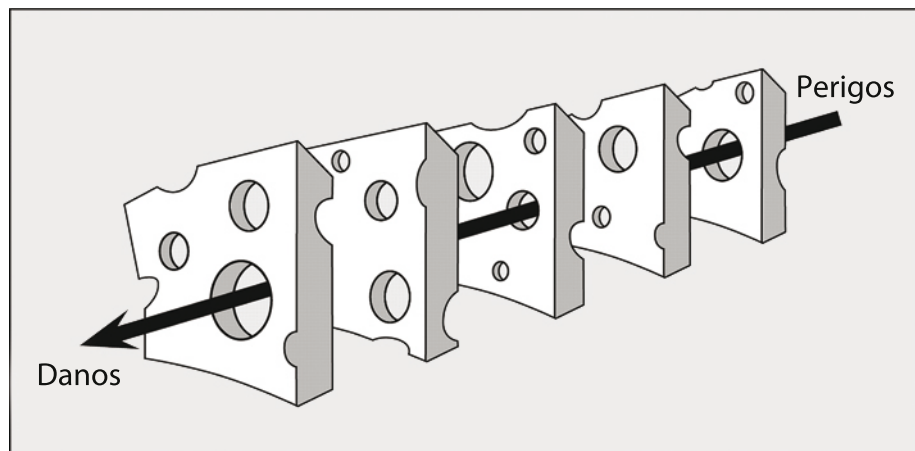


Figura 4.2 - Modelo do “queijo suíço”.
Fonte: Adaptado de Reason (2000).

Em outras palavras: falhas ativas levam a acidentes quando alinhadas com “buracos” nas camadas de defesa, as falhas latentes são “janelas” continuamente presentes nas defesas e as barreiras são elementos de proteção e de bloqueio das “trajetórias de oportunidades” dos acidentes.

Reason (2000) também assume que as falhas humanas representam a maior ameaça aos sistemas complexos. A ocorrência de falhas humanas é imprevisível e é impossível realizar um controle efetivo dessas falhas.

Dentro do contexto de falhas humanas em aviação, as falhas ativas ou os atos inseguros são divididos em erros e violações. Erros consistem em atividades que não obtiveram o resultado desejável. Violações se referem à quebra de normas e regras vigentes.

Os erros ainda são subdivididos em erros de habilidade, erros de decisão e erros de percepção (ilusões) e as violações rotineiras ou excepcionais.

A probabilidade de ocorrência de um ato inseguro é influenciada pelas condições de trabalho e é produto dos fatores organizacionais.



Figura 4.3 - Fatores organizacionais.
Fonte: Adaptado de Shapell e Wiegmann (2000).

Dentre os fatores organizacionais propostos por Shapell e Wiegmann (2000), temos o gerenciamento de recursos, o clima organizacional e o processo organizacional.

O gerenciamento de recursos se refere à alocação e manutenção dos bens da organização, como recursos humanos, bens monetários e materiais. Geralmente são ações estratégicas definidas pelos escalões superiores de uma organização (presidência, alta direção).

O clima organizacional diz respeito às variáveis ambientais que influenciam o desempenho dos trabalhadores, tais como política, cadeia de comando, delegação de responsabilidade e de funções, canais de comunicações e cultura do grupo.

Os processos operacionais incluem as decisões corporativas, as regras, os métodos de manutenção, as rotinas, o estabelecimento e o uso de procedimentos operacionais padrões.

Assim, os incidentes e acidentes ocorrem dentro de um determinado contexto e deve-se considerar a estrutura laboral no qual o indivíduo está inserido na avaliação das falhas humanas. Além disso, à luz da visão atual, as estratégias de prevenção de incidentes e acidentes devem contemplar a correção de eventuais

problemas latentes na organização e nos processos de trabalho. A atuação nos aspectos organizacionais produz resultados melhores e mais confiáveis do que ações de foco individual.

Seção 3 – Gerenciamento de recursos da tripulação

As concepções iniciais de Gerenciamento de Recursos da Tripulação (*Crew Resource Management – CRM*) surgiram na década de 1970. Após avanços da tecnologia e da seleção e treinamento humano, um nível relativamente alto de incidentes e acidentes ainda era encontrado. Nos estudos das causas para esse fenômeno, observou-se que interações humanas inadequadas e manejo dos recursos malconduzidos participaram adversamente para muitos desses eventos.

O CRM é a aplicação prática de aspectos de fatores humanos, incluindo cooperação, liderança, comunicação, consciência situacional, processo de tomada de decisão entre indivíduos de grupos (tripulação, equipes de manutenção, controladores de tráfego) envolvidos em operações aéreas para a utilização dos recursos humanos da maneira mais eficaz em reduzir risco e maximizar desempenho. Ele se mostrou uma prática validada para reduzir falhas humanas e incrementar a segurança de voo.

O CRM não substitui as habilidades de voo, não reduz a autonomia do comandante da aeronave e não é uma ferramenta para ser utilizada em caso de emergência. O CRM não é um modificador de personalidade e trabalha mais sobre atitudes e posturas.

O treinamento em CRM tenta aprimorar a comunicação e a dinâmica do grupo, além de apontar para a importância da consciência situacional com a finalidade de atingir um processo decisório otimizado.



O CRM refere-se ao uso eficaz de todos os recursos para obter segurança e eficiência nas operações de voo e se baseia em quatro pilares: comunicação, dinâmica da tripulação, consciência situacional e processo decisório.

Conheça esses pilares a seguir.

Comunicação

Na falta de comunicação com qualidade, é impossível haver gerenciamento de cabine. Comunicar com qualidade é mais do que falar com clareza e na fraseologia padrão. Significa assegurar que todos compreendam o que é dito.

Existem fatores que podem prejudicar a comunicação, como filtros e barreiras. Diferentemente do que foi estudado no modelo teórico de fatores humanos em que filtros e barreiras têm conotação positiva ao evitar falhas humanas ou diminuir suas consequências, em Comunicação filtros são elementos que modificam a forma que a mensagem é recebida e barreiras são impedimentos à comunicação.

Os filtros podem ser divididos em filtros pessoais e filtros situacionais. Exemplos de filtros pessoais são: preconceção de ideia (ideia já formada), reação treinada, competição, vaidade e arrogância. Os filtros situacionais incluem ruído, distração, fadiga, estresse, conflitos emocionais e diferenças de linguagem.

As barreiras podem existir em condições de desnível de autoridade, desnível de experiência, conflitos interpessoais, complacência, resignação, comportamento autoritário e falhas de sistemas de comunicação.

A comunicação pode ser melhorada através do enfoque em aspectos que lidam com a minimização da possibilidade da ocorrência de filtros e barreiras. Dentre eles, estão a utilização de indagação e a comunicação com assertividade.

Fazer uma indagação para obter uma informação, além de tratar de um dos pontos essenciais do processo decisório, que é ter a informação para subsidiá-lo, raramente cria uma situação de relutância ou de recusa entre os envolvidos. Cabe dizer que a postura de ridicularização é inadequada e pode comprometer esse processo.

O hábito de indagar, também entendido nesse ponto como recolher informação, deve ser estimulado a fim de obter o entendimento completo da situação, condição essencial para basear uma tomada de decisão correta. Perguntas abertas, isto é, sem informação embutida, são de melhor qualidade do que perguntas com viés de confirmação.



Por exemplo, em uma conversa entre dois pilotos, a pergunta sobre o procedimento informado pela torre (“qual o procedimento informado pela torre?”) apresenta maior qualidade do que questionar pela confirmação se o procedimento informado foi o A (“o procedimento é o A, não é?”).

Entende-se comunicar com assertividade como defender seu ponto de vista. Significa não ser complacente ou deixar de expor suas considerações sobre uma operação que pode estar com a segurança em risco. Há vários exemplos de acidentes em que um dos tripulantes teve a percepção da situação de risco e se expressou de forma débil e pouco clara ou acatou facilmente outra posição sem a devida contestação.

Cabe ao comandante da aeronave criar esse ambiente propício à contribuição dos outros tripulantes. Cabe aos tripulantes ter consciência da informação prestada. Toda informação e opiniões devem ser compartilhadas, até que a conclusão sobre a necessidade ou não de uma ação esteja clara para todos.

Veja a seguir um modelo facilitador de comunicação adaptado de um curso de segurança de voo ministrado pelo CENIPA:

- a) Obtenção da atenção – chamar a atenção da pessoa de maneira habitual.

- b) Exposição da preocupação – expressar a existência de preocupação.
- c) Definição do problema – dizer a fonte de preocupação e as possíveis consequências.
- d) Apresentação de sugestões – expor sua análise e soluções pensadas.
- e) Concordância – acordar com o comandante ou outro membro da tripulação a ação a ser tomada.

Esse processo de comunicação depende do nível de periculosidade da situação. Há situações que assertividade e ação são concomitantes. O grau de assertividade e a necessidade de definição de uma ação corretiva são explicitados no gráfico.

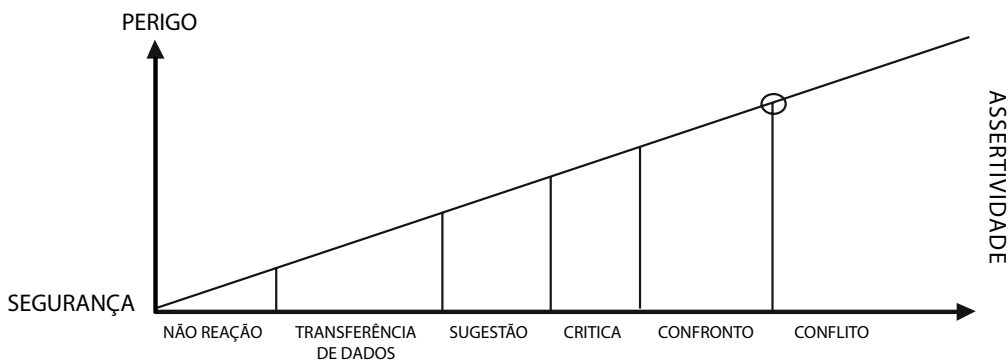


Figura 4.4 - Relação entre grau de assertividade e risco
Fonte: CENIPA (2000).

Outro aspecto importante da comunicação é a habilidade para escutar. Essa habilidade exige abertura, empatia e capacidade de *feedback*. Além disso, escutar não deve ser um processo puramente passivo e deve cumprir a função de obtenção de informações e de dados.

Eventuais discordâncias devem ser focalizadas no QUE está certo e não em QUEM. Conflitos pessoais devem ser postos de lados, mantendo-se a discussão limitada aos problemas de cabine.

Nesse ponto, é importante pontuar o papel do *briefing* como um método de redução de conflitos, pois é o momento de interação da tripulação, apresentação do planejamento, distribuição

de tarefas, expectativas do desempenho de cada tripulante, esclarecimento de dúvidas, antecipação de dificuldades potenciais, discussão de soluções alternativas e estímulo ao desenvolvimento de um ambiente participativo.

Dinâmica da tripulação

Um voo seguro é uma atividade da tripulação, mesmo que um indivíduo esteja no comando da aeronave. Os esforços do conjunto da tripulação somados devem resultar em um valor maior que os de cada membro isoladamente. A tripulação deve agir de maneira cooperativa e sinérgica, evitando-se a tendência natural de competição que existe nas relações humanas.

Novamente, ao comandante cabe gerir o desenvolvimento de um ambiente propício à colaboração.

A postura do comandante pode variar, visando atender o enfoque na tarefa ou nas pessoas. Obviamente, esses enfoques não são inteiramente distintos, porém é possível caracterizar padrões. Por exemplo, para uma situação em que o foco seja unicamente a execução de uma tarefa, o comandante necessitará ser diretivo e comunicar uma ordem. Em outra situação em que o foco na tarefa seja secundário e o foco principal seja o relacionamento entre a tripulação, o comandante poderá ser participativo e discutir o processo de tomada de decisão com o grupo.

A postura também depende da situação de eventos estabelecidos ou não. Provavelmente para eventos padronizados em manuais e regulamentos, uma postura diretiva é a mais adequada. Ao contrário, para eventos não padronizados e não descritos, a colaboração da tripulação pode ser necessária e a adoção de um estilo participativo pode ser útil.

Durante o trabalho da tripulação, o comandante necessita delegar tarefas, que é passar a execução de tarefa a terceiros. Delegar não é um processo fácil e algumas medidas são necessárias para que a delegação seja eficaz:

- Atribuir a tarefa de acordo com a capacidade, o treinamento e a experiência.
- Descrever completamente a tarefa, sem presunção ou expectativa do conhecimento dos outros.
- Checar a compreensão da delegação feita.
- Não ridicularizar dúvidas dos elementos ao qual foi delegada a tarefa.
- Respeitar o espaço e o tempo da execução da tarefa delegada.
- Supervisionar o contexto da execução da tarefa.
- Motivar a execução.
- Cobrar o *feedback* da conclusão da tarefa.
- Reconhecer a contribuição da tarefa no contexto.

Ao buscar a cooperação de grupo, assumir uma postura de liderança apropriada e delegar eficazmente, o comandante potencializa a capacidade da tripulação em realizar um voo seguro.

Consciência situacional

Consciência situacional (CS) foi definida por Endsley (1988, p. 97) como “[...] a percepção de todos os elementos importantes no ambiente, a perfeita compreensão do significado destes elementos e a projeção dos seus efeitos num futuro próximo.”

Em aviação, CS é a percepção precisa dos fatores e condições que afetam uma aeronave e sua tripulação. Na prática, é estar ciente do que acontece ao seu redor e com a tripulação e pensar “à frente da aeronave”.



E por que a consciência situacional é tão importante?

Existe um relacionamento evidente entre a CS e os acidentes. Uma consciência situacional elevada reduz o potencial de acidentes. Uma baixa CS aumenta o potencial de acidentes. Quanto mais consciência a tripulação tiver sobre o que acontece ao seu redor, maior será a segurança. Dados da Airbus em 2000 apontam que 88% das falhas humanas ocorrem por déficit de consciência situacional.

A CS pode ser categorizada em níveis.

O primeiro nível é o da **percepção**. Esse nível envolve a percepção clara dos elementos relevantes ao redor do indivíduo e da aeronave e dos eventos em acontecimento. Essa percepção demanda atenção e depende da intensidade do estímulo. Estímulos de baixa intensidade poderão não ser detectados se não atingirem o limiar de sensibilidade do órgão receptor.

Além disso, é muito importante lembrar que no ambiente aéreo ocorrem várias ilusões, isto é, percepções errôneas, devido a limitações da fisiologia humana.

Na aviação ocorrem, usualmente, vários estímulos concomitantes que necessitam de **atenção** simultânea.

Atenção é a capacidade de controle humano para direcionar seus órgãos sensitivos na busca de estímulos considerados mais significativos em um determinado momento.

O segundo nível é o da **compreensão**. Após a percepção, é necessário o entendimento do significado dos elementos e dos eventos. A capacidade de memória e a expectativa participam desse processo.



A memória é a habilidade de recorrer a informações baseado na ativação de circuito de neurônios no sistema nervoso central e tem componentes divididos de acordo com a duração em ultracurto, curto, operacional e remoto.

O componente ultracurto, ou sensorio, é utilizado na aquisição da mensagem apenas pelo tempo necessário para a percepção e compreensão de um estímulo e é “apagado” em seguida.

O componente curto se refere à capacidade de armazenar alguns itens por um período curto, por exemplo uma lista de itens em alguns segundos, até o esquecimento deles. É utilizado para realizar uma tarefa simples e imediata, por exemplo, inserir uma frequência de comunicação passada pelo controle de tráfego. Pode-se estender sua duração pelo cotejamento, isto é a repetição verbal dos itens, porém é recomendável a anotação escrita caso seja necessário recorrer a mais de cinco itens.

O componente operacional pode ser desenvolvido a partir de dois mecanismos: repetição até condicionamento ou entendimento do processo da mensagem. Alguns autores classificam esse componente em conjunto com o de curta duração.

O componente remoto representa informações armazenadas no cérebro e acessíveis no decorrer do tempo. São úteis para a análise de novas situações, pois o cérebro avalia os cenários de forma comparativa com os cenários já previamente conhecidos. Pode ser dividido em memórias semânticas, ligadas ao uso da linguagem e dados pessoais, e episódicas, relacionadas a eventos interessantes.

Um aspecto importante em relação a memórias semânticas é o da aprendizagem, na qual novas mensagens são armazenadas e, para tal, um nível de atenção para o recebimento das informações e de trabalho mental para a compreensão se faz necessário.

Sobre a aquisição das memórias episódicas, o fator determinante é o nível de interesse provocado pela situação. Quanto mais interessante ou mais inusitado, maior a chance de armazenamento. Um dado importante ao trabalhar com esse tipo de memória associado a eventos é reconhecer que seu arquivamento é sujeito à contaminação por impressões pessoais e não corresponder acuradamente à realidade do evento.

Tanto memórias quanto **expectativas** são muito válidas, porém a transformação de memórias ou de expectativas em ideias fixas preconcebidas pode ser perigosa, particularmente em relação à ocorrência de filtros na percepção de estímulos. Isso ocorre particularmente na vigência de estresse.

Expectativa deriva da antecipação dos resultados a partir das informações disponíveis.

O terceiro nível é o da **projeção**, entendida como a capacidade de antecipação das ocorrências futuras, a partir da compreensão dos elementos e eventos no ambiente de trabalho.

O ser humano apresenta um limite na capacidade mental de processar informação. Uma vez superado esse limite, poderão ocorrer duas situações indesejadas: **extravio das tarefas julgadas menos importantes** ou **realização de todas as tarefas em um nível abaixo do ideal**.

O terceiro nível da CS, que se pode traduzir na expressão **voar à frente da aeronave**, possibilita antecipar momentos de sobrecarga de tarefas, por exemplo, a conhecida “janela de segurança dos 2.000 pés”, período do voo que engloba a decolagem e a aproximação, nos quais ocorrem 80% dos acidentes independentemente do tipo de aviação, aeronave ou tripulação, basicamente por se referir ao momento de pico de demanda de atuação de uma tripulação. Nessa janela, apenas tarefas essenciais devem ser desempenhadas.

De um modo geral, a atividade aérea é realizada por um grupo que inclui até indivíduos externos à cabine. Esse grupo é formado por indivíduos que se combinam para criar uma mistura singular de personalidades, atitudes e responsabilidades compartilhadas. As percepções, os entendimentos e as capacidades de projeção de cada membro do grupo são únicos e podem ser diferentes. Pode-se dizer então que cada membro do grupo tem seu próprio nível de consciência situacional. Um voo seguro e eficiente ocorre quando os indivíduos do grupo trabalham em cooperação uns com os outros, e não separadamente.

O nível de consciência situacional que esse grupo é capaz de atingir não é a soma total da consciência situacional dos indivíduos do grupo. Ao invés disso, é limitado pela percepção situacional do comandante da aeronave, conforme a figura a seguir. Portanto, é essencial que os membros da tripulação façam tudo que for possível para auxiliar o comandante a maximizar o seu nível de consciência situacional e que o comandante crie o ambiente apropriado a essa colaboração.

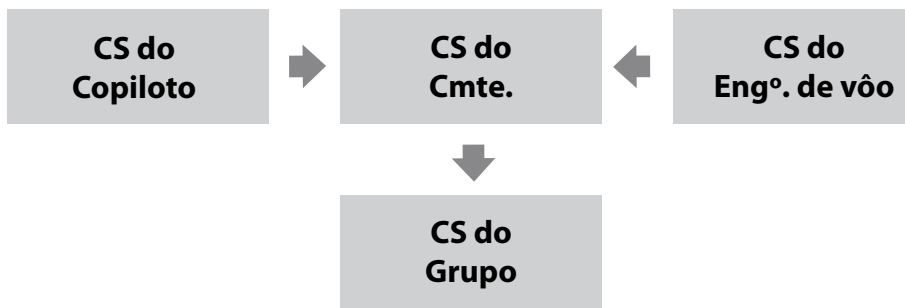


Figura 4.5 - Consciência situacional do grupo.
Fonte: Adaptado de CENIPA (2000).

Fatores físicos e mentais, como ilusões, álcool, drogas, medicamentos, fadiga, estresse, má distribuição de tarefas em situações complexas, distração, inexperiência, conflitos interpessoais, **complacência**, estado de motivação e humor podem afetar negativamente a consciência situacional e comprometer a Teoria da Situação (TS), com riscos à segurança das operações.

Denomina-se Teoria da Situação (TS) a proposição de um cenário a partir dos níveis de CS. É uma análise lógica baseada nas informações dos equipamentos da aeronave, do suporte externo (manutenção, controle de tráfego, meteorologia), do ambiente, do próprio piloto e da tripulação. A TS é a base para o processo de tomada de decisão.

Na ausência de uma visão precisa da situação, isto é, de uma teoria da situação em compasso com a realidade, decisões equivocadas provavelmente serão tomadas.

A constatação da redução da consciência situacional demanda ações imediatas para a elevação do seu nível. Normalmente a perda de CS é sutil e só é percebida até a iminência ou após algum evento adverso.

Processo decisório

O quarto pilar do CRM é o processo decisório. Consiste em desenvolver uma abordagem mental sistemática para determinar a melhor ação aos eventos relacionados à atividade aérea.

Complacência em aviação é um termo utilizado para expressar relaxamento, acomodação com a situação. Considera-se a complacência o fator que mais causou danos à CS através da história da aviação. Condições que em um primeiro momento deveriam auxiliar a segurança de voo, como experiência, rotina e automatização de sistemas da aeronave podem propiciar sua ocorrência.

Ações relacionadas ao voo podem ser categorizadas de acordo com seu embasamento em três grupos:

- habilidades adquiridas;
- manuais ou regulamentos vigentes;
- análise da situação vigente.

A execução de um voo seguro necessita de uma integração efetiva desses três grupos.

As habilidades adquiridas referem-se aos controles básicos da aeronave ensinados, treinados e condicionados. A mente humana apresenta limites em relação ao número de processos de tomadas de decisão, sendo possível tomar apenas uma decisão por vez. Ter habilidades executadas em modo condicionado, utilizando uma carga de trabalho mental mínima, pode ser útil.



Para exemplificar, uma pessoa ao apreender a manejar um carro com câmbio manual, nas fases iniciais necessita planejar cada movimento para mudar uma marcha, utilizando-se de trabalho mental. Em um segundo momento, ela percebe a necessidade de fazer uma mudança de marcha e naturalmente a realiza, sem desviar carga mental para tal.

Tomadas de decisões baseadas em manuais ou regulamentos correspondem àquelas ações de respostas a situações que em momento anterior já foram previstas e o melhor curso de ações foi determinado, normalmente através de um consenso de especialistas. São úteis quando envolvem condições complexas em que o tempo pode ser crítico e a demora numa análise do problema poderia comprometer a segurança.

Um bom exemplo são as situações de emergências. Nessas situações, o treinamento e a padronização de procedimentos preparam as tripulações para uma resposta em tempo hábil e permitem “pular etapas”, pois as ações pertinentes a fim de obter a melhor resposta já foram selecionadas em condições ideais.

A análise da situação vigente lida com todos os aspectos do processo de tomada de decisão e se aplica especialmente em situações sem indicação clara em manuais e regulamentos ou muito complexas ou inusitadas.

O termo simplista “erro do piloto” é utilizado quando a ação ou decisão feita pelo piloto foi o fator contribuinte principal para o acidente. O piloto pode ter envolvimento em incidentes e em acidentes sem relação com habilidades ou desconhecimentos de manuais ou regulamentos, mas por deficiência no processo decisório.

Uma decisão sempre determinará as possibilidades de opções consequentes a partir dela. Um processo decisório inicial correto proverá um maior número de alternativas adequadas no futuro. Ao contrário, um processo decisório deficiente em algum momento do voo limitará as chances de correção e poderá comprometer a segurança em um momento posterior.

A seguir você conhecerá alguns modelos de auxílio ao processo decisório em aviação.

O 3P, do inglês *Perceive-Process-Perform*, oferece uma abordagem prática e útil. Consiste em:

- *Perceive*: perceber uma circunstância de voo.
- *Process*: perceber o impacto na segurança.
- *Perform*: implementar a melhor ação.

Fatores da aeronave, da tripulação, do ambiente, da organização do trabalho, isolados ou em interação, que possam causar comprometimento de voo devem ser identificados. O potencial de risco deve ser analisado, considerando a gravidade do evento, o número de exposições e a probabilidade de ocorrência, e as providências cabíveis para eliminar ou reduzir risco, bem como para minimizar os danos numa eventual ocorrência devem ser definidas e implementadas.

A aplicação do modelo 3P é contínua, conforme o esquema gráfico proposto:



Figura 4.6 - Modelo 3P
Fonte: Adaptado de Federal Aviation Administration (2009).

O modelo DECIDE (FAA, 2001) pretende uma abordagem lógica do processo decisório nas situações em que o piloto se depara com uma mudança situacional que demande julgamento.

- *Detect*: detectar uma situação inesperada que ocorreu ou uma situação esperada que não ocorreu.
- *Estimate*: estimar a necessidade de agir.
- *Choose*: escolher a evolução desejada.
- *Identify*: definir as ações para atingir a evolução desejada.
- *Do*: realizar as ações.
- *Evaluate*: avaliar os resultados.

O CENIPA da Força Aérea Brasileira apresenta seu modelo de tomada de decisão baseado em seis passos:

6. Reconhecer uma necessidade.
7. Identificar o problema claramente.
8. Reunir toda informação disponível.

9. Identificar as alternativas possíveis.
10. Executar sua ação.
11. 6. Acompanhar os resultados.



Independentemente do modelo aplicado, a chave para o sucesso do processo decisório é a consciência situacional.

A capacidade de julgamento e o processo decisório estão inter-relacionados e muitos fatores podem afetar o julgamento. Os pilotos devem se precaver contra as atitudes e os sentimentos perigosos, listadas a seguir, que degradam a capacidade de julgamento e de decisão.

Autoridade patológica, anti-autoridade - Atitude do piloto de rejeição de qualquer questionamento de sua decisão, considerando inútil qualquer informação mesmo que contida em manuais, regulamentos ou que seja proveniente de outra pessoa que eventualmente tenha em um determinado momento um nível de consciência situacional maior que o dele.

Impulsividade - Atitude encontrada em pilotos que diante de alguma situação realiza ações intempestivas antes de refletir sobre o problema, avaliar a totalidade de alternativas e selecionar a melhor opção factível.

Invulnerabilidade - Sentimento do piloto de que acidentes só ocorrem com os outros e, dessa forma, as medidas de prevenção de acidentes não se aplicam a ele.

“Macho” - Termo que não é limitado a pilotos do sexo masculino, usado para expressar condições de excesso de confiança do piloto em sua capacidade, o que o leva à exposição a riscos desnecessários por vaidade e por motivos fúteis.

Resignação - Atitude do piloto que diante de situações críticas não exerce as intervenções necessárias por insegurança ou por ideias ligadas ao determinismo do destino ou da sorte.

Para aeronaves monoplaces, foi cunhado o conceito de *single-pilot resource management* (SRM), aplicado com a mesma finalidade de utilização dos recursos da maneira mais eficaz para o desenvolvimento de um voo seguro. Esse conceito baseia-se na aquisição de informação, consciência situacional, gerenciamento de tarefas e tomada de decisão.

Seção 4 – Prevenção de incidentes e acidentes aéreos

Nesta seção ainda serão abordados alguns conceitos gerais na atividade de prevenção de incidentes e acidentes aéreos.

Um evento adverso, incidente ou acidente, não deriva de uma ação ou omissão isolada. Um evento adverso normalmente é propiciado por uma série de erros e por condições que permitiram o alinhamento de “buracos”, que permitem a progressão da cadeia de erros e podem culminar com a ocorrência de um desastre. Segundo a teoria de Reason, a obstrução de um “buraco” em qualquer momento da trajetória de oportunidade evita o dano.

Outra contribuição de Reason é a noção de acidente organizacional, isto é, a existência de falhas latentes, condições nas organizações que permitem a criação de uma cadeia de erros. Muitas vezes essas falhas latentes estão distanciadas dos operadores diretos (pilotos, mecânicos, controladores de tráfego), localizando-se nos setores gerenciais, logísticos ou administrativos. Elas também podem estar ligadas a aspectos culturais da organização.

As falhas ativas, como desatenção, distração, operação equivocada dos equipamentos, dentre outras usualmente cometidas pelos operadores são imprevisíveis e resultado de ações com enfoque sobre esse tipo de falhas são menos expressivos do que ações sobre elementos organizacionais. Geralmente, uma cadeia de erros é precipitada por uma decisão inadequada e esforços para melhorar o processo de tomada de decisão, em todos os níveis, podem contribuir para a segurança de voo.

Estudos observacionais de Helmreich evidenciaram uma relação de um acidente para 30 incidentes para 300 situações de risco em ambientes de trabalho.

Essa observação tem utilidade nas ações de prevenção de eventos, pois a notificação das situações de risco cria um aumento da atenção a um determinado fator e eleva a consciência situacional (alguns autores denominam esse fenômeno de *blood priority*, prioridade de sangue ou de risco). Além disso, medidas corretivas podem ser implementadas a partir da identificação de uma situação de risco potencial. Para viabilizar esse processo, deve-se considerar a necessidade filosófica do caráter não punitivo em relação à notificação de situações de risco e eventos adversos.

Na vida do aeronavegante, estresse e fadiga são dois aspectos frequentes e devem ser rotineiramente gerenciados devido às influências negativas no desempenho e ao potencial de risco, através de ações do próprio indivíduo e de medidas coletivas das organizações.

Também relacionado ao aspecto físico, o organismo humano apresenta limitações fisiológicas no ambiente aéreo. Essas limitações devem ser conhecidas e respeitadas. O desenvolvimento tecnológico deve atuar em favor da adaptação do ser humano à máquina e ao meio e propiciar interfaces projetadas a melhorar a tolerância e minimizar a chance de erro.

Em contraposição à ideia anterior em que o piloto treinado em uma aeronave confiável é o suficiente para um voo seguro, o CRM incluiu o conceito que uma tripulação trabalhando em conjunto e sinergicamente determina o sucesso ou não da atividade aérea. A implementação do CRM foi seguida pela redução dos índices de incidentes e acidentes na aviação civil comercial e militar.

Outro fator de incremento da segurança da atividade é o monitoramento cruzado entre os tripulantes, vulgo *check* cruzado, por estimular a consciência situacional. Segundo Sumwalt, esse monitoramento evita falhas, bem como permite a descoberta e correção de uma eventual falha precocemente. Esse mesmo autor considera o incremento de elementos de monitorização do

desempenho humano na atividade aérea como um novo degrau para a redução da incidência de eventos adversos.

Infelizmente, incidentes e acidentes acontecem. Todos os incidentes e acidentes devem ser investigados para determinar o ocorrido e definir necessidades de recomendações para prevenir a recorrência, pois “*acidentes se repetem*”. Novamente, cabe dizer que o enfoque da investigação é elucidativo e não deve ter caráter de implicação de culpa, o que contraria os princípios básicos do sistema de prevenção de incidentes e acidentes e, com certeza, traria prejuízo ao processo de avaliação de possíveis fatores contribuintes ao evento pelo receio da imputabilidade dos envolvidos.

Dentro da metodologia da investigação de acidentes, há três vertentes: fator operacional, fator material e fator humano. Apenas este último será objeto de estudo nesta unidade.

O fator humano é subdividido em médico e psicológico.



Que tipo de informações relacionadas aos fatores humanos no aspecto médico e psicológico se busca numa investigação de incidente ou acidente?

Uma primeira linha de análise buscará definir as lesões sofridas pelas vítimas e os mecanismos de produção dessas lesões, tentando recriar a possível sequência dos acontecimentos ocorridos.



Por exemplo, numa situação de CFIT com óbito do piloto, antes de meramente atribuir a desorientação espacial e procurar fatores contribuintes a ela, serão procedidas a revisão do histórico médico da vítima e a autópsia e será dada atenção especial à possibilidade de doenças que podem levar à incapacidade súbita, como infarto agudo do miocárdio. Outro exemplo, em uma amerrisagem com óbito, exames são feitos para definir se a vítima não sobreviveu ao pouso ou se sobreviveu e morreu afogada.

Outra linha partirá no sentido de avaliar as condições físicas, mentais, emocionais, comportamentais e sociais dos indivíduos envolvidos, além de variáveis fisiológicas e ambientais do voo. Novamente o histórico médico, principalmente as últimas inspeções de saúde e testes de aptidão física, será levantado e perfis de estrutura de personalidade, de padrão de comportamento e das relações familiares e profissionais serão elaborados através de entrevistas com terceiros próximos aos envolvidos. As condições de voo serão analisadas sob a luz da Medicina de Aviação na procura de fatores como hipóxia, desorientação espacial, acelerações, disbarismos, doença descompressiva, desidratação, alimentação insuficiente, influência de fadiga, estresse, álcool, drogas ilícitas, medicamentos ou outro tipo de sobrecarga autoprovocada.

Uma terceira linha analisará os elementos de proteção à integridade física dos ocupantes da aeronave, os sistemas de escape, os equipamentos de sobrevivência e os procedimentos adotados na sobrevivência e no salvamento, verificando sua adequação ou não ao ocorrido e apontando pontos que possam ter contribuído ou dificultado as chances para um desfecho favorável.

Os conhecimentos teóricos desenvolvidos nesta unidade pretendem estimular a adoção de uma postura responsável e contínua de atenção à segurança da atividade aérea. Não há voo bem-sucedido sem segurança.



Síntese

Nesta unidade introduzimos o conceito de fatores humanos. A abordagem dos fatores humanos é de suma importância, uma vez que apresenta relação direta com a segurança das atividades aéreas. Modelos de análises dos fatores humanos foram mostrados e a aplicação deles favorece o diagnóstico de pontos sensíveis.

Tratou-se também de CRM com o intuito de evidenciar a relevância de capacidades interpessoais, como comunicação e trabalho em equipe, da consciência situacional e do processo decisório apropriado.

Por último, foram expostos alguns conceitos relacionados à prevenção de incidentes ou acidentes e noções preliminares sobre a condução da investigação dos aspectos de fatores humanos em acidentes aéreos.



Atividades de autoavaliação

Ao final de cada unidade, você realizará atividades de autoavaliação. O gabarito está disponível no final do livro didático. Mas esforce-se para resolver as atividades sem ajuda do gabarito, pois assim você estará promovendo (estimulando) a sua aprendizagem.

1) Complete a frase:

O componente _____ é o mais _____ e ao mesmo tempo o menos _____.

- a) ambiente, inflexível, preciso.
- b) humano, confiável, instável.
- c) humano, flexível, confiável.
- d) máquina, flexível, estável.

2) Descreva com suas palavras o seu entendimento de consciência situacional e qual a sua relação com a segurança de voo?

3) Pesquise o contexto de desenvolvimento do CRM e seu impacto na redução de incidentes e acidentes na aviação comercial.



Saiba mais

Se você desejar, aprofunde os conteúdos estudados nesta unidade ao consultar as seguintes referências:

THOM, Trevor. **The Air Pilot's Manual**. Volume 6. Human factors and pilot performance. 2. ed. Shropshire: AirLife Publishing Ltda., 2003.

Martins, D. A.; Guimarães, L. A. M.; Filho, R. L.; Siqueira, L. V. R. **O conceito de fatores humanos na aviação**. Disponível em <www.fe.unicamp.br/departamentos/deafa/qvaf/livros/foruns_interdisciplinares_saude/fadiga/fadiga_cap14.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2011.



Para concluir o estudo

Caro(a) aluno(a), congratulações pelo término do estudo.

A disciplina Fatores Humanos e Aspectos de Medicina Aeroespacial provavelmente trouxe conhecimentos relevantes para a sua participação na atividade aérea com saúde e segurança. Esse foi o foco das unidades apresentadas, pois não há voo bem-sucedido com riscos à saúde e com falhas quanto à segurança.

Levem consigo o respeito aos limites humanos no ambiente aéreo e o gerenciamento das condições que potencialmente aumentam esses riscos, que são indissolúveis da aviação.

Bons voos e felicidades!



Referências

AMEED CENTER AND SCHOOL. United States Army School of Aviation Medicine. USA, 2011. Disponível em <usasam.ameed.army.mil> Acesso em: 12 mar. 2011.

ANTUÑANO, Melchor J. Spatial Disorientation. In: **Medical facts for pilots**. Federal Aviation Administration. Civil Aerospace Medical Institute. Aerospace Medical Education Division. FAA Civil Aerospace Medical Institute, AM-400-03/1, 2001. Disponível em: <www.faa.gov/pilots/safety/pilotsafetybrochures/media/SpatialD.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2011.

_____. Pilot Vision. In: **Medical facts for pilots**. Federal Aviation Administration. Civil Aerospace Medical Institute. Aerospace Medical Education Division. FAA Civil Aerospace Medical Institute, n. 8, 2002. Disponível em: <www.faa.gov/pilots/safety/pilotsafetybrochures/media/Pilot_Vision.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2011.

_____. Spatial Disorientation: Visual Illusions. In: **Medical facts for pilots**. FAA Civil Aerospace Medical Institute, AM-400-00/1, 2011. Disponível em: <www.faa.gov/pilots/safety/pilotsafetybrochures/media/SpatialD_VisIllus.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2011.

ASINELLI, Máximo. **Curso básico de fisiologia de voo**. Rio de Janeiro: Centro de Medicina Aeroespacial. Apostila.

BERRIOS, R. **Conceptos básicos de fisiologia de aviación**. 2009. Disponível em <<http://cmae.fach.cl/docum/descompresion.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2011.

BRASIL. Regulamento Brasileiro de Aviação Civil n° 141 – RBAC 141 “Escolas de Aviação Civil”.

CENTRO DE INSTRUÇÃO ESPECIALIZADA DA AERONÁUTICA - CIEAR. **Você em voo**. Brasília, Ministério da Aeronáutica, 1986. Apostila.

CUNLIFFE, C. **Conceptos básicos de fisiología de aviación**. 2009. Disponível em: <<http://cmae.fach.cl/docum/disbarismos.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2011.

DAVIS, Jeffrey R. **Fundamentals of aerospace medicine**. 4th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2008.

DEPARTMENT of the Air Force, The Army, The Navy, and Transportation. **Aeromedical evacuation: A guide to health care providers**. Washington: U.S Government Printing Office, 1986. Disponível em: <<http://armypubs.army.mil/med/>>. Acesso em: 27 mai. 2011.

ENDSLEY, M. R. Design and evaluation for situation awareness enhancement. In: **Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting**. Santa Monica, CA: Human Factors Society, 1988.

FLIGHT SAFETY FOUNDATION. **Operators guide to human factors in aviation**. USA: FSF, 2010.

HEALTHY IS EXPENSIVE. Recognize the symptoms of ear infection in children. USA, 2011. Disponível em <<http://healthy-is-expensive.blogspot.com>> Acesso em: 10 jan. 2012.

HELFENSTEIN, José Eduardo. **Medicina aeronáutica**. São Paulo: Asa, 2008.

HUMAN Factors. Chapter 1. 2001. Disponível em: <www.faa.gov/library/manuals/aviation/instrument_flying_handbook/media/FAA-H-8083-15A%20-%20Chapter%2001.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2011.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Portaria n. 3.214, de 8 de junho de 1978**. Norma Regulamentadora n. 15 - Atividades e operações insalubres. Brasília, DF, 1978. Disponível em: <[Document2www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15_anexo1.pdf](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15_anexo1.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2011.

- NETTER, Frank. **Atlas de anatomia humana**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- PELIZZARI, Umberto; TOVAGLIERI, Stefano. **Manual os Freediving**. Nápoles, Itália: Idelson-Gnocchi, 2004.
- READ, Keith Ernest Eric; SANTANO Y LEÓN, Daniel. **Aero-medicina para aviadores**. Madrid: Paraninfo, 1981.
- REASON, J. Human error: models and management. **BMJ**, 320, p. 768-770, 2000.
- ROJAS, Brigita Certanec; BUSTAMANTE, Joel Reyes. Exposición a ruido y vibraciones en aviación. In: **Conceptos básicos de fisiología de aviación**. Fuerza Aérea de Chile - Centro de Medicina Aeroespacial. 200?. Disponível em: <<http://cmae.fach.cl/docum/ruidos.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2011.
- SHAPELL, S.; WIEGMANN, D. **The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS)**. Federal Aviation Administration, Office of Aviation Medicine Report N° DOT/FAA/AM-00/7. Office of Aviation Medicine. Washington, DC, 2000.
- TEMPORAL, W. F. (org.). **Medicina aeroespacial**. Rio de Janeiro: Luzes, 2005.
- THOM, Trevor. **Human factors and pilot performance**. 2nd ed. England, 2003.
- VILELLA, Murillo de Oliveira. **Fisiologia da atividade aérea**. TransBrasil – InterBrasil Star. Apostila.

Sobre o professor conteudista



João Luiz Henrique da Silveira é graduado em Medicina pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) em 2000. Realizou o Curso de Especialização em Medicina Aeroespacial no Centro de Especialização da Aeronáutica da Universidade da Força Aérea (CIEAR/UNIFA) em 2006. Possui Qualificação de Elemento Credenciado Fator Humano – Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes da Força Aérea Brasileira (CENIPA). Atua como Médico de Aviação desde 2006 no 2o Esquadrão do 7o Grupo de Aviação da Força Aérea Brasileira, onde também é tripulante operacional na função de observador de busca SAR.

É também especialista em Clínica Médica com área de atuação de Medicina de Urgência pela Sociedade Brasileira de Clínica Médica (SBCM) e em Medicina Intensiva pela Associação de Medicina Intensiva Brasileira (AMIB).



Respostas e comentários das atividades de autoavaliação

Unidade 1

- 1) 3; 4; 1; 2
- 2) Na altitude há menos oxigênio disponível. O organismo aumenta a captação de oxigênio através do aumento da ventilação pulmonar e transporta oxigênio mais rapidamente aos tecidos através do aumento do débito cardíaco.
- 3) Esses indivíduos desenvolvem mecanismos de compensação crônica às baixas concentrações de oxigênio decorrentes da altitude. Um mecanismo muito importante é o aumento do número das hemácias.

Unidade 2

- 1) d
- 2) São sintomas subjetivos de hipóxia: sensação de ansiedade, sensação de fome de ar, dificuldade para raciocinar ou concentrar, alterações de sensibilidade (dormências, ondas de frio ou de calor), náuseas, cansaço, dor de cabeça, alterações visuais desde visão descolorida, turva, dupla, tunelizada ou com falhas de campos.
- 3) A visão diurna é função dos cones, que se localizam na área central da retina, principalmente na região da fóvea. Abrangem 5 a 10 graus do campo visual. Dependem de luminosidade, possuem grande acuidade visual e poder de discriminação de objetos. Distinguem cores.

A visão noturna é função dos bastonetes, que se localizam distribuídos na periferia da retina. Abrangem o restante do campo visual. São mais sensíveis em ambientes de baixa luminosidade, porém carecem de acuidade visual e de poder de discriminação dos objetos. Distinguem tons de cinza.

Unidade 3

1) b

2) Existe uma diferença básica. Os fatores que provocam estresse não são gerenciáveis e são inevitáveis e os fatores que levam a sobrecarga autoprovocada, ou estresse autoimposto, são passíveis de gerenciamento pelo indivíduo.

O potencial de extrapolação da capacidade de carga de estresse e o risco de queda de desempenho são os mesmos nas duas condições.

3) A ocorrência de dissincronose é esperada, possivelmente será sintomática devido ao deslocamento por mais de quatro fusos horários em sentido leste e poderá ter impacto negativo no aproveitamento do treinamento.

Uma das medidas recomendadas para adaptação mais rápida é ter pelos menos quatro horas de sono no horário local. Como não há previsão de engajamento em atividade aérea nos próximos dias, o uso de medicamento indutor de sono com orientação médica especializada (por exemplo, zolpidem) pode ser indicado nos primeiros dias da chegada, principalmente se ocorrer insônia.

Unidade 4

1) c

2) Consciência situacional é ter a percepção e o entendimento dos fatores e das condições que afetam uma aeronave e sua tripulação e, idealmente, ter antecipação das situações futuras.

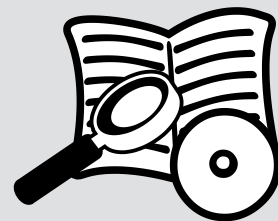
Uma baixa consciência situacional é uma condição de risco para a ocorrência de eventos.

O potencial de extrapolação da capacidade de carga de estresse e o risco de queda de desempenho são os mesmos nas duas condições.

3) Ações a fim de reduzir acidentes em aviação foram iniciadas com a seleção e a capacitação de elementos humanos. Após, o desenvolvimento tecnológico permitiu equipamentos melhores e mais confiáveis. Mas acidentes ainda ocorriam. Análises evidenciaram falhas na dinâmica do grupo, no gerenciamento dos recursos disponíveis e no processo decisório.

A implementação de treinamento de CRM efetivamente reduziu o número de incidentes e acidentes na aviação comercial.

Biblioteca Virtual



Veja a seguir os serviços oferecidos pela Biblioteca Virtual aos alunos a distância:

- Pesquisa a publicações on-line
<www.unisul.br/textocompleto>
- Acesso a bases de dados assinadas
<www.unisul.br/bdassinadas>
- Acesso a bases de dados gratuitas selecionadas
<www.unisul.br/bdgratuitas>
- Acesso a jornais e revistas on-line
<www.unisul.br/periodicos>
- Empréstimo de livros
<www.unisul.br/emprestimos>
- Escaneamento de parte de obra*

Acesse a página da Biblioteca Virtual da Unisul, disponível no EVA, e explore seus recursos digitais.

Qualquer dúvida escreva para: bv@unisul.br

* Se você optar por escaneamento de parte do livro, será lhe enviado o sumário da obra para que você possa escolher quais capítulos deseja solicitar a reprodução. Lembrando que para não ferir a Lei dos direitos autorais (Lei 9610/98) pode-se reproduzir até 10% do total de páginas do livro.

UnisulVirtual

A sua universidade a distância



UNISUL

ISBN 978-85-7817-242-8



9 788578 172428