

# **Relatório FRMS dos Aeronautas**

**(Parte II)**

## **Uma Abordagem Científica Para o Gerenciamento do Risco da Fadiga Humana na Aviação Civil Brasileira**

**Dezembro de 2015**

Alfredo Menquini<sup>2</sup>, Cmte. Arthur Lobo<sup>2</sup>, Cmte. Luciano Baia<sup>4</sup>, Cmte. Paulo Licati<sup>2</sup>, Philipe Pacheco<sup>4</sup>, Cmte. Raul Bocces<sup>3</sup>, Cop. Tiago Bertalot<sup>3</sup>, Cmte. Tiago Rosa<sup>1</sup>, Dr. Tulio Rodrigues<sup>3,5</sup>, Cmte. Victor Casseta<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Sindicato Nacional dos Aeronautas - SNA

<sup>2</sup>Associação Brasileira de Pilotos da Aviação Civil -  
ABRAPAC

<sup>3</sup>Associação dos Aeronautas da Gol - ASAGOL

<sup>4</sup>Associação dos Tripulantes da TAM - ATT

<sup>5</sup>Instituto de Física - USP

# **Conteúdo:**

## **1. Resumo**

## **2. Introdução**

## **3. Metodologia**

## **4. Resultados**

### **4.1. Um Panorama da Fadiga Humana na Aviação Civil Brasileira**

### **4.2. Indicadores relevantes: Brasil, Austrália e EUA**

### **4.3. Tabelas de Jornadas: FAR-117, CAO-48 e Brasil**

### **4.4. O efeito de jornadas de trabalho sucessivas pela manhã (*Early-starts*)**

### **4.5. Recuperação em dias de folga (tripulação aclimatada)**

### **4.6. O efeito do Commuting sobre a fadiga**

## **5. Conclusão**

## **6. Agradecimentos**

## **7. Referências**

## **8. Anexo I: considerações sobre alimentação adequada no período das 02:00 às 07:00**

## **9. Anexo II: Avaliação preliminar do impacto na segurança de voo e nos postos de trabalho nas jornadas de tripulação composta e de revezamento**

## 1. Resumo

O presente relatório apresenta uma abordagem científica abrangente em relação ao gerenciamento do risco da fadiga humana na aviação civil brasileira, fornecendo recomendações de segurança operacional para o modal aéreo.

O estudo propõe uma metodologia inédita baseada no modelo biomatemático SAFTE-FAST para o cálculo da exposição ao risco da fadiga em 61 cenários adaptados à realidade brasileira, tendo como referência os limites de jornada nas Regulamentações da Austrália (CAO-48) e dos EUA (FAR-117). A validação da metodologia é obtida através de análises envolvendo acidentes reais amplamente discutidos em vasta literatura.

Os resultados obtidos não levam em conta a variação do risco com o número de etapas, porém demonstram que a exposição ao risco na segunda madrugada consecutiva é cerca de 5 vezes maior do que na primeira.

Exposição de magnitude similar também foi obtida considerando-se o terceiro dia consecutivo com jornadas de trabalho com início entre 06:00 e 08:00 da manhã, reforçando a necessidade de que as escalas sejam organizadas de maneira a propiciar uma oportunidade de sono adequada para a realização das tarefas com segurança. De fato, num experimento recente realizado com pilotos da aviação civil brasileira (Licati *et al.*, 2015) foi observado cenário de fadiga crônica devido ao déficit de sono acumulado em programações sucessivas pela manhã (*early-starts*).

Dessa forma, verifica-se que em ambos os casos (segunda madrugada e terceira manhã) há que se mitigar os riscos, tendo em

vista que ocorrem com frequência nas escalas das tripulações e em fases do dia com grande densidade de voos.

Por fim, apresentamos um cálculo detalhado e minucioso para a construção de uma tabela de jornada para tripulação simples baseada no modelo australiano, porém com as devidas mitigações previamente apontadas.

Salientamos, entretanto, que este trabalho de caráter introdutório poderá sofrer alterações, tendo em vista que não leva em conta a variação do risco em função do número de etapas voadas tampouco a questão de dessinconização do relógio biológico com o cruzamento de fusos horários. Mesmo diante destas restrições, acreditamos que o presente relatório poderá elucidar um caminho com bases científicas para a consolidação de limites prescritivos adequados para a realidade brasileira. Com isso poderemos motivar parametrizações que venham a auxiliar na organização das escalas dos tripulantes com vistas ao gerenciamento do risco da fadiga, fazendo com que estes profissionais possam executar suas funções com níveis de alerta satisfatórios; garantindo a segurança operacional do sistema de aviação civil brasileiro. As recomendações e os critérios incluídos nesse documento resumem o posicionamento técnico e científico das entidades representativas SNA, ABRAPAC, ASAGOL e ATT visando contribuir com a Autoridade de Aviação Civil Brasileira (ANAC) nessa importante tarefa de construção do RBAC e remodelagem do marco regulatório do setor.

## 2. Introdução

A fadiga humana, conforme definição da comunidade internacional, representa um estado fisiológico de capacidade física e mental reduzida resultante da privação de sono, vigília prolongada, ritmo circadiano, e/ou carga de trabalho (atividade física e/ou mental) que possam prejudicar o nível de alerta do indivíduo e sua habilidade para operar de forma adequada tarefas relacionadas à segurança operacional (IATA, ICAO & IFALPA, 2011).

Dessa forma, verificamos que a fadiga humana e suas consequências representam um grande desafio para a aviação moderna, uma vez que as aeronaves possuem sistemas cada vez mais seguros (principalmente após o desenvolvimento de sistemas EGPWS<sup>1</sup>), porém os profissionais envolvidos na operação continuam suscetíveis às oscilações do nível de alerta ao longo das horas do dia bem como em outras circunstâncias envolvendo vigília prolongada ou déficit de sono.

A fadiga, portanto, representa um fator de risco inerente às operações aéreas que pode ser adequadamente gerenciado através de políticas de Estado (Leis Federais e Regulação da Agência Nacional de Aviação Civil) e políticas operacionais, que devem incluir de forma clara e objetiva as responsabilidades compartilhadas entre operadores e tripulantes através de um Sistema de Gerenciamento do Risco da fadiga (SGRF).

---

<sup>1</sup> Os sistemas EGPWS (Enhanced Ground Proximity Warning Systems) alertam os pilotos dos riscos de colisão com o solo e têm sido bastante eficazes na redução de acidentes com estas características (CFIT).

### 3. Metodologia

Para as análises quantitativas apresentadas na sessão 4 empregamos o modelo biomatemático de três processos SAFTE-FAST (Hursh *et al.*, 2004). O mesmo tem sido largamente utilizado para a implementação de FRMS por parte das empresas aéreas e possui validação científica através de medidas objetivas em PVT (*Psychomotor Vigilance Test*) (Roma *et al.*, 2012).

A Figura 1 apresenta sucintamente alguns aspectos mais relevantes do modelo que leva em conta o balanço homeostático, o ciclo circadiano e a inércia do sono para o cálculo da efetividade (E) do indivíduo ao longo das horas do dia.

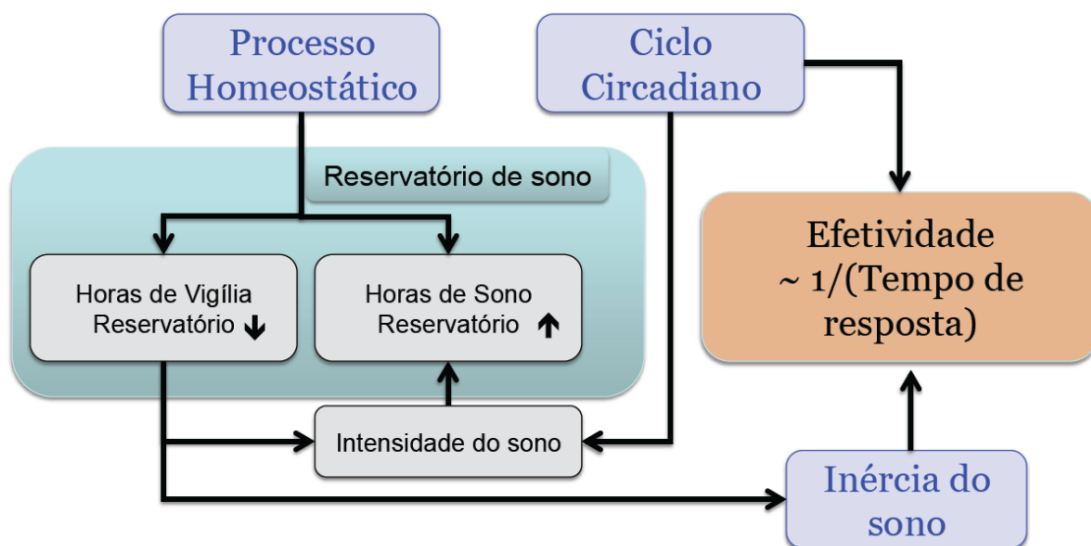


Figura 1: O modelo biomatemático SAFTE-FAST, adaptado de Hursh *et al.* (2004).

A efetividade obtida no modelo SAFTE-FAST é inversamente proporcional ao tempo de reação ao PVT, que por sua vez varia linearmente com a probabilidade de lapsos, conforme apresentado na Figura 2 (Licati *et al.*, 2015).

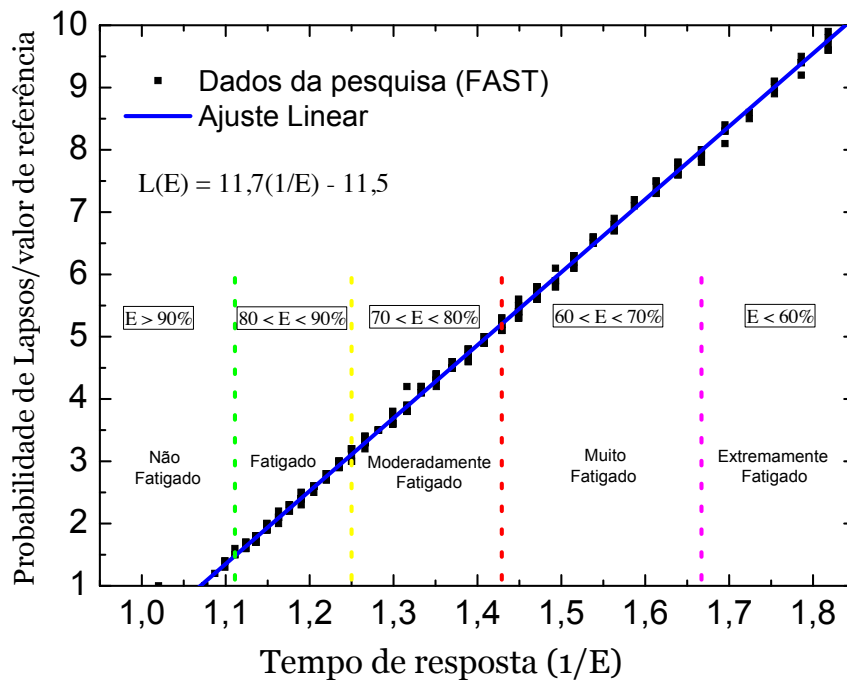


Figura 2: Probabilidade de lapsos em função do tempo de resposta ao PVT.

Em primeira aproximação, podemos assumir que o risco relativo nas operações é diretamente proporcional à probabilidade de lapsos, ou seja, proporcional a  $1/E$ :  $R(E) = a + b/E$ , sendo  $a$  e  $b$  constantes a serem determinadas.

Num experimento recente dedicado à validação do modelo SAFTE-FAST (Hursh *et al.*, 2006) foram mapeados 400 acidentes causados por falha humana nas viagens de trem nos EUA. Os funcionários foram monitorados durante os 30 dias que antecederam o acidente, fato que possibilitou a utilização do modelo SAFTE-FAST para se estimar o nível de efetividade no momento do acidente.

Os resultados são apresentados na Figura 3, juntamente com o ajuste<sup>2</sup> da função  $R(E) = a + b/E$  ( $a = 0,27 \pm 0,20$ ,  $b = 0,58 \pm 0,19$  com  $\chi^2 = 3,03$  e N.G.L. = 3).

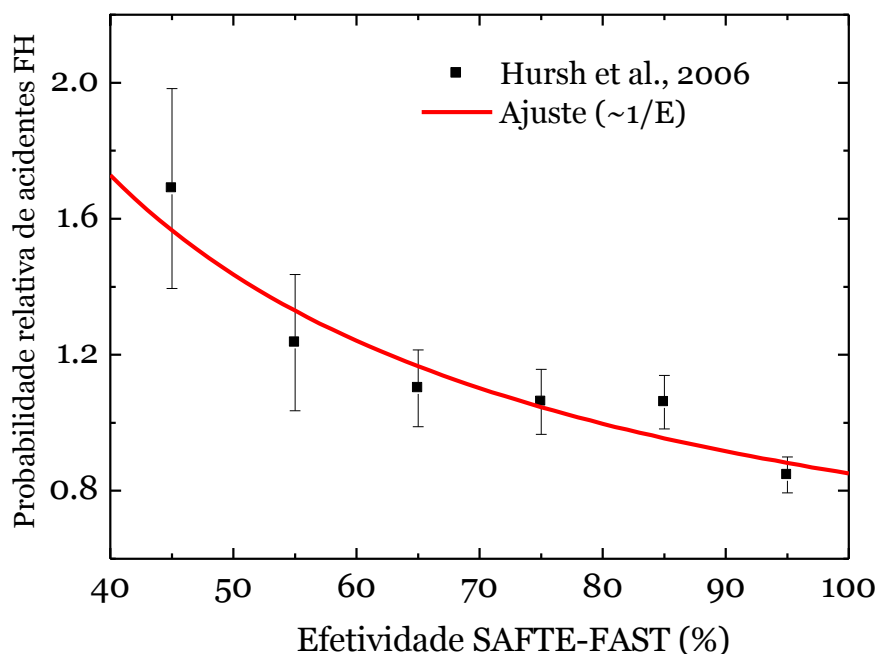


Figura 3: Probabilidade relativa de acidentes causados por falha humana em função da efetividade obtida no modelo SAFTE-FAST. Detalhes no texto.

Os dados apresentados na Figura 3 (Hursh *et al.*, 2006) representam a probabilidade relativa de acidentes causados por falha humana normalizada pela quantidade de horas a trabalho (exposição). As barras de erro foram estimadas por  $N^{1/2}$ , sendo N o número total de acidentes para um dado intervalo de efetividade. A curva em vermelho ( $\sim 1/E$ ) foi ajustada aos dados utilizando-se o Método dos Mínimos Quadrados (Helene, 2013).

<sup>2</sup> Para as análises estatísticas utilizamos o Método dos Mínimos Quadrados (Helene, 2013).

A exposição ao risco foi calculada em função da área da curva de efetividade ao longo da jornada de trabalho abaixo de um determinado valor, ora fixado em 80%. Esse limite arbitrário está próximo ao patamar de 77% que corresponde a uma concentração de álcool no sangue de 0,05% (o equivalente à ingestão de quatro cervejas de 300 ml) e por essa razão deverá ser um parâmetro adequado para que possamos classificar uma zona de transição conforme apresentado no conteúdo do relatório. Ou seja, programações de voo cuja efetividade fique abaixo desse patamar por um longo período de tempo terão uma área de exposição significativa, assim como em outros cenários onde a efetividade fique muito abaixo de 80% mesmo que por períodos mais curtos.

## 4. Resultados

### 4.1 Um Panorama da Fadiga Humana na Aviação Civil Brasileira.

Especificamente para o caso brasileiro, estudos recentes (Mello *et al.*, 2008) demonstram que pilotos cometem 46% mais erros por hora de voo entre 0:00 e 5:59 em relação ao intervalo 6:00 - 11:59. Esses erros (denominados Classe III) são caracterizados pela extrapolação de limites e/ou descumprimento de procedimentos operacionais, colocando a aeronave em estado indesejável do ponto de vista de segurança operacional. De acordo com Mello *et al.* (2008) foram registrados 1065 erros em 155.327 horas de voo, ou seja, 6,86 erros a cada 1000 horas de voo ou 1 erro a cada 146 horas. Esses erros foram distribuídos ao longo das horas do dia, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Erros normalizados em função das horas do dia, Tabela extraída de (Mello *et al.*, 2008).

Time of day	Clock-hour	Hours of flight (%)	Errors (N)	Errors/100 h flight time	Normalized data
Morning	6:00-11:59	54,364 (35%)	352	6.47	1.00
Afternoon	12:00-17:59	49,705 (32%)	335	6.74	1.04
Night	18:00-23:59	40,385 (26%)	275	6.81	1.05
Early morning	0:00-5:59	10,873 (7%)	103	9.47	1.46
Total		155,327	1065	6.86	1.06

Se considerarmos que a flutuação estatística nos dados possa ser aproximada por  $N^{1/2}$ , sendo  $N$  o número de eventos para um dado intervalo de tempo, temos  $352 \pm 19$  erros nas 54.364h de voo totais realizadas entre as 06 e as 11:59 (35% da malha total da empresa

estudada). A proporção de erros nesse intervalo foi de  $6,5 \pm 0,4$  para cada 1.000h de voo. Seguindo-se o mesmo raciocínio, temos  $6,7 \pm 0,4$  das 12:00 às 17:59h (32% da malha),  $6,8 \pm 0,4$  das 18:00 às 23:59h (26% da malha) e  $9,5 \pm 0,9$  das 0:00 às 5:59h (7% da malha) para cada 1000h de voo. Verifica-se, dessa forma, que não há uma variação significativa entre as incidências de erros nos horários entre 06h e 23:59h, porém uma incidência quase 50% maior para o intervalo 0:00h - 5:59h. A diferença entre o valor obtido nesse intervalo e o valor de referência (das 06h as 11:59h) é de  $3,0 \pm 1,0$  erros a cada 1.000h de voo, demonstrando que a fadiga deve contribuir com pelo ao menos 30% dos erros totais entre a meia noite e as seis da manhã.

Outro estudo muito interessante realizado numa grande empresa aérea brasileira (Quito, 2012) considerou a contribuição da fadiga nos eventos FOQA (*Flight Operations Quality Assurance*). O estudo analisou as escalas de voo dos pilotos através do modelo SAFTE-FAST (Hursh *et al.*, 2004), constatando que a fadiga contribuiu em 79% dos eventos. Esse resultado aparentemente conflitante em relação à estimativa anterior (30%) reforça a necessidade de uma padronização de metodologia para que dados de empresas distintas possam ser comparados nas mesmas bases científicas. Acreditamos que seja muito oportuno que num futuro RBAC sejam apresentados os critérios científicos para a definição de uma metodologia uniforme para a identificação dos perigos latentes e de grande severidade nas operações regulares. Essa padronização na aviação civil brasileira poderá ser muito valiosa para empresas iniciantes que poderão balizar suas operações utilizando o *benchmark* e a experiência operacional desenvolvidos para a infraestrutura e realidade brasileiras.

Outro trabalho recente realizado com pilotos brasileiros correlacionou relatos subjetivos de fadiga com prognósticos do modelo SAFTE-FAST (Licati *et al.*, 2015). O experimento foi conduzido em 2012 e envolveu a coleta de 301 formulários inspirados no modelo utilizado pela *EasyJet* (Stewart, 2009). Os relatos foram respondidos de forma anônima e espontânea por pilotos da aviação civil brasileira e continham questões de aspectos fisiológicos, cognitivos, fatores contribuintes, contramedidas, bem como informações sobre o histórico de jornada de trabalho/sono, qualidade e duração do repouso nas últimas 72 horas e o horário em que foi percebida a sensação de fadiga. Os relatórios foram posteriormente validados por meio do modelo SAFTE-FAST (Hursh *et al.*, 2004).

Os valores obtidos para a efetividade dos pilotos no momento da sensação da fadiga são apresentados na Figura 4, onde observamos um comportamento normal dessa grandeza com valor médio de  $73,8 \pm 0,8\%$ .

Outro resultado muito interessante da pesquisa foi a distribuição dos relatos de fadiga ao longo das horas do dia. Conforme apresentado na Figura 5, os relatos de fadiga se concentram na “janela de baixa” do ciclo circadiano (em Inglês, Window of Circadian Low - WOCL), ou seja entre as 02 e às 05 da manhã. No entanto, também foi observado um “ombro” ao redor das 10 horas da manhã, período em que se espera que o indivíduo esteja próximo ao seu nível ótimo de alerta. Esse fato despertou o interesse dos pesquisadores que mapearam o tempo médio de vigília que antecedeu ao relato de fadiga, um outro resultado desafiador e surpreendente (Figura 6).

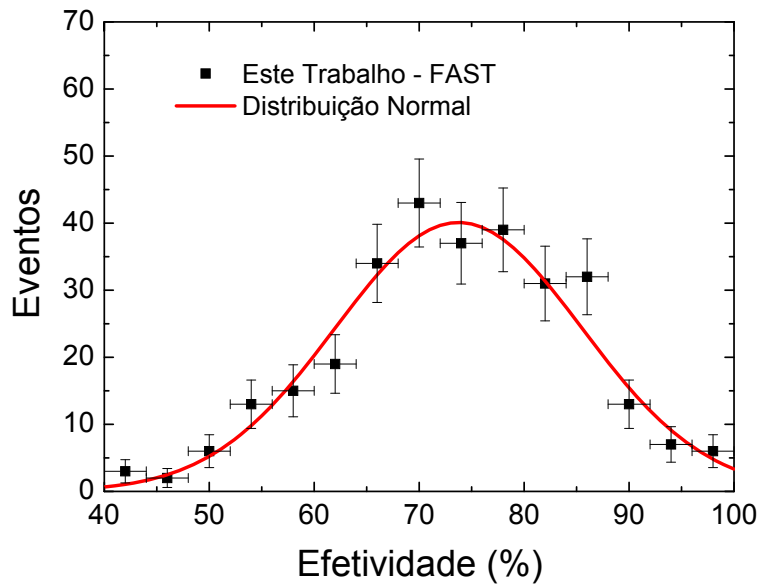


Figura 4: Efetividade dos pilotos no momento da sensação de fadiga obtida através do modelo SAFTE-FAST (Licati, 2015).

Vale ressaltar que a distribuição da efetividade dos pilotos comprova que o grupo analisado estava realmente fatigado e que 50% dos relatos ocorriam por volta das 10 horas da manhã e após um período de apenas 07 horas de vigília. Certamente que os modelos biomatemáticos por si só não poderiam explicar o porquê desse pico de fadiga por volta das 10 horas da manhã, tampouco a razão pela qual os pilotos estavam manifestando fadiga com apenas sete horas de vigília.

Para elucidar e interpretar adequadamente essa aparente inconsistência, os pesquisadores decidiram mapear a hora da fadiga em função da hora do início da vigília, verificando, portanto, se havia ou não correlação entre os resultados.

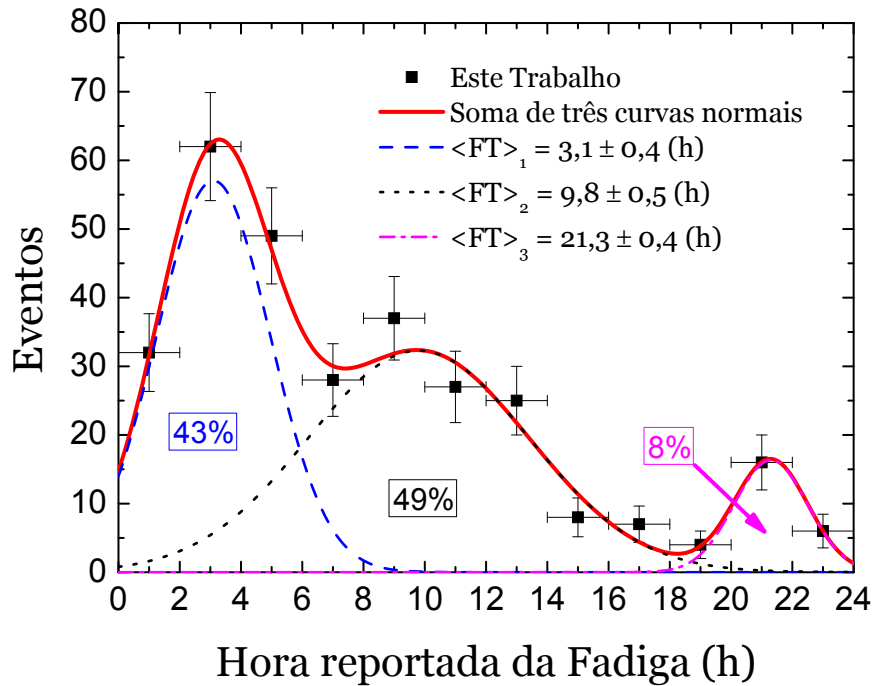


Figura 5: Distribuição dos relatos de fadiga ao longo das horas do dia.

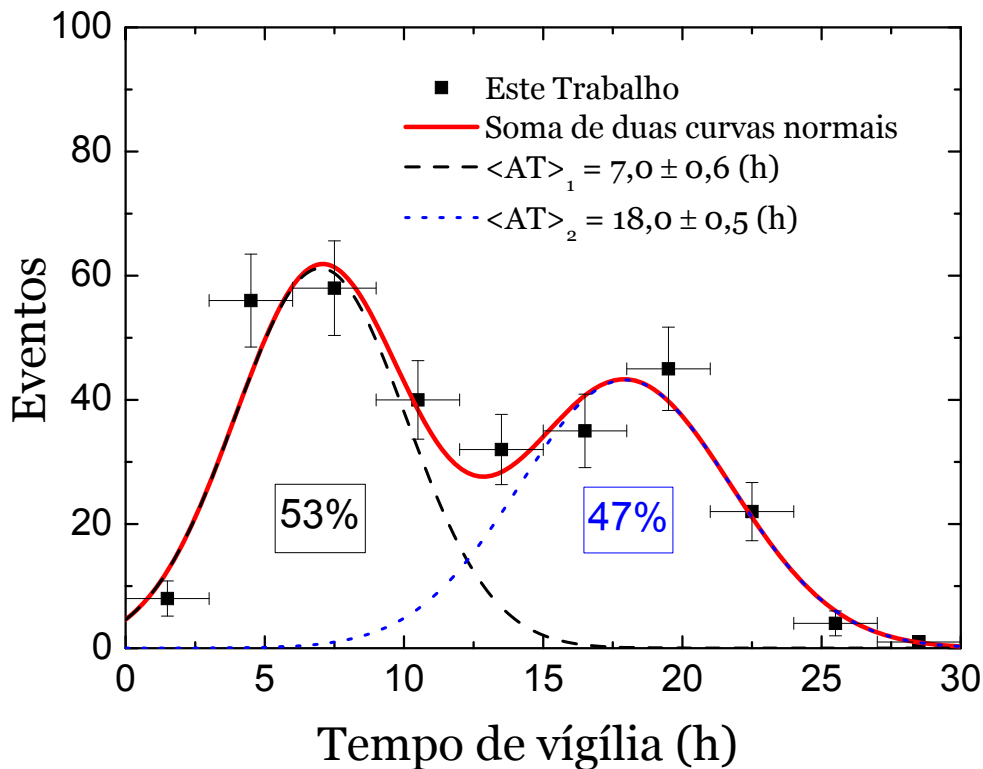


Figura 6: Distribuição do tempo de vigília que antecedeu a sensação de fadiga.

A Figura 7 apresenta a variação da hora da sensação de fadiga com o início da vigília, onde constatamos claramente dois comportamentos bem distintos para os relatos que ocorreram no dia posterior ao início da vigília (lado esquerdo) e aqueles que ocorreram no mesmo dia do início da vigília (lado direito). No primeiro caso verificamos que a sensação de fadiga ocorre essencialmente por volta das 04 da manhã, praticamente de forma independente do horário do início na vigília. Já no segundo caso verificamos uma forte dependência do horário de início na vigília com a hora provável da fadiga. A Figura 8 apresenta o ajuste de uma função exponencial (linha vermelha) com seus respectivos limites (linhas azuis tracejadas) obtidos pela propagação das incertezas dos parâmetros do ajuste (Licati *et al.*, 2015).

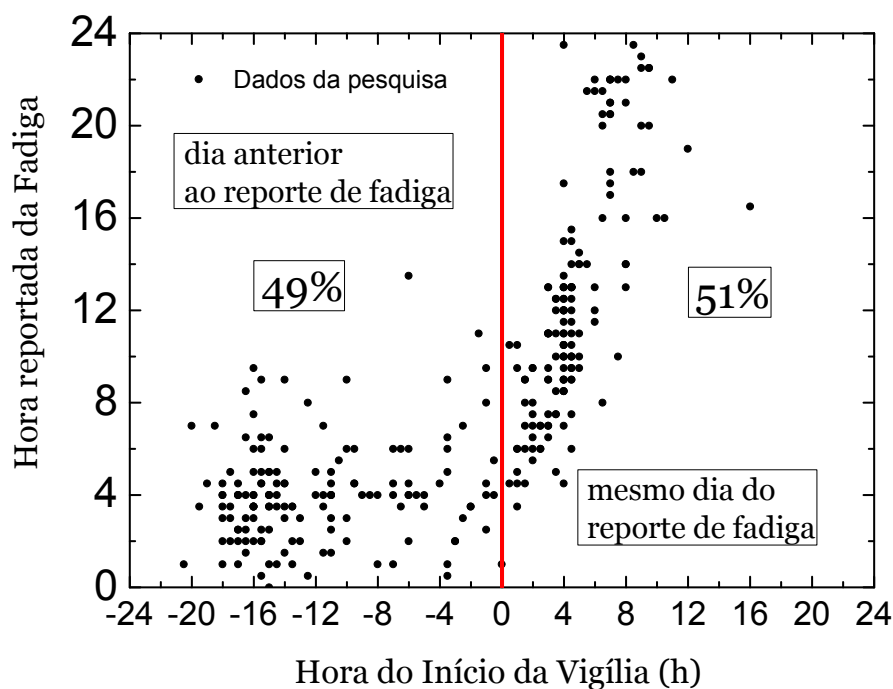


Figura 7: Hora reportada da fadiga versus hora do início da vigília.

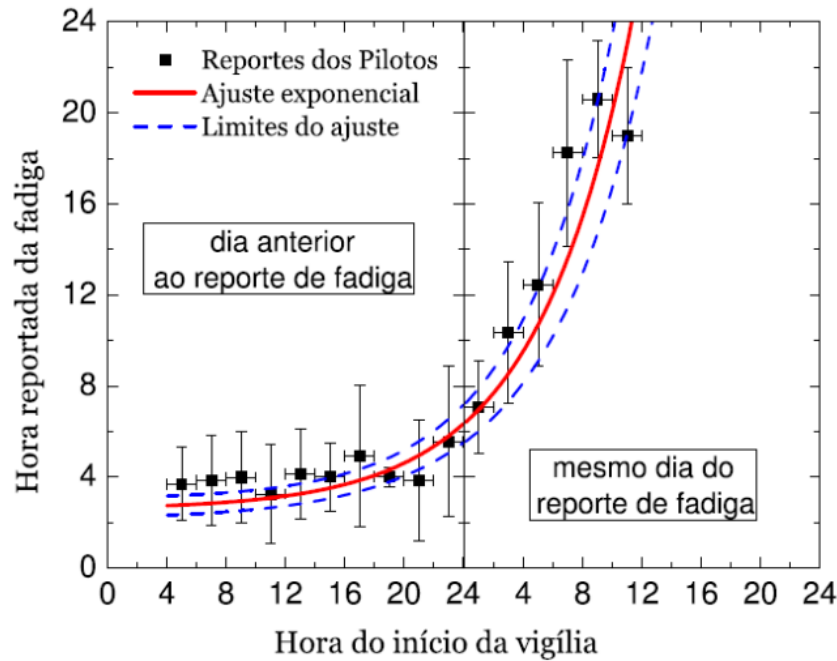


Figura 8: Relação entre a hora do início da vigília e a hora reportada da fadiga (quadrados sólidos) e ajuste de função exponencial (linha vermelha) com os limites superior e inferior (linhas azuis tracejadas).

Esse resultado inédito demonstra a contribuição de dois efeitos distintos. O primeiro está relacionado com uma maior incidência de relatos de fadiga no pico da sonolência que ocorre entre 2 e 5 da manhã. Esse efeito não depende significativamente do horário em que o indivíduo acordou e sim da baixa temperatura corpórea no WOCL.

O segundo efeito está relacionado a um acúmulo no déficit de sono decorrente de programações sucessivas de voo que se iniciam muito cedo pela manhã (em inglês usualmente denominado *early starts*). Esse efeito pode ser verificado observando-se a distribuição das horas de sono nas últimas 24 horas que antecederam a sensação de fadiga (Figura 9), bem como o débito de sono acumulado nas últimas 72 horas que antecederam o evento (Figura 10).

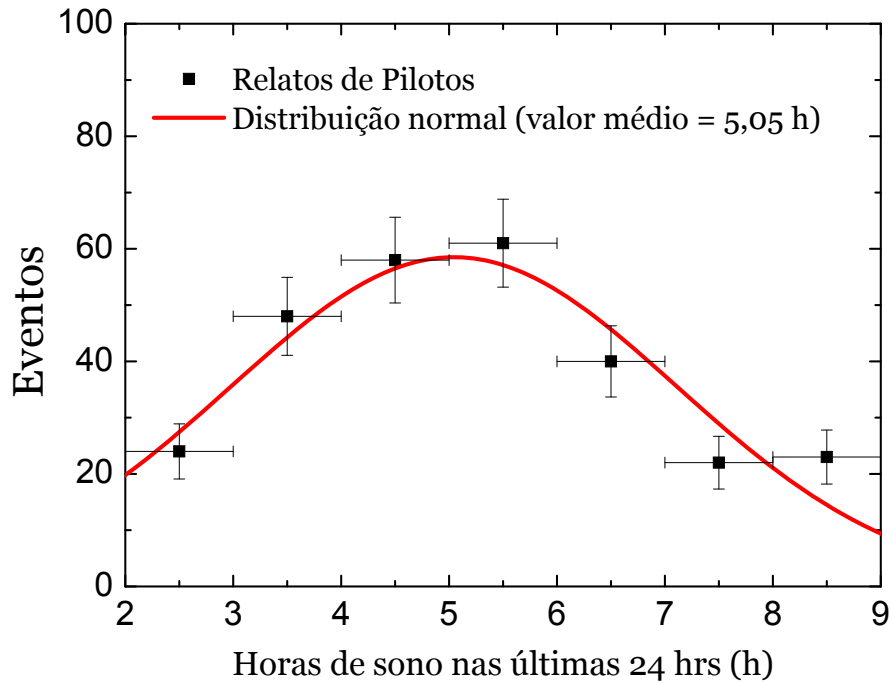


Figura 9: Distribuição das horas de sono reportadas pelos pilotos nas últimas 24 horas que antecederam ao relato de fadiga.

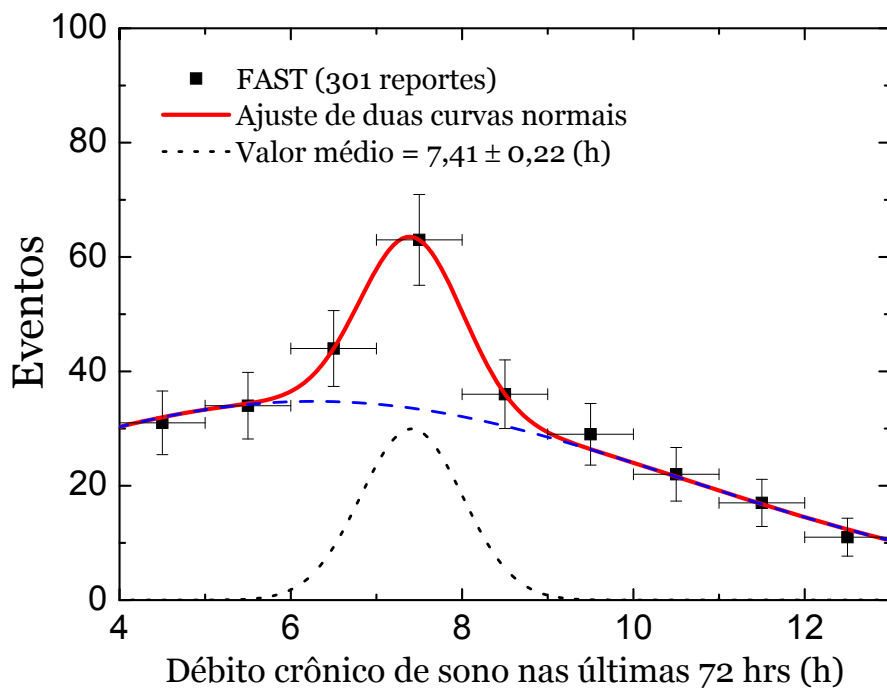


Figura 10: Distribuição do débito crônico de sono nas últimas 72 horas que antecederam o relato de fadiga.

No intuito de quantificar o risco nas operações aéreas devido à fadiga aproveitamos o final dessa sessão para realizar uma comparação entre os resultados brasileiros (Licati *et al.*, 2015) e aqueles obtidos num experimento recente realizado com tripulantes de cabine nos EUA (Roma *et al.*, 2012).

A Figura 11 apresenta os histogramas correspondentes às distribuições de efetividade entre os tripulantes de cabine obtidas pelo FAST (painel superior) e em medidas objetivas (painel inferior). Os gráficos foram extraídos de Roma *et al.* (2012).

Verifica-se, portanto, que a efetividade média obtida pelo FAST foi de 87,87%, em comparação com o valor obtido no experimento brasileiro (73,8%). Com isso, podemos estimar a variação relativa do risco da fadiga entre os dois conjuntos de dados através do resultado apresentado na Figura 3, obtendo:

$$\frac{\langle R \rangle_{BRA}}{\langle R \rangle_{EUA}} \cong 1,136.$$

Ou seja, verificamos que existe um risco 13,6 % maior comparando-se as médias dos níveis de efetividade entre os dois experimentos.

## Frequency Distributions of Post-Work Test Sessions ( $n = 1,934$ )

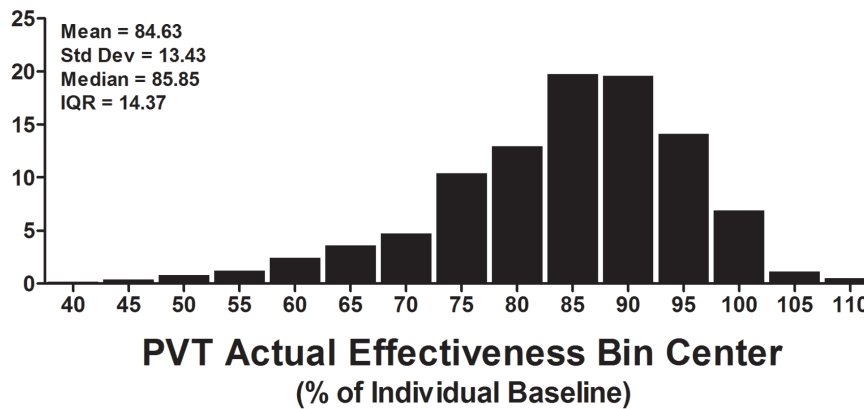
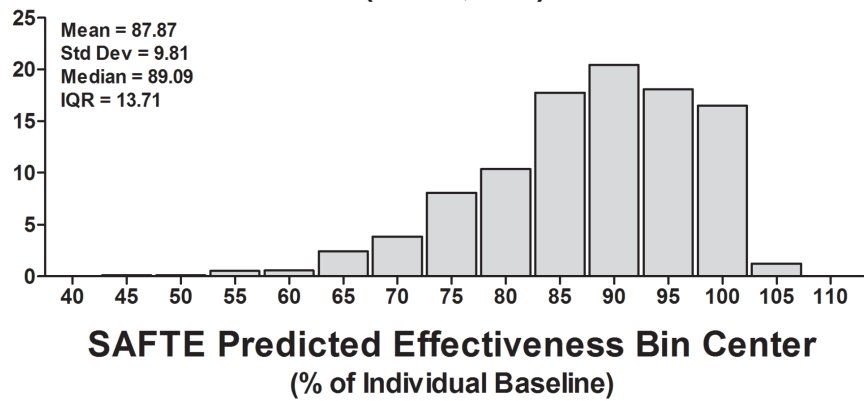


Figura 11: Distribuições da efetividade dos tripulantes de cabine nos EUA (Roma *et al.*, 2012) obtidas no modelo SAFTE-FAST (painel superior) e em medidas objetivas com PVT (painel inferior).

## **4.2 Indicadores relevantes: Brasil, Austrália e EUA**

Dando continuidade aos estudos apresentados na sessão anterior, apresentamos abaixo uma análise comparativa com alguns indicadores relevantes para o universo da aviação do Brasil, da Austrália e dos EUA (Tabela 2).

Analisando os dados comparativos, verifica-se que em relação às dimensões territoriais, os EUA são o 4º maior país do mundo, logo atrás está o Brasil como o 5º maior seguido pela Austrália, que ocupa o 6º lugar.

Em termos de PIB, o Brasil aparece como a sétima maior economia do mundo, com US\$ 2,224 trilhões, enquanto a Austrália conta com US\$ 1,482 trilhões sendo a 12ª maior economia do mundo. Já os EUA é a maior economia mundial com US\$ 17,416 trilhões. Em relação à renda per capita, a Austrália fica em 5º lugar com US\$ 62.821, os EUA em 9º com US\$ 54.678, enquanto o Brasil localiza-se apenas na 61ª posição, com US\$ 15.153 por habitante. Todos os dados são de 2014.

Em relação aos dados da indústria aeronáutica a Austrália aparece com 862 aeronaves comerciais registradas, operando em 30 empresas aéreas. No Brasil o número é de 563 aeronaves operando em 12 empresas. Como referência, os EUA, país com a maior frota de aeronaves do mundo, conta com 3.774 aviões operando em 128 empresas. Ou seja, observamos que as frotas brasileira e australiana possuem uma diferença em termos relativos de apenas 35%, enquanto que a frota dos EUA é quase 7 vezes maior que a brasileira.

Dados	BRASIL (a)	EUA (b)	AUS (c)
IDH	79	5	2
Extensão territorial (km <sup>2</sup> )	8.515.767	9.371.175	7.692.014
Tempo médio de deslocamento casa – aeroporto	49% até 1h 45% de 1 a 3 h 7% mais de 3h (Giustina <i>et al.</i> , 2013)	Até 1 hora	Até 1 hora
% aeroportos com procedimentos de precisão	~18%	~100%	~100%
Média de folgas mensais	8/9	12	10 – 12
Mais de um aeroporto na mesma “home base”	Sim	Não	Não
Tamanho da frota	563	3.774	862
Número total de pilotos (d)	~ 7 mil	~ 70 mil	11.345
Passageiros/ano	111 Mi	848 Mi	147 Mi
Índice (ranking) médios JACDEC (e)	0,679 (54 <sup>o</sup> )	0,090 (35 <sup>o</sup> )	0,022 (16 <sup>o</sup> )
Número de Empresas Aéreas	12	128	30

Tabela 2: Indicadores relevantes Brasil, EUA e Austrália.

(a) [http://www.anac.gov.br/Noticia.aspx?ttCD\\_CHAVE=1297](http://www.anac.gov.br/Noticia.aspx?ttCD_CHAVE=1297)

(b) [http://www.rita.dot.gov/bts/press\\_releases/bts015\\_15](http://www.rita.dot.gov/bts/press_releases/bts015_15)

(c) <https://www.casa.gov.au/standard-page/appendix-operating-statistics>

(d) Utilizado apenas o número de pilotos para fins comparativos.

(e) <http://www.jacdec.de/airline-safety-ranking-2015/>

Quanto ao número de passageiros transportados, os dados estatísticos de 2014 apontam que passaram pelos aeroportos australianos cerca de 147 milhões de pessoas e nos EUA foram

transportados 848 milhões de passageiros. Para o Brasil, o anuário de 2013 da ANAC informa que foram transportados 111,2 milhões. Quanto à distribuição das malhas aéreas é bem sabido que no Brasil as regiões Sul e Sudeste concentram grande parte dos voos, enquanto que na Austrália as rotas são geralmente distribuídas em toda a região costeira do país, concentrando-se nos grandes centros Camberra, Sydney e Melbourne. Já nos EUA há uma distribuição bem uniforme dos voos por todo o território nacional. No tocante à posição geográfica no Planeta, verificamos também que Brasil e a Austrália têm grande similaridade latitudinal, característica muito relevante ao consideramos a angulação de incidência solar que possui implicação direta na produção de melatonina, hormônio balizador da sonolência.

Com relação ao *commuting*, verifica-se que para 49% dos tripulantes brasileiros o tempo médio de deslocamento entre a residência e o aeroporto é de até uma hora, enquanto que para 45% deles, o tempo para chegar até o D.O. da empresa é de uma a três horas (Giustina *et al.*, 2013).

Nos casos de tempos maiores de deslocamento é possível destacar que em bases com mais de um aeroporto, como é o caso de São Paulo, Belo Horizonte e Rio de Janeiro (onde os tripulantes geralmente se apresentam tanto no aeroporto de Congonhas quanto no aeroporto de Guarulhos em São Paulo, Pampulha e Confins em Belo Horizonte e Santos Dumont e Galeão no Rio de Janeiro), esse tempo pode ser dilatado, forçando o tripulante a sair mais cedo de sua residência para chegar a tempo de sua apresentação. O tempo médio de deslocamento entre CGH e GRU,

por exemplo, é de 01:10h<sup>3</sup>, podendo variar sazonalmente (período de chuvas, vésperas de feriado, etc...). Na Austrália e nos EUA há somente um aeroporto por base contratual, o que diminui os tempos de deslocamento dos tripulantes. Esse parâmetro de deslocamento afeta os cálculos de efetividade, uma vez que diminui a oportunidade de sono dos tripulantes antes de iniciarem sua jornada de trabalho.

Outra peculiaridade na realidade brasileira é o fato de que no Brasil o único meio de acessar os aeroportos é através de avenidas ou estradas, uma vez que não há sistema de transporte metroviário entre eles. Dessa forma, o acesso aos aeroportos fica comprometido pelo trânsito cada vez mais intenso nas grandes metrópoles. Essa característica brasileira não possui um prognóstico de melhoria significativa a curto e médio prazo, exigindo muita atenção da Autoridade Aeronáutica na definição dos limites máximos de jornada.

As bases contratuais nos EUA estão espalhadas por toda a extensão territorial do país, enquanto que na Austrália as principais empresas aéreas operam em cinco bases diferentes distribuídas pelos grandes centros urbanos localizados no litoral. Já no Brasil, as quatro maiores empresas aéreas concentram a esmagadora maioria de suas operações nas regiões Sul e Sudeste, gerando um vetor indesejável de deslocamento de tripulantes que vivem nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste.

Outro dado que chamou muito a atenção dos pesquisadores foi o fato de que no Brasil apenas 18% dos aeroportos possuem procedimentos de aproximação de precisão, sendo que nos EUA e na Austrália praticamente todos os aeroportos dispõem desse tipo

---

<sup>3</sup> Fonte: <http://www.airportbusservice.com.br/br/linhas>

de equipamento. Com isso, o nível de alerta dos pilotos para realizar uma operação segura num procedimento de não-precisão deverá ser maior do que nos casos onde a automação poderia mitigar - ainda que de forma parcial - os riscos de falha humana.

Uma das formas de se mensurar indicadores de segurança operacional nos países é o ranking JACDEC. Tal ranking compila alguns parâmetros das empresas aéreas tais como: RPK, dados cumulativos de passageiros transportados, fatalidades, acidentes e incidentes, tempo de espera pelos dados, tempo livre de acidente, transparência do país em relação aos dados e certificação IOSA. Após a compilação de todas as informações, a agência divulga um índice de cada empresa aérea e sua colocação no ranking mundial.

Para facilitar a análise do ranking JACDEC e a comparação entre Brasil, Austrália e EUA, realizamos o cálculo do índice JACDEC médio dos respectivos países incluindo as empresas aéreas posicionadas até o 60º lugar no ranking. Com isso, verificamos que a Austrália (se fosse uma única empresa aérea) ocuparia o 16º lugar no ranking, seguido por EUA (35º) e Brasil (54º). Tal resultado demonstra que existe um grande espaço para melhorias na aviação regular brasileira, visto que as empresas aéreas ocupam na média a 54ª posição no cenário internacional.

### **4.3 Tabelas de Jornadas: FAR-117, CAO-48 e Brasil**

#### **4.3.1 Cenários, Risco médio e Área de Exposição:**

Essa sessão se destina aos cálculos dos riscos relacionados à fadiga humana tendo como base as Regulamentações dos EUA (FAR-117) e Austrália (CAO-48).

Como ponto de partida iremos calcular a efetividade do tripulante ao longo das horas do dia em diversos cenários de interesse.

Para os cálculos utilizamos o modelo biomatemático SAFTE-FAST através de uma parceria com o IBR (Institutes for Behavior Resources, INC), localizado em Baltimore, MD.

Para os ajustes e controles de auto-sleep foram usados:

- Controle de auto-sleep ativado;
- Pré-condição de auto-sleep ativado;
- Default de auto-sleep ativado;
- Auto-sleep work ativado;
- Auto-sleep early-start desativado;
- Auto-nap ativado;
- Auto-augmentation desativado.

Para os parâmetros de sono foram utilizados:

- Máximo de sono em dias de descanso: 9 horas
- Máximo de sono em dias de trabalho: 8 horas
- Início da “zona proibida”: 13:00 hs
- Término da “zona proibida”: 19:00 hs
- Hora de início do sono: 23:00

- Commuting intrínseco do FAST<sup>4</sup>: zero
- Mínimo de sono: 60 minutos

A título ilustrativo, apresentamos abaixo algumas tabelas com os cenários considerados na análise.

<b>Cenário 1: Tripulante assume programação de voo 100% recuperado</b>				
Apresentação (h)	$\Delta = 2h$	$\Delta = 3h$	Jornada (h)	# resultados
02:00	M1	M3	10	2
04:30	M5	M7	10	2
05:30	M9	M11	12	2
12:30	M13	M15	13	2
14:30	M17	M19	12	2
15:00	M21	M23	12	2
15:30	M25	M27	11	2
19:30	M29	M31	12	2
22:30	M33	M35	11	2
23:30	M37	M39	10	2

Tabela 3: Condições iniciais adotadas na presente análise para um tripulante que se apresenta para um voo 100% recuperado. Nesse cenário alguma parte da jornada irá transcorrer entre o período das 00:00 e 06:00.

Conforme apresentado na Tabela 3, foram consideradas duas possibilidades distintas onde o tripulante acorda duas ( $\Delta = 2h$ ) ou três ( $\Delta = 3h$ ) horas antes da sua apresentação. As indicações M1, M3, M5, etc... se referem aos respectivos modelos e servem para

<sup>4</sup> O Commuting do FAST foi considerado nulo tendo em vista que os cenários analisados já continham hipóteses explícitas do período em que o indivíduo estava acordado antes de iniciar o seu check-in para o voo.

facilitar na identificação dos resultados que serão apresentados a seguir.

<b>Cenário 2: Tripulante assume o segundo dia de programação após ter cumprido com o primeiro dia (cenário 1)</b>				
Apresentação (h)	$\Delta = 2h$	$\Delta = 3h$	Jornada (h)	# resultados
02:00	M2	M4	10	2
04:30	M6	M8	10	2
05:30	M10	M12	12	2
12:30	M14	M16	13	2
14:30	M18	M20	12	2
15:00	M22	M24	12	2
15:30	M26	M28	11	2
19:30	M30	M32	12	2
22:30	M34	M36	11	2
23:30	M38	M40	10	2

Tabela 4: Condições iniciais adotadas na presente análise para um tripulante que se apresenta para o segundo dia consecutivo após ter realizado a mesma jornada no cenário 1. Nesse cenário alguma parte da jornada irá transcorrer entre o período das 00:00 e 06:00.

<b>Cenário 3: Tripulante assume programação 100% recuperado</b>					
Apresentação (h)	$\Delta = 2h$	$\Delta = 3h$	$\Delta = 4h$	Jornada (h)	# resultados
06:30	M41	M43	--	13	2
07:30	M45	M47	--	14	2
09:30	M49	M51	M53	14	3

Tabela 5: Condições iniciais para um tripulante que se apresenta para o voo 100% recuperado. Cenário típico de early-start.

<b>Cenário 4: Tripulante no terceiro dia de programação consecutivo após ter assumido voo no cenário 3</b>					
Apresentação (h)	$\Delta = 2h$	$\Delta = 3h$	$\Delta = 4h$	Jornada (h)	# resultados
06:30	M42A	M44A	--	13	2
07:30	M46A	M48A	--	14	2
09:30	M50A	M52A	M54A	14	3

Tabela 6: Condições iniciais para um tripulante que se apresenta para o terceiro dia de voo consecutivo. Cenário típico de early-start.

<b>Cenário 5: Tripulante no sexto dia de programação consecutivo após ter assumido voo no cenário 3</b>					
Apresentação (h)	$\Delta = 2h$	$\Delta = 3h$	$\Delta = 4h$	Jornada (h)	# resultados
06:30	M42	M44	--	13	2
07:30	M46	M48	--	10	2
09:30	M50	M52	M54	12	3

Tabela 7: Condições iniciais para um tripulante que se apresenta para o sexto dia de voo consecutivo. Cenário típico de early-start.

As simulações foram realizadas de forma independente pela equipe do IBR para todos os modelos apresentados nos cenários 1, 2, 3, 4 e 5. Apresentamos a seguir alguns dos resultados obtidos.

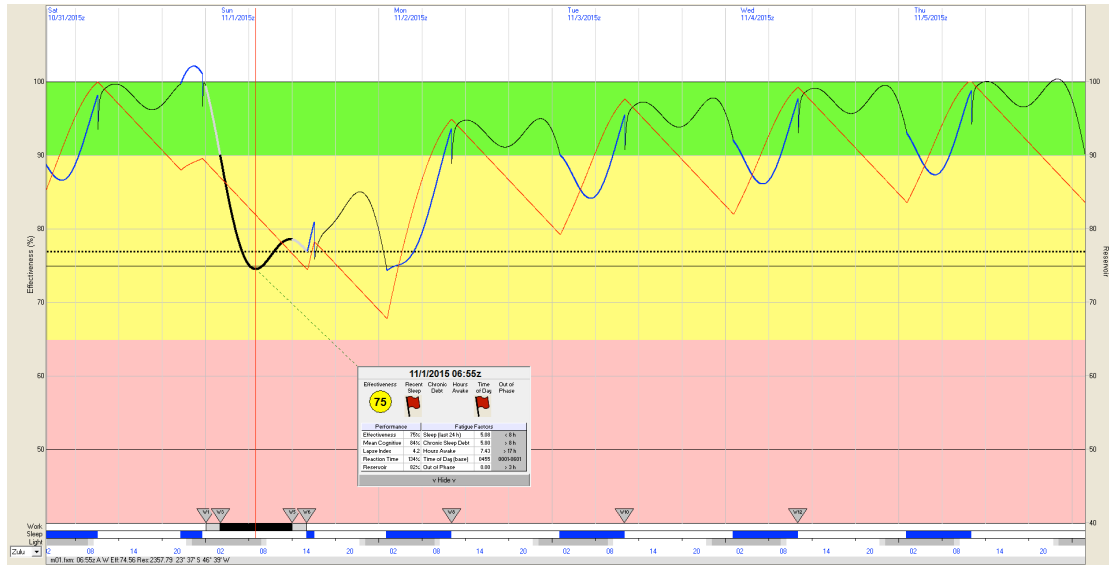


Figura 12: Previsão do modelo SAFTE-FAST para a condição de primeira madrugada com check-in as 02:00 (M1). Os dados foram cedidos pela Dra. Lauren Waggoner, IBR.

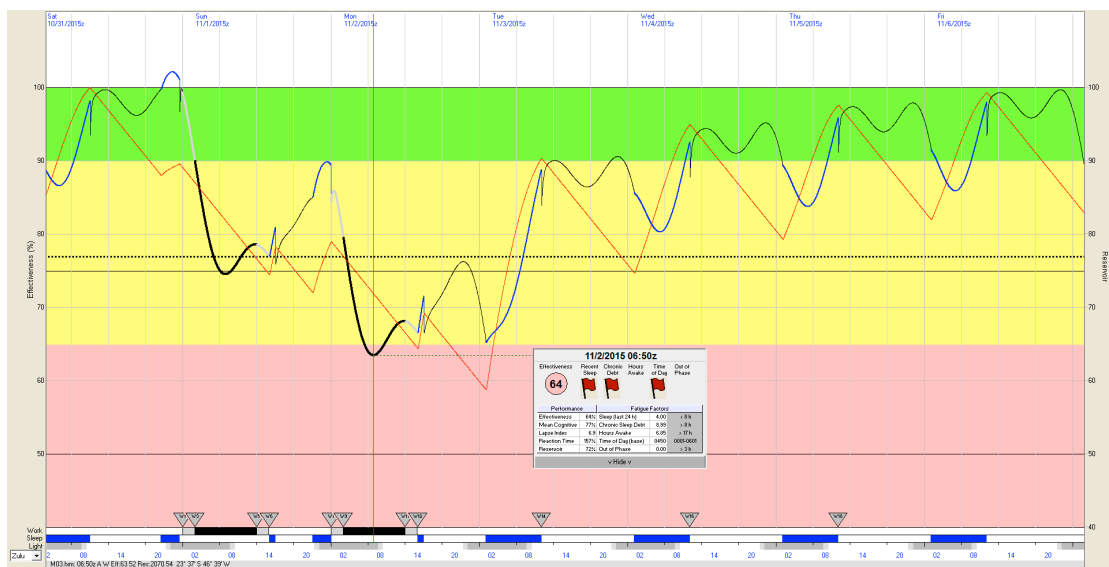


Figura 13: Previsão do modelo SAFTE-FAST para a condição de segunda madrugada com check-in as 02:00 (M2). Os dados foram cedidos pela Dra. Lauren Waggoner, IBR.

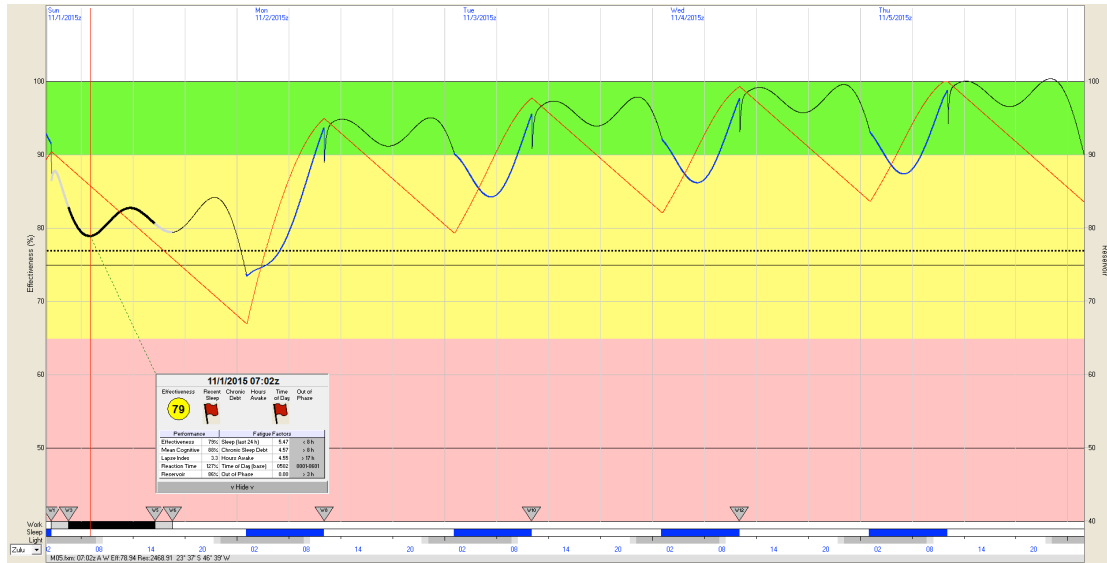


Figura 14: Previsão do modelo SAFTE-FAST para a condição de primeira madrugada com check-in as 04:30 (M5). Os dados foram cedidos pela Dra. Lauren Waggoner, IBR.

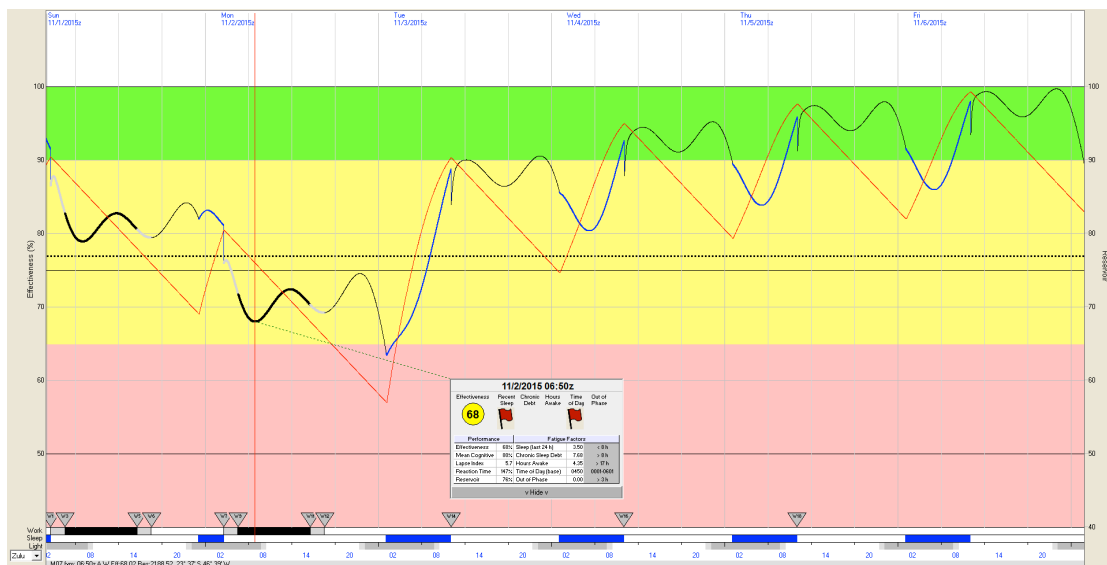


Figura 15: Previsão do modelo SAFTE-FAST para a condição de segunda madrugada com check-in as 04:30 (M6). Os dados foram cedidos pela Dra. Lauren Waggoner, IBR.

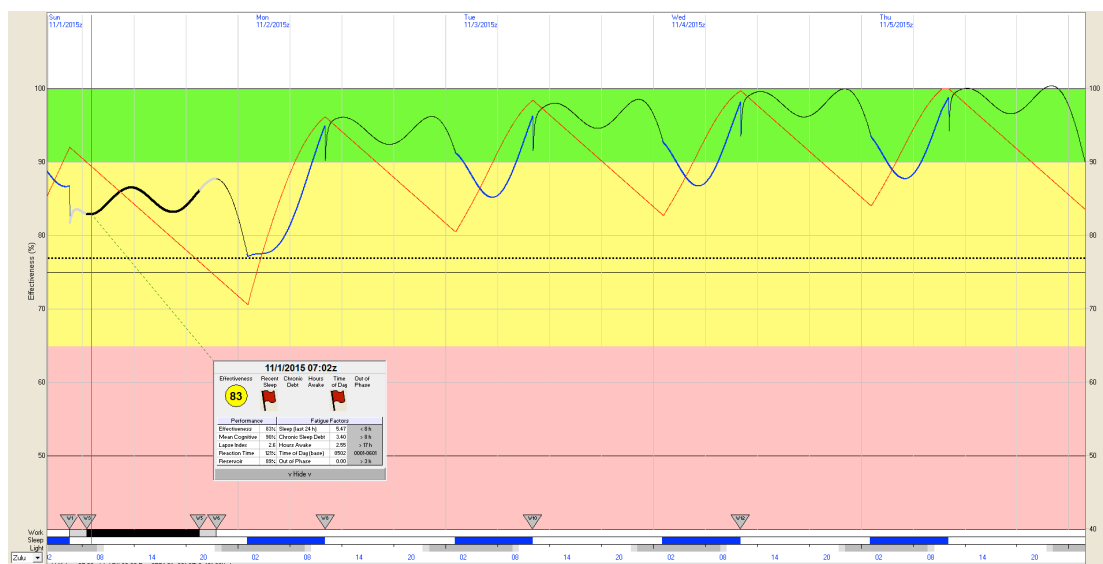


Figura 16: Previsão do modelo SAFTE-FAST para a condição do tripulante se apresentando 100% recuperado para um voo com check-in as 06:30 (M41). Os dados foram cedidos pela Dra. Lauren Waggoner, IBR.

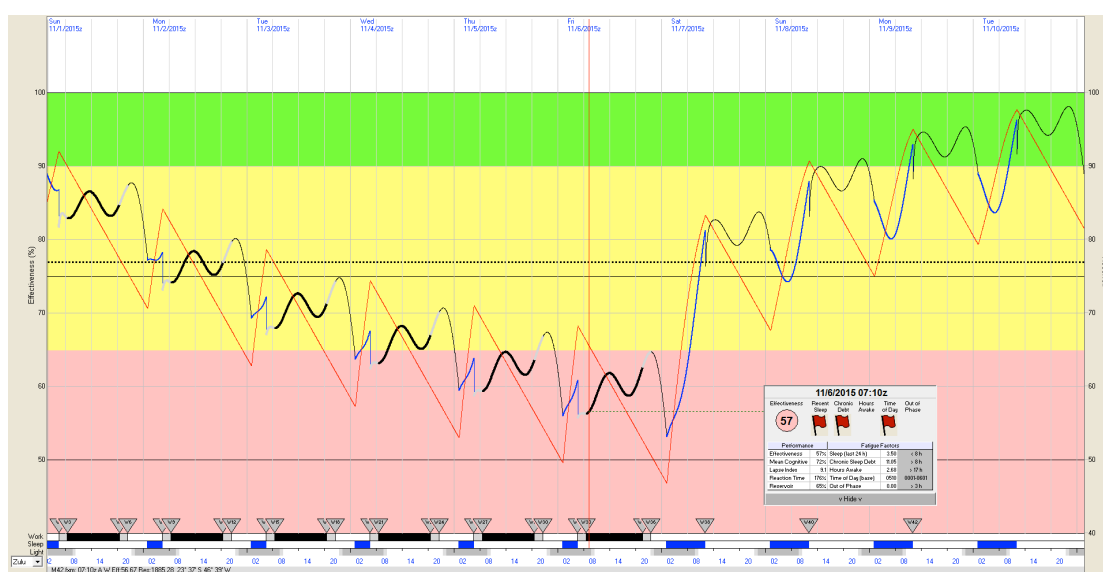


Figura 17: Previsão do modelo SAFTE-FAST para a condição do tripulante no sexto dia consecutivo com apresentação as 06:30 (M42). Os dados foram cedidos pela Dra. Lauren Waggoner, IBR.

De posse dos resultados em formato eletrônico, realizamos uma interpolação com o intuito de se obter uma função contínua da efetividade em função do tempo ao longo da jornada de trabalho:  $E(t)$ . O resultado para M1 (curva em vermelho) é apresentado na Figura 18 juntamente com o histograma fornecido pelo IBR (valores de efetividade coletados em intervalos de 30 em 30 minutos).

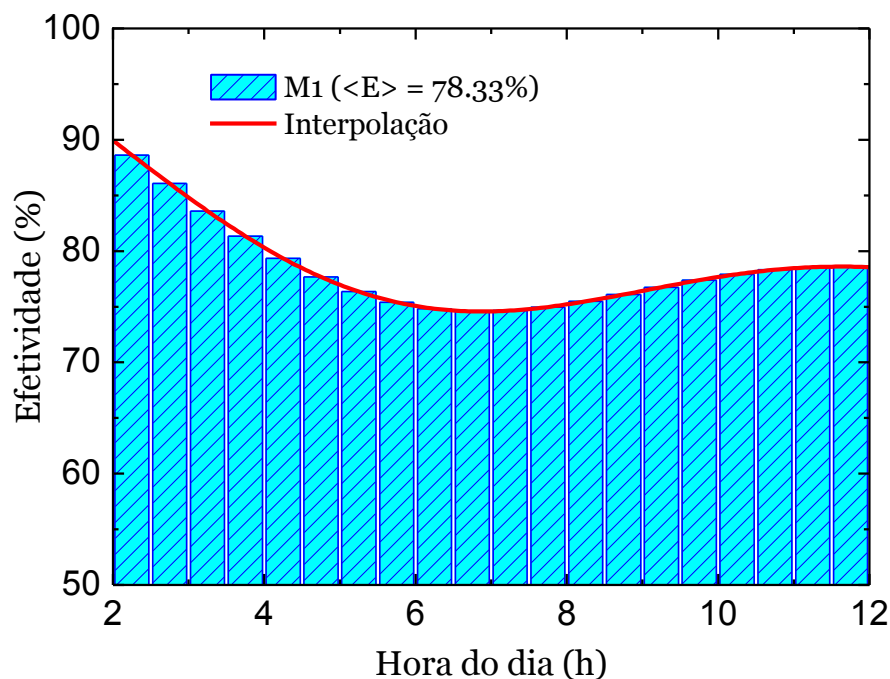


Figura 18: Variação da efetividade do tripulante na primeira madrugada com início às 02:00 (M1). A efetividade média  $\langle E \rangle = 78,3\%$  foi calculada pela integral da curva de  $E(t)$ .

Utilizando-se a parametrização apresentada na Figura 3, podemos calcular a variação do risco devido à fadiga ao longo da jornada de trabalho. O resultado é apresentado na Figura 19.

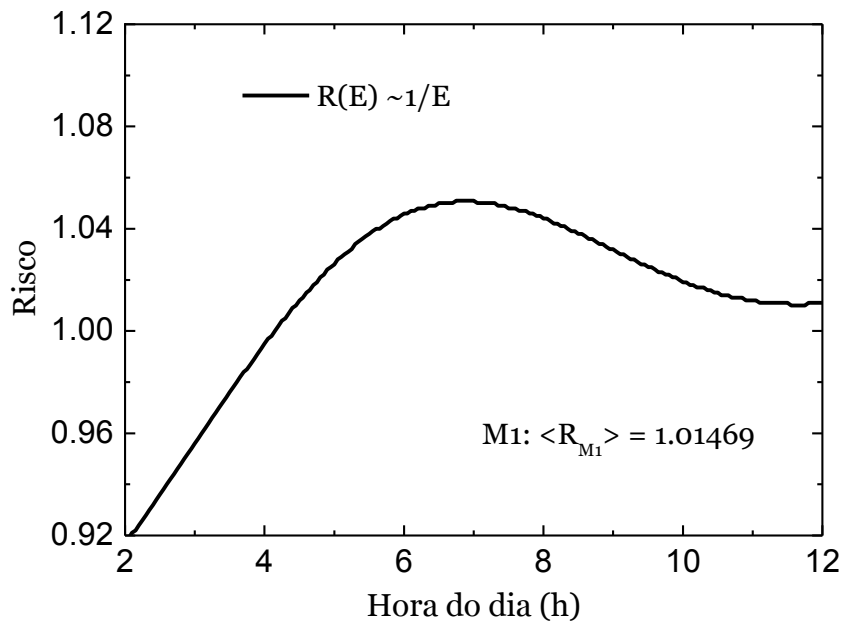


Figura 19: Variação do risco relativo devido à fadiga ao longo da madrugada com início às 02:00 (M1). O risco médio foi calculado pela integral de  $R(t)$ .

O próximo passo da análise introduz o conceito de área de perigo, definida como a área da curva de efetividade abaixo de 80% durante a jornada de trabalho. Conforme apresentado na Figura 20, o custo de acidentes devido falha humana aumenta significativamente quando a efetividade fica abaixo de 77% e por essa razão inserimos o parâmetro de 80% para averiguar uma possível “zona de transição” nos resultados.

A Figura 21 apresenta uma comparação entre a primeira e a segunda madrugadas (M1 e M2) com suas respectivas áreas, onde constatamos que a área de risco na segunda madrugada é cerca de 5 vezes maior do que na primeira. A Tabela 8 apresenta um resumo com todas as simulações incluídas na presente análise.

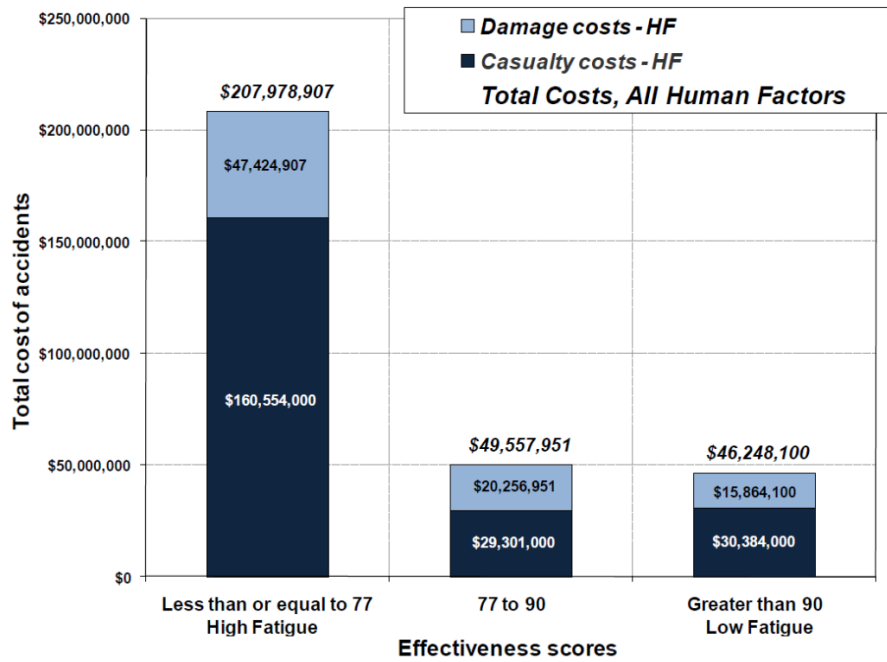


Figura 20: Custo dos acidentes devido falha humana em função da efetividade do funcionário obtida no modelo SAFTE-FAST. Gráfico extraído de Hursh *et al.* (2011).

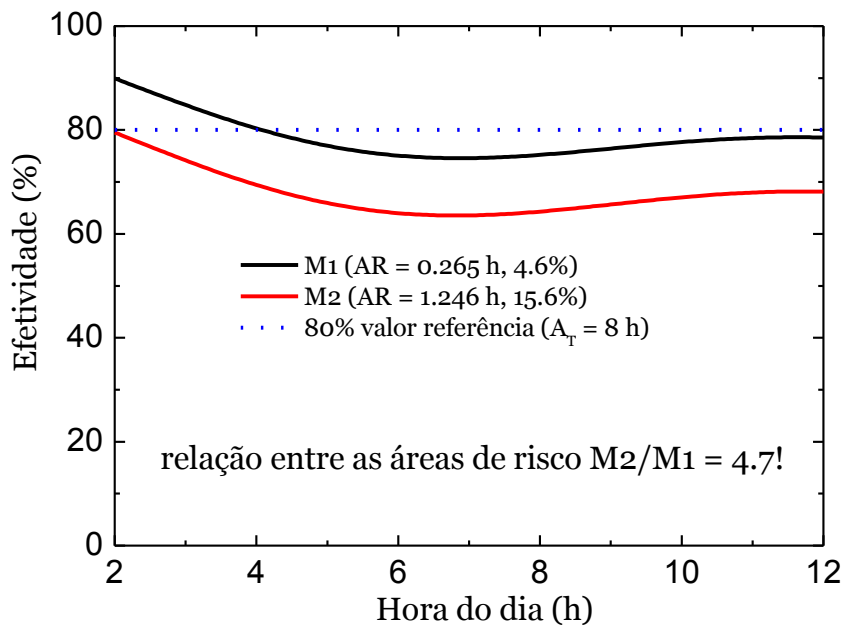


Figura 21: Comparação entre as áreas de risco da primeira e segunda madrugada (M1/M2) com início as 02:00 hs. Detalhes no texto.

Model ID	Function	Risk	Hazard Area (h)	HA (h) (duty-1)	HA (h) (duty-2)
1	F111	1,01469	0,265	0,251	0,232
2	F121	1,13505	1,246	1,127	1,003
3	F112	1,01757	0,289	0,272	0,25
4	F122	1,16104	1,441	1,303	1,16
5	F211	0,98951	0,024	0,024	0,024
6	F221	1,09808	0,965	0,872	0,789
7	F212	1,01531	0,188	0,171	0,163
8	F222	1,13829	1,289	1,165	1,05
9	F311	0,96532	0	0	0
10	F321	1,05851	0,737	0,667	0,596
11	F312	0,99257	0,035	0,031	0,025
12	F322	1,10062	1,184	1,078	0,97
13	F411	0,86871	0	0	0
14	F421	0,87125	0	0	0
15	F412	0,86871	0	0	0
16	F422	0,89815	0	0	0
17	F511	0,8772	0	0	0
18	F521	0,86879	0	0	0
19	F512	0,8772	0	0	0
20	F522	0,89198	0	0	0
21	F611	0,88217	0	0	0
22	F621	0,87316	0	0	0
23	F612	0,88217	0	0	0
24	F622	0,89747	0	0	0
25	F711	0,8779	0	0	0
26	F721	0,86932	0	0	0
27	F712	0,8779	0	0	0
28	F722	0,88052	0	0	0
29	F811	0,93429	0,205	0,132	0,064
30	F821	0,97811	0,445	0,303	0,174
31	F812	0,95929	0,341	0,236	0,136
32	F822	1,01456	0,652	0,469	0,3
33	F911	0,9786	0,295	0,246	0,184
34	F921	1,0975	1,11	0,944	0,765
35	F912	0,9765	0,281	0,234	0,175
36	F922	1,13493	1,357	1,162	0,952
37	F1011	0,98098	0,224	0,187	0,139
38	F1021	1,10775	1,056	0,897	0,725
39	F1012	0,99202	0,295	0,246	0,184
40	F1022	1,15814	1,375	1,178	0,966
41	F131	0,9462	0	0	0
42A	F141	1,0886	1,061	0,974	0,876
42	F151	1,2399	2,585	2,406	2,21
43	F132	0,96417	0	0	0
44A	F142	1,13651	1,531	1,405	1,27
44	F152	1,33231	3,261	3,032	2,785
45	F231	0,91761	0	0	0
46A	F241	0,97307	0	0	0
46	F251	1,00476	0,148	0,146	0,146
47	F232	0,94253	0	0	0
48A	F242	1,08234	1,079	1,021	0,948
48	F252	1,2269	2,668	2,516	2,354
49	F331	0,87973	0	0	0
50A	F341	0,89435	0	0	0
50	F351	0,90012	0	0	0
51	F332	0,89783	0	0	0
52A	F342	0,92709	0	0	0
52	F352	0,94324	0	0	0
53	F333	0,91566	0	0	0
54A	F343	1,01611	0,243	0,243	0,241
54	F353	1,09719	1,339	1,250	1,180

Tabela 8: Risco médio e área de risco para as 61 simulações do presente trabalho. As áreas de risco com duty-1 e duty-2 se referem aos valores obtidos reduzindo-se as jornadas em uma e duas horas, respectivamente.

Com o intuito de averiguarmos se existe ou não uma “zona de transição” apresentamos abaixo um gráfico que relaciona o risco médio e sua respectiva área de risco.

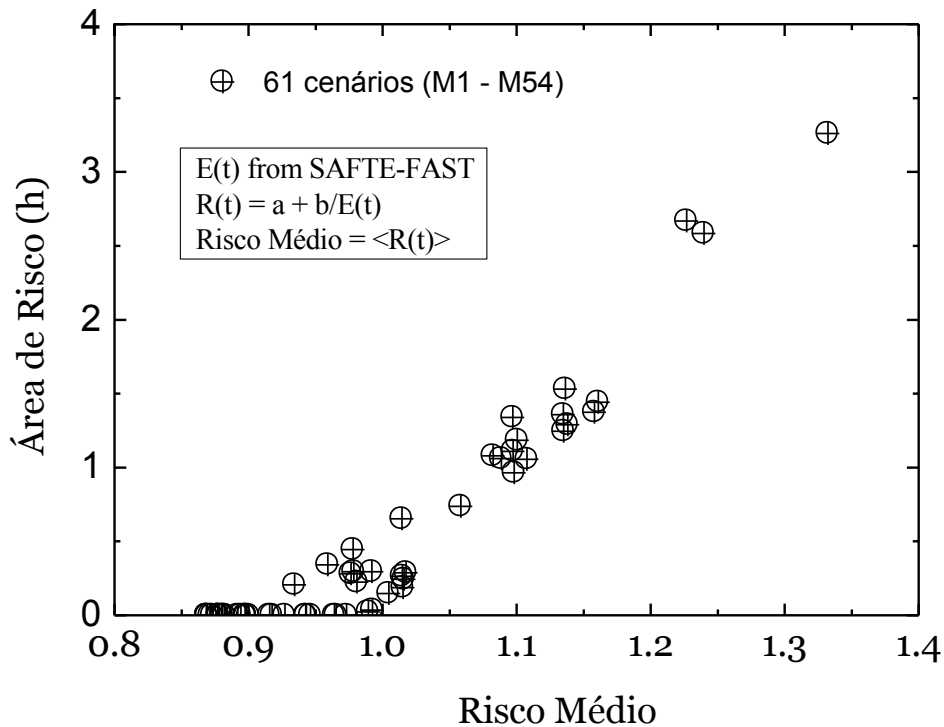


Figura 22: Relação risco médio e área de risco para as simulações consideradas. Detalhes no texto.

Percebemos pela inspeção da Figura 22, que existe uma zona de transição com flutuação da área de risco entre tipicamente  $R = 0,9$  e  $R = 1$ . Mais precisamente, podemos definir uma região cuja efetividade média esteja acima de 90% (faixa verde), entre 90 e 77% (faixa amarela) e abaixo de 77% (faixa vermelha). Com isso poderemos calcular a área média correspondente à zona de transição e realizar uma regressão linear entre  $R$  e  $AR$  na zona de perigo (faixa vermelha). O resultado é apresentado na Figura 23.

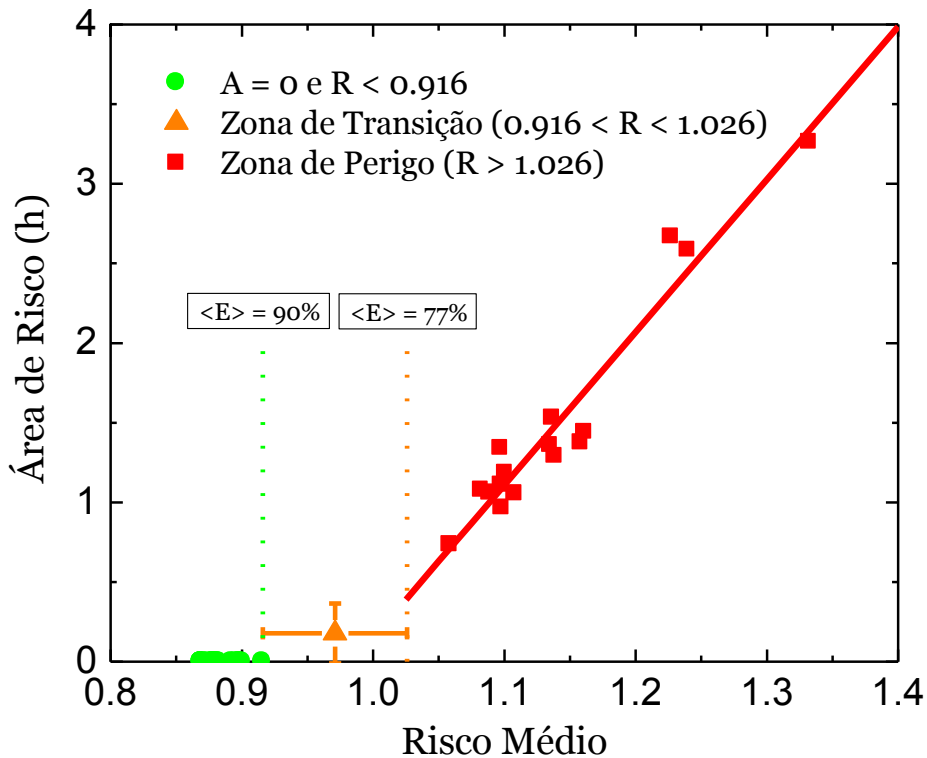


Figura 23: Relação risco médio  $\langle R \rangle$  e área de risco (AR) para as 61 simulações consideradas. Detalhes no texto.

Conforme apresentado na Figura 22, a área de risco varia linearmente com o risco médio quando este fica acima de 1,026 (valor correspondente a uma efetividade média de 77%), como consequência da nossa escolha em se calcular a área abaixo de 80% de efetividade.

Com a finalidade de consolidarmos essa nova metodologia, incluímos nesse mesmo contexto dois acidentes reais que foram analisados pelo modelo SAFTE-FAST. O primeiro se refere ao acidente do voo AIA 808, ocorrido em 1993 em Guantanamo Bay (NBW), Cuba e o segundo ao acidente do Comair 5191 em 2006 em Lexington (LEX), EUA.

No caso específico de Guantanamo Bay, o relatório do NTSB concluiu que a causa mais provável do acidente foi:

*“The impaired judgment, decision-making, and flying abilities of the captain and flight crew due to the effects of fatigue [sleep deprivation]; the captain's failure to properly assess the conditions for landing and maintaining vigilant situational awareness of the airplane while maneuvering onto final approach; his failure to prevent the loss of airspeed and avoid a stall while in the steep bank turn; and his failure to execute immediate action to recover from a stall.”*

Para se estimar a efetividade da tripulação do voo AIA 808 no momento do acidente, os pesquisadores Nancy Wessensten e Gregory Belenky realizaram uma análise baseada no modelo SAFTE-FAST (comunicação privada). Os resultados são apresentados na Figura 24 para o comandante (painel superior), primeiro oficial (painel do meio) e engenheiro de voo (painel inferior).

Já no caso do Comair 5191, estudos recentes apontaram para a fadiga do Controlador de Voo responsável pelo tráfego aéreo no momento do acidente, tendo em vista que sua efetividade estava ao redor de 71% as 06:06 da manhã (Pruchnicki, Wu & Belenky, 2011).

Dessa forma, realizando-se interpolações das respectivas curvas de efetividade para os voos AIA 808 (Figura 25A) e Comair 5191 (Figura 25B), podemos calcular os riscos médios e suas respectivas áreas de risco, conforme apresentado na Figura 26.

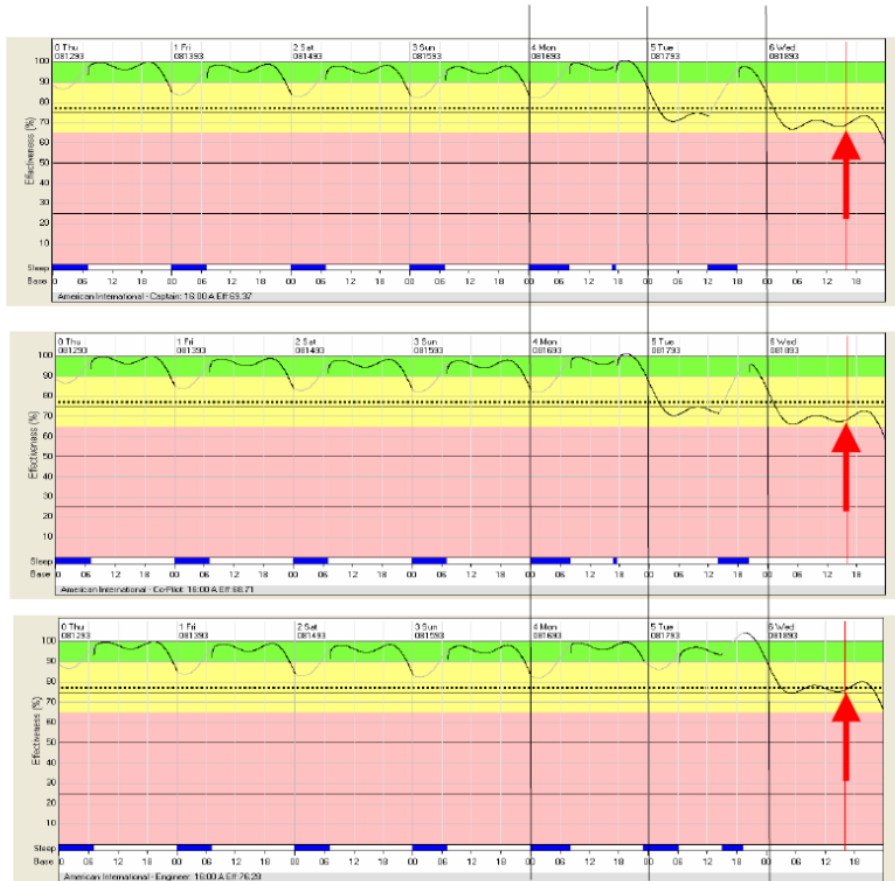


Figura 24: Análise do acidente do voo AIA 808 (Guantanamo Bay) obtida no modelo biomatemático SAFTE-FAST. Gráficos cedidos por Nancy Wesensten e Gregory Belenky.

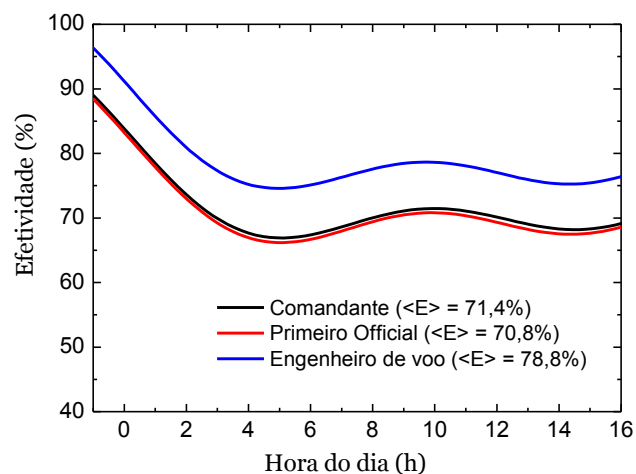


Figura 25A: Curvas de efetividade dos tripulantes do voo AIA 808 (Guantanamo Bay) obtidas no modelo SAFTE-FAST. Detalhes no texto.

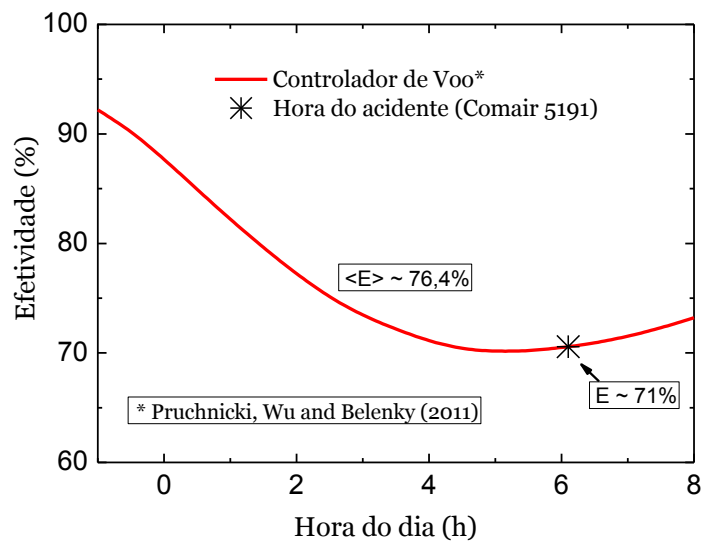


Figura 25B: Efetividade do Controlador de Voo no acidente do Comair 5191. A curva em vermelho foi extraída de Pruchnicki, Wu e Belenky (2011).

Verificamos claramente que as áreas de risco dos tripulantes técnicos do voo AIA 808 têm magnitude similar às correspondentes às segundas madrugadas e terceiras programações de voo cedo pela manhã, reforçando de forma irrefutável a necessidade de se mitigar os riscos da fadiga em programações de voo com essas características.

Especificamente para o caso da segunda madrugada consecutiva, **recomendamos** que a mesma seja planejada de forma a **evitar que ocorram operações de pouso e decolagem no período de baixa do ciclo circadiano** (tipicamente das 02 as 05 da manhã), e sempre respeitando o sentido *clockwise* para apresentações subsequentes entre 00:00 e 06:00 horas.

Outro resultado bastante interessante se refere aos valores de risco médio e área de exposição obtidos para o Engenheiro de Voo do acidente em Guantanamo Bay e para o Controlador de Voo do Comair 5191, demonstrando de forma contundente a importância

de se avaliar o risco nas operações aéreas na medida em que a efetividade fica ao redor de 77%.

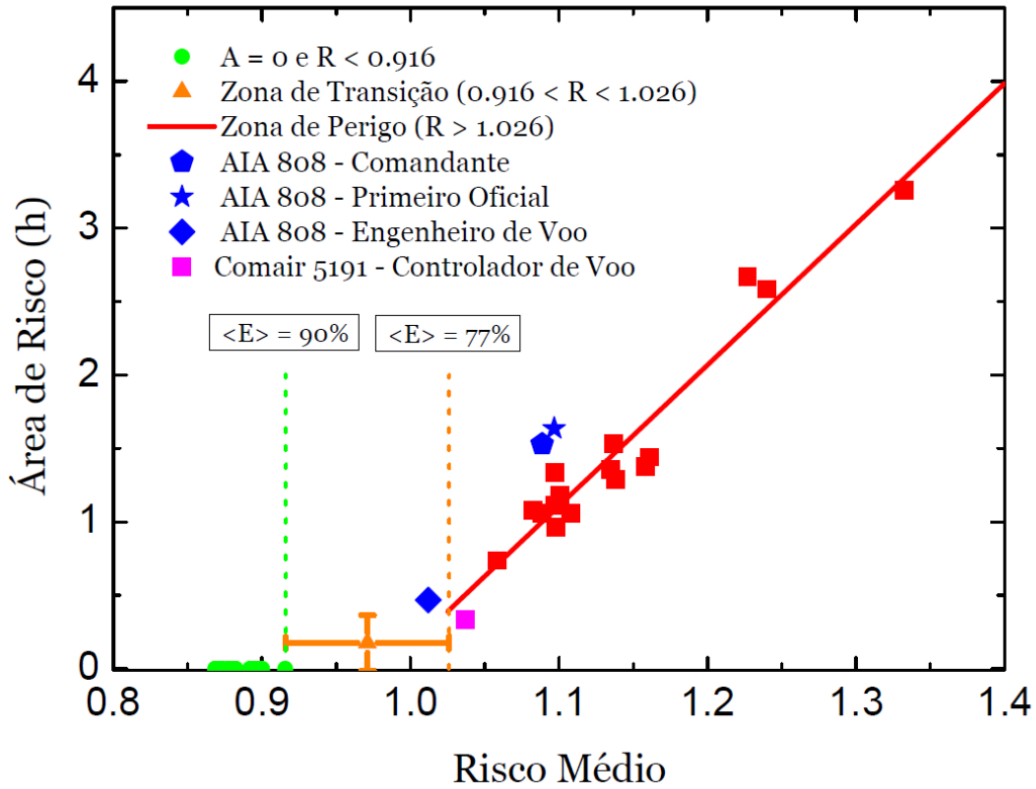


Figura 26: Relação risco médio e área de risco obtida nas 61 simulações e nos acidentes reais AIA 808 (Guantanamo Bay) e Comair 5191 (Lexington).

### 4.3.2. Análise de risco da tabela FAR-117 (1 e 2 etapas)

Apresentamos abaixo algumas tabelas de jornadas baseadas nos limitantes previstos na FAR-117 com seus respectivos riscos médios e áreas de risco.

Tabela FAR-117 (1 e 2 etapas) com cenários 1 e 3 e $\Delta = 2$ horas					
Apresentação (h)	Cenário	Jornada de trabalho (h)	Efetividade Média (%)	Risco Médio	Área de Risco (h)
0000-0359	M1	9	78,33	1,01469	0,251
0400-0459	M5	10	80,90	0,98951	0,024
0500-0559	M9	12	83,70	0,96532	0
0600-0659	M41	13	86,05	0,9462	0
0700-1159	M49	14	95,38	0,87973	0
1200-1259	M13	13	97,18	0,86871	0
1300-1659	M21	12	95,28	0,88817	0
1700-2159	M29	12	89,15	0,93429	0,205
2200-2259	M33	11	83,26	0,9786	0,295
2300-2359	M37	10	82,69	0,98098	0,224

Tabela 9: Tripulante 100% recuperado na tabela FAR-117. A área total de exposição diária é de 0,107 h. Detalhes no texto.

O cálculo da área total de exposição diária (período de 24 horas) foi realizado fazendo-se a média ponderada dos valores obtidos para as áreas de risco para cada intervalo de apresentação. Por exemplo, para o intervalo entre 00:00 e 03:59 (área de risco de 0,251 h), utilizamos o fator 1/6, uma vez que representa essa fatia de um dia de 24 horas.

Tabela FAR-117 (1 e 2 etapas) com Cenário 2 e 4 (*) e $\Delta = 2$ horas				
Apresentação (h)	Cenário	Jornada de trabalho (h)	Risco Médio	Área de Risco (h)
0000-0359	M2	9	1,13505	1,127
0400-0459	M6	10	1,09808	0,965
0500-0559	M10	12	1,05851	0,737
0600-0659	M42A(*)	13	1,0886	1,061
0700-1159	M50A(*)	14	0,89435	0
1200-1259	M14	13	0,87125	0
1300-1659	M22	12	0,87316	0
1700-2159	M30	12	0,97811	0,445
2200-2259	M34	11	1,0975	1,11
2300-2359	M38	10	1,10775	1,056

Tabela 10: Tripulante na segunda madrugada ou no terceiro dia consecutivo pela manhã (\*) na tabela FAR-117. Detalhes no texto.

Tabela FAR-117 (1 e 2 etapas) com cenários 2 e 5 (*) e $\Delta = 2$ horas				
Apresentação (h)	Cenário	Jornada de trabalho (h)	Risco Médio	Área de Risco (h)
0000-0359	M2	9	1,13505	1,127
0400-0459	M6	10	1,09808	0,965
0500-0559	M10	12	1,05851	0,737
0600-0659	M42(*)	13	1,2399	2,585
0700-1159	M50(*)	14	0,90012	0
1200-1259	M14	13	0,87125	0
1300-1659	M22	12	0,87316	0
1700-2159	M30	12	0,97811	0,445
2200-2259	M34	11	1,0975	1,11
2300-2359	M38	10	1,10775	1,056

Tabela 11: Tripulante na segunda madrugada ou no sexto dia consecutivo pela manhã (\*) na tabela FAR-117. A área total de exposição diária é de 0,549 h. Detalhes no texto.

### 4.3.3 Análise de risco da tabela CAO-48 (1 e 2 etapas):

Tabela CAO-48 (1 e 2 etapas) nos cenários 1 e 3 com $\Delta = 2$ horas				
Apresentação (h)	Cenário	Jornada de trabalho (h)	Risco Médio	Área de risco (h)
0500-0559	M9	11	0,96532	0
0600-0659	M41	12	0,9462	0
0700-0759	M45	13	0,91761	0
0800-1059	M49	14	0,87973	0
1100-1359	M13	13	0,86871	0
1400-1459	M17	12	0,8772	0
1500-1559	M25	11	0,8779	0
1600-2259	M29	10	0,93429	0,064
2300-0459	M1	10	1,01469	0,265

Tabela 12: Tripulante 100% recuperado na tabela CAO-48. A área total de exposição diária é de 0,085 h. Detalhes no texto.

Tabela CAO-48 (1 e 2 etapas) nos cenários 2 e 4 (**) com $\Delta = 2$ horas				
Apresentação (h)	Cenário	Jornada de trabalho (h)	Risco Médio	Área de Risco (h)
0500-0559	M10	11	1,05851	0,667
0600-0659	M42A(**)	12	1,0886	0,974
0700-0759	M46A(**)	13	0,97307	0
0800-1059	M50A(**)	14	0,89435	0
1100-1359	M14	13	0,87125	0
1400-1459	M18	12	0,86879	0
1500-1559	M26	11	0,86932	0
1600-2259	M30	10	0,97811	0,174
2300-0459	M2	10	1,13505	1,246

Tabela 13: Tripulante na segunda madrugada ou no terceiro dia consecutivo pela manhã (\*\*) na tabela CAO-48. Detalhes no texto.

Tabela CAO-48 (1 e 2 etapas) nos cenários 2 e 5 (**) com $\Delta = 2$ horas				
Apresentação (h)	Cenário	Jornada de trabalho (h)	Risco Médio	Área de Risco (h)
0500-0559	M10	11	1,05851	0,667
0600-0659	M42(**)	12	1,2399	2,585
0700-0759	M46(**)	13	1,00476	0,148
0800-1059	M50(**)	14	0,90012	0
1100-1359	M14	13	0,87125	0
1400-1459	M18	12	0,86879	0
1500-1559	M26	11	0,86932	0
1600-2259	M30	10	0,97811	0,174
2300-0459	M2	10	1,13505	1,246

Tabela 14: Tripulante na segunda madrugada ou no sexto dia consecutivo pela manhã (\*\*\*) na tabela CAO-48. Área total diária de 0,504 h. Detalhes no texto.

#### **4.3.4 Construindo uma tabela de Jornada brasileira:**

##### **Passo 1: Tomamos como ponto de partida a tabela CAO-48 nos cenários 2 e 4 com $\Delta = 2$ horas:**

Esse procedimento foi adotado tendo em vista que as tabelas de jornadas devem refletir tanto a situação com o tripulante que inicia uma programação 100% recuperado, quanto nas hipóteses de segunda madrugada ou programações sucessivas cedo pela manhã. Como em ambos os casos, as áreas de exposição ao risco ao longo do dia (média ponderada de 24 horas) são significativamente inferiores comparando-se a Tabela CAO-48 com a FAR-117, adotamos como ponto de partida os limites australianos. Com relação ao parâmetro  $\Delta$  acreditamos que em muitas situações nas grandes capitais os tripulantes necessitam antecipar sobremaneira seu deslocamento para o aeroporto de início da viagem, tornando o parâmetro de 2 (duas) horas entre o despertar e o início da jornada não realístico. Por outro lado, as respectivas tabelas deverão ser adotadas em todo o território nacional e com isso optamos em considerar um parâmetro mais modesto para  $\Delta$  (2 horas), propondo que outras mitigações (apresentadas no decorrer do relatório) sejam adotadas, tanto para madrugadas consecutivas, quanto para voos em seqüência com início cedo pela manhã.

## **Passo 2: Limitando a Tabela CAO-48 a 12 horas:**

Conforme apresentado na Tabela 15 (Goode, 2003) a proporção relativa de acidentes em função do tempo de exposição (time on duty) aumenta substancialmente acima de 13 horas.

Captain duty hours and accidents by length of duty

Hour in duty period	Captain's hours	Exposure proportion	Accidents	Accident proportion	Accident proportion relative to exposure proportion
1-3	430,136	0.35	15	0.27	0.79
4-6	405,205	0.33	15	0.27	0.84
7-9	285,728	0.23	14	0.25	1.11
10-12	109,820	0.09	8	0.15	1.65
13 or more	12,072	0.01	3	0.05	5.62
Total	1,242,961	1.00	55	1.00	1.00
Calculated $\chi^2$		14.89		10% $\chi^2$	7.8
Degrees of freedom		4		5% $\chi^2$	9.5

Tabela 15: Proporção relativa de acidentes normalizada pela exposição em função do tempo em serviço (*time on duty*). Tabela extraída de Goode (2003).

Por outro lado, verifica-se que na análise proposta por Goode (2003), ocorreram apenas 3 acidentes após 13 horas de jornada, enquanto que entre 10 e 12 ocorreram 8. Por essa razão, e no intuito de se aprimorar a análise estatística dos dados, optamos por aglutinar todos os eventos entre 10 e 13 horas. O resultado é apresentado na Figura 27, onde observamos um comportamento exponencial da proporção relativa de acidentes em função do tempo em serviço (*time on duty*). Surpreendentemente, a variação relativa do risco calculada por Folkard & Tucker (2003)

(histograma em azul) também apresentou o mesmo tipo de comportamento exponencial. Ou seja, o risco relativo de acidentes numa jornada de 12 horas é 45% acima daquele correspondente a uma jornada de 10 horas e 90% acima se comparado com uma jornada de 8 horas. Por essa razão, consideramos de suma importância que as **jornadas para tripulação simples sejam restritas a 12 horas**. Essa medida possui impacto desprezível na indústria, uma vez que o nosso limite de jornada atual é de 11 horas, representando uma grande mitigação do risco da fadiga.

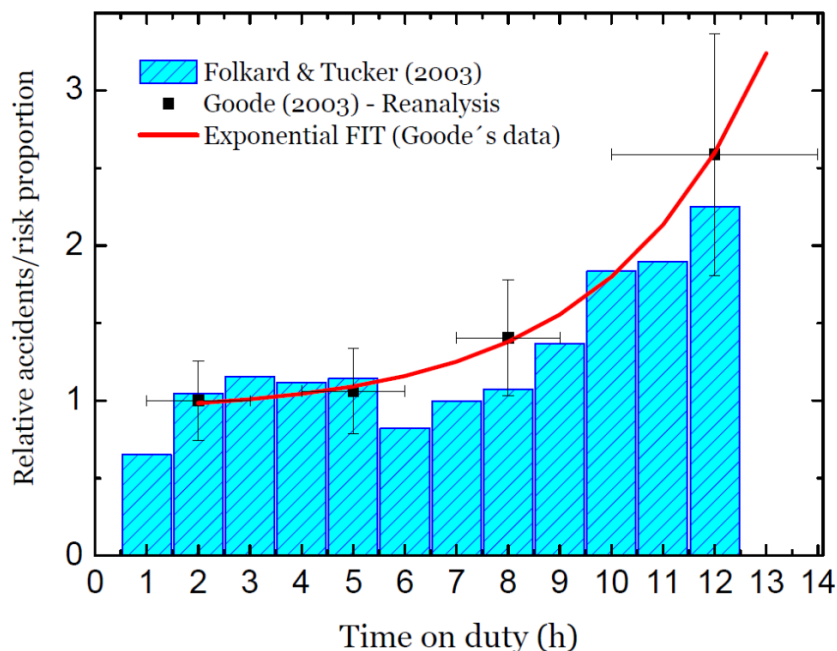


Figura 27: Proporção relativa de acidentes/risco em função do tempo em serviço (time on duty). Detalhes no texto.

Com os passos 1 e 2, teremos:

Tabela CAO-48 (1 e 2 etapas) nos cenários 2 e 4 (*) com $\Delta = 2$ horas				
Apresentação (h)	Cenário	Jornada de trabalho (h)	Risco Médio	Área de Risco (h)
0500-0559	M10	11	1,05851	0,667
0600-0659	M42A(*)	12	1,0886	0,974
0700-0759	M46A(*)	13 → 12	0,97307	0
0800-1059	M50A(*)	14 → 12	0,89435	0
1100-1359	M14	13 → 12	0,87125	0
1400-1459	M18	12	0,86879	0
1500-1559	M26	11	0,86932	0
1600-2259	M30	10	0,97811	0,174
2300-0459	M2	10	1,13505	1,246

Tabela X: Tabela CAO-48 nos cenários 2 e 4 com  $\Delta = 2$  horas e limitada em 12 horas. Detalhes no Texto.

**Passo 3: Limitar em uma hora as jornadas noturnas e as partidas muito cedo pela manhã (área de risco em vermelho).**

Para que possamos visualizar de forma assertiva o passo 3 apresentamos abaixo a Tabela X em comparação com a Lei 7.183/84. Verificamos claramente que a maior área de risco (1,246 h) ocorre nos voos da madrugada e por essa razão **recomendamos a redução de uma hora na jornada** (redução de 10% na área de risco). Analogamente, verifica-se que os limites entre 05:00 e 05:59 e 06:00 e 06:59, **além de estarem no intervalo em vermelho, estão acima dos limites atuais aplicados.** Adicionalmente, é bem sabido que as partidas muito cedo pela manhã (Licati *et al.*, 2015) possuem um grande impacto para a fadiga. Por essas razões **recomendamos a redução em**

**uma hora nesses limites** (redução de 11 a 12 % nas áreas de risco, respectivamente).

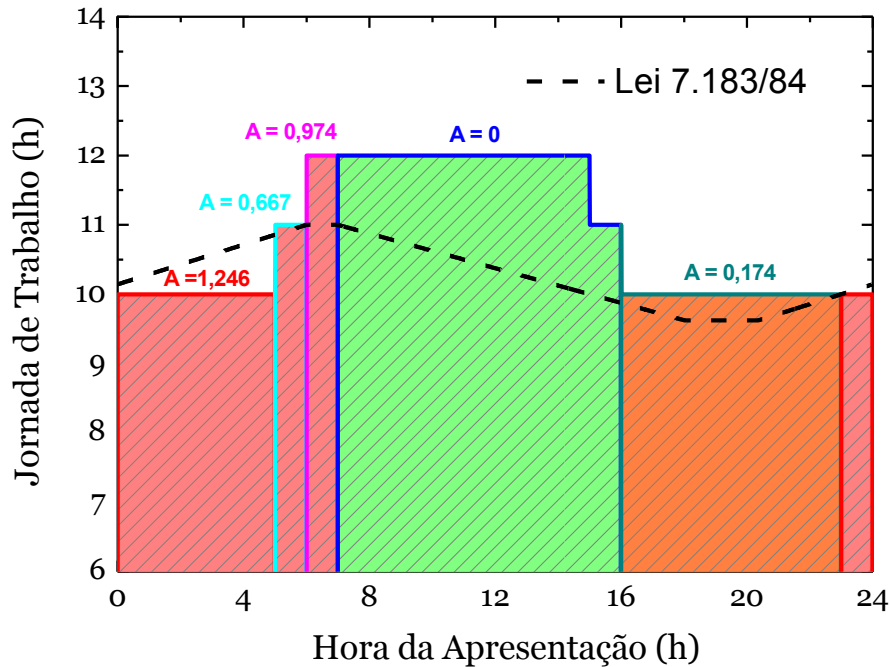


Figura 28: Limites de Jornada da Tabela X e da Lei 7.183/84. As regiões em vermelho indicam os pontos de mitigação de risco.

Com esses ajustes obtemos a Tabela Y:

Tabela CAO-48 (1 e 2 etapas) nos cenários 2 e 4 (**) com $\Delta = 2$ horas				
Apresentação (h)	Cenário	Jornada de trabalho (h)	Risco Médio	Área de Risco (h)
0500-0559	M10	<b>11→10</b>	1,05851	<b>0,667 → 0,596</b>
0600-0659	M42A(**)	<b>12→11</b>	1,0886	<b>0,974 → 0,876</b>
0700-0759	M46A(**)	<b>12</b>	0,97307	0
0800-1059	M50A(**)	<b>12</b>	0,89435	0
1100-1359	M14	<b>12</b>	0,87125	0
1400-1459	M18	12	0,86879	0
1500-1559	M26	11	0,86932	0
1600-2259	M30	10	0,97811	0,174
2300-0459	M2	<b>10 → 9</b>	1,13505	<b>1,246 → 1,127</b>

Tabela Y: Passos 1, 2 e 3.

**Passo 4: Aumentar em uma hora a jornada no período entre 1500 e 1559:**

Verificamos essa oportunidade uma vez que a área de risco está verde. O incremento na jornada mantém a área de exposição em zero.

**Passo 5: Manter os limites de hora de voo idênticos a CAO-48, porém com valor mínimo de 8 horas (futura Lei do Aeronauta):**

Como a nossa análise não leva em conta as horas de voo e sim a jornada, optamos por **manter os limites de horas de voo da CAO-48**, porém com um valor mínimo de 8 (oito) horas tendo em vista que esse é o limite previsto na futura Lei do Aeronauta.

Com esses passos, chegamos até a Tabela W:

Tabela CAO-48 (1 e 2 etapas) nos cenários 2 e 4 (*) com $\Delta = 2$ horas				
Apresentação (h)	Cenário	Jornada de trabalho (h)	Risco Médio	Área de Risco (h)
0500-0559	M10	10	1,05851	0,596
0600-0659	M42A(*)	11	1,0886	0,876
0700-0759	M46A(*)	12	0,97307	0
0800-1059	M50A(*)	12	0,89435	0
1100-1359	M14	12	0,87125	0
1400-1459	M18	12	0,86879	0
1500-1559	M26	11 → 12	0,87743	0
1600-2259	M30	10	0,97811	0,174
2300-0459	M2	9	1,13505	1,127

Tabela W: Passos 1, 2, 3, 4 e 5.

**Passo 6: Incluindo o efeito de 3 ou mais etapas numa mesma jornada:**

Os limites apresentados na Tabela W se referem a uma ou duas etapas de voo. Para que possamos estimar qual será a redução de jornada em função do incremento do número de etapas iremos utilizar os seguintes critérios:

**Passo 6.1:** Nos horários onde o risco ficou em vermelho e no intervalo entre 15:00 e 15:59 que foi majorado em uma hora **aplicar a mesma redução relativa adotada na Tabela CAO.**

A redução relativa pode ser visualizada na tabela abaixo:

Tabela Brasileira – Variação da Jornada em função do número de etapas (referência jornada para uma e duas etapas)					
Apresentação (h)	Número de Etapas numa mesma jornada				
	1-2	3-4	5	6	7+
0500-0559	1	0,909	0,818	0,818	0,818
0600-0659	1	0,917	0,833	0,833	0,75
1500-1559	1	0,909	0,909	0,818	0,818
2300-0459	1	0,9	0,8	0,8	0,8

Tabela 16: Variação relativa da jornada em função do número de etapas tendo como referência a jornada para uma e duas etapas.

Com essa redução as novas jornadas ficam:

Tabela Brasileira – Variação da Jornada em função do número de etapas (referência jornada para uma e duas etapas)					
Apresentação (h)	Número de Etapas numa mesma jornada				
	1-2	3-4	5	6	7+
0500-0559	10	9,09	8,18	8,18	8,18
0600-0659	11	10,087	9,163	9,163	8,25
1500-1559	12	10,908	10,908	9,816	9,816
2300-0459	9	8,1	7,2	7,2	7,2

Tabela 17: redução das jornadas em função do número de etapas.

**Passo 6.2: Manter o limite mínimo de 9 horas de jornada (futura Lei do Aeronauta) e arredondar os valores da Tabela 17 para a meia hora mais próxima:**

Tabela Brasileira – Variação da Jornada em função do número de etapas (referência jornada para uma e duas etapas)					
Apresentação (h)	Número de Etapas numa mesma jornada				
	1-2	3-4	5	6	7+
0500-0559	10	9	9	9	9
0600-0659	11	10	9	9	9
1500-1559	12	11	11	10	10
2300-0459	9	9	9	9	9

Tabela 18: Redução das jornadas em função do número de etapas.

**Passo 6.3: Nos horários onde o risco ficou em amarelo ou verde manter os mesmos limites da CAO-48 limitada a doze horas.**

Com isso, construímos a nossa proposta para a Tabela Brasileira:

Tabela Brasileira – Jornada máxima (horas de voo)					
Apresentação (h)	Número de Etapas numa mesma jornada				
	1-2	3-4	5	6	7+
0500-0559	<b>10(9)</b>	<b>9(8)</b>	<b>9(8)</b>	<b>9(8)</b>	<b>9(8)</b>
0600-0659	<b>11(9)</b>	<b>10(9)</b>	<b>9(8)</b>	<b>9(8)</b>	<b>9(8)</b>
0700-0759	<b>12(9.5)</b>	<b>12(9)</b>	<b>11(9)</b>	<b>11(9)</b>	<b>10(8)</b>
0800-1059	<b>12(10)</b>	<b>12(9.5)</b>	<b>12(9)</b>	<b>11(9)</b>	<b>11(9)</b>
1100-1359	<b>12(9.5)</b>	<b>12(9)</b>	<b>11(9)</b>	<b>11(9)</b>	<b>10(8)</b>
1400-1459	<b>12(9)</b>	<b>11(9)</b>	<b>10(8)</b>	<b>10(8)</b>	<b>9(8)</b>
1500-1559	<b>12(9)</b>	<b>11(8)</b>	<b>11(8)</b>	<b>10(8)</b>	<b>10(8)</b>
1600-2259	<b>10(8)</b>	<b>9(8)</b>	<b>9(8)</b>	<b>9(8)</b>	<b>9(8)</b>
2300-0459	<b>9(8)</b>	<b>9(8)</b>	<b>9(8)</b>	<b>9(8)</b>	<b>9(8)</b>

Tabela Z: Proposta dos Aeronautas para a tabela de jornada brasileira para tripulação simples.

Os limites em **NEGRITO** da tabela Z são iguais aos da CAO-48, porém limitados a 12 horas. Os limites em **AZUL** são uma hora acima dos limites da CAO-48, enquanto que os limites em **VERMELHO** são uma hora abaixo.

Portanto, apresentamos abaixo o resultado final sem coloração:

Tabela Brasileira – Jornada máxima (horas de voo)					
Apresentação (h)	Número de Etapas numa mesma jornada				
	1-2	3-4	5	6	7+
0500-0559	10(9)	9(8)	9(8)	9(8)	9(8)
0600-0659	11(9)	10(9)	9(8)	9(8)	9(8)
0700-0759	12(9.5)	12(9)	11(9)	11(9)	10(8)
0800-1059	12(10)	12(9.5)	12(9)	11(9)	11(9)
1100-1359	12(9.5)	12(9)	11(9)	11(9)	10(8)
1400-1459	12(9)	11(9)	10(8)	10(8)	9(8)
1500-1559	12(9)	11(8)	11(8)	10(8)	10(8)
1600-2259	10(8)	9(8)	9(8)	9(8)	9(8)
2300-0459	9(8)	9(8)	9(8)	9(8)	9(8)

Tabela Z: Proposta dos Aeronautas para Tripulação Simples com PGRF.

#### 4.4 O efeito de jornadas de trabalho sucessivas pela manhã (*Early-starts*)

Conforme descrito na Sessão 4.1, programações sucessivas de voo com início muito cedo pela manhã geram um impacto significativo na fadiga dos tripulantes (Licati *et al.*, 2015), necessitando a adoção de procedimentos mitigatórios por parte das empresas e a devida normatização através de RBAC por parte da ANAC.

Um estudo recente realizado na Universidade do Sul da Austrália (Roach *et al.*, 2012) apontou que as programações de voo com início entre as 04 e às 10 da manhã são a principal causa de fadiga nas operações do tipo *short-haul* na aviação comercial. O estudo foi realizado com 70 pilotos australianos que operavam B-737 e B-767 em jornadas curtas e combinou dados objetivos de actígrafos com diários de sono, jornada e nível de fadiga na escala SPS (Samn & Perelli, 1982) no início da jornada.

As jornadas de trabalho do experimento australiano apresentaram um valor médio de  $7,6 \pm 3,0$  (h) com um tempo de voo médio de  $4,9 \pm 2,4$  (h), ou seja, um cenário muito próximo ao das empresas brasileiras, que possuem uma jornada máxima de 11 horas no período diurno e uma média aproximada de 4 horas de voo por jornada. Em relação ao número médio de etapas, entretanto, percebemos uma grande diferença (superior a 50%) entre os resultados australianos ( $2,0 \pm 1,0$ ) e brasileiros ( $3,1 \pm 1,2$ ), conforme apresentado na Figura 29.

As chaves de voo operadas pelos pilotos analisados por Roach *et al.* (2012) eram distribuídas majoritariamente entre as 04 e as 10 h (47,6%) e entre as 10 e 16 h (33,6%). A Figura 30 apresenta um

exemplo típico que combina dados de actígrafo com relatos de jornada/sono/vigília.

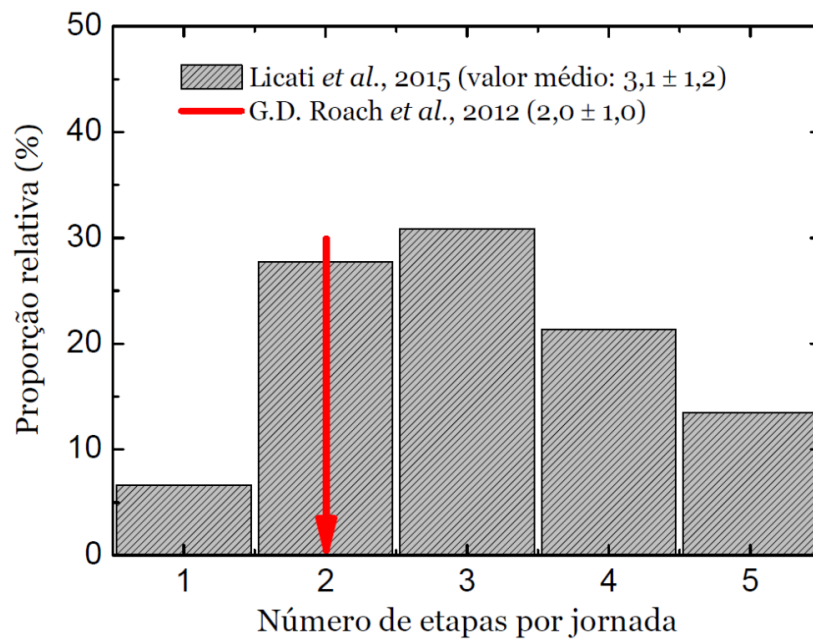


Figura 29: Distribuição do número de etapas por jornada (histograma) (Licati *et al.*, 2015) e valor médio do número de etapas no experimento australiano (seta vermelha) (Roach *et al.*, 2012).

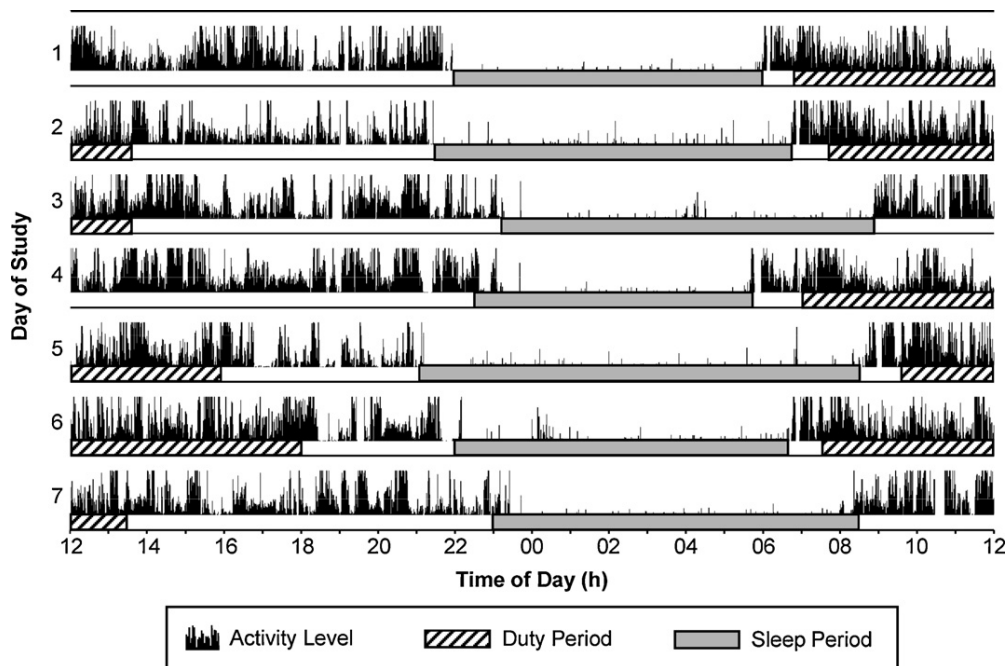


Figura 30: Gráfico extraído de Roach *et al.* (2012). Detalhes no texto.

Uma inspeção rápida da Figura 30 nos permite verificar que os períodos de sono são menores nos casos onde a jornada de trabalho se inicia cedo pela manhã, encurtando o sono reparador dos pilotos. Outra informação interessante se refere ao tempo médio decorrido entre o início da vigília e o início da jornada, que fica em torno de uma (1) hora. Por exemplo, no quarto dia de programação verificamos que a jornada se inicia por volta das 07 horas e a vigília as 06. Essa situação ideal é bem distinta da realidade brasileira, onde o piloto precisa acordar com três ou quatro horas de antecedência para poder apresentar-se num dos aeroportos das grandes metrópoles.

Apresentamos na Figura 31 a distribuição das horas de sono nas últimas 12 h que antecederam as jornadas de trabalho dos pilotos australianos. Ou seja, verifica-se que os pilotos desse estudo dormiram em média aproximadamente 6 horas (seta laranja da figura 31), enquanto que no estudo brasileiro a média foi de 5,05 h (seta em azul na figura 31). Vale ressaltar que essa diferença é na verdade ainda maior tendo em vista que no experimento brasileiro foram computadas as informações a respeito da quantidade de sono nas últimas 24 horas que antecederam a sensação de fadiga, face ao critério australiano de se avaliar as 12 horas que antecederam a jornada. Ressaltamos, portanto, que essa diferença de uma hora a menos de sono em média pode estar relacionada às deficiências de infraestrutura brasileira, ao fato de que os tripulantes usualmente operam dois aeroportos distintos numa mesma metrópole e à densidade de voos com início muito cedo pela manhã.

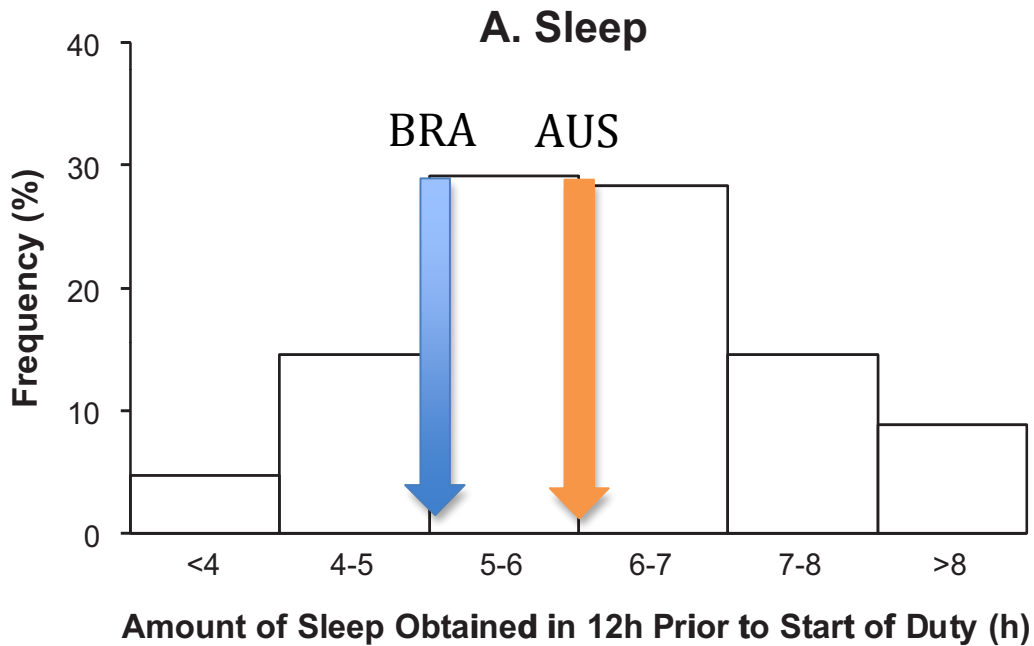


Figura 31: Histograma das horas de sono nas 12 h que antecederam a jornada (Roach *et al.*, 2012). As setas em azul e laranja representam os valores médios obtidos no experimento Brasileiro (Licati *et al.*, 2015) e Australiano, respectivamente.

A Figura 32 demonstra a correlação entre a quantidade de sono e a hora de início da jornada, onde verificamos que a menor quantidade média (~ 5,5 h) está relacionada com apresentações entre 4 e 5 da manhã, sendo que no intervalo entre 09 e 10 os pilotos dormem cerca de 6,7 h. Como decorrência desse déficit de sono, os pesquisadores também verificaram que os piores índices de fadiga também estavam associados às apresentações cedo pela manhã (Figura 33).

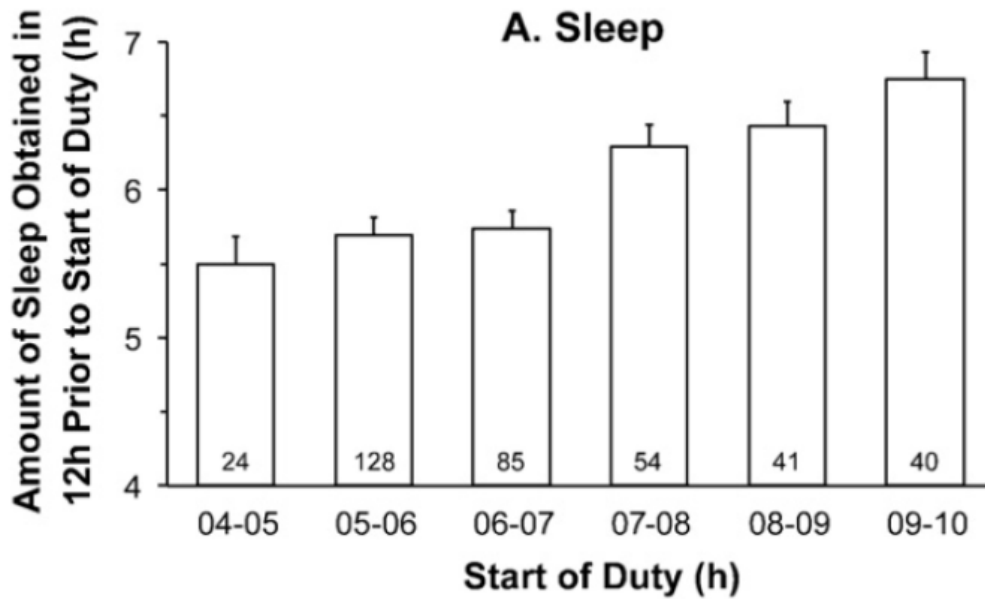


Figura 32: Variação da quantidade de sono com a hora de início da jornada, extraído de Roach *et al.* (2012).

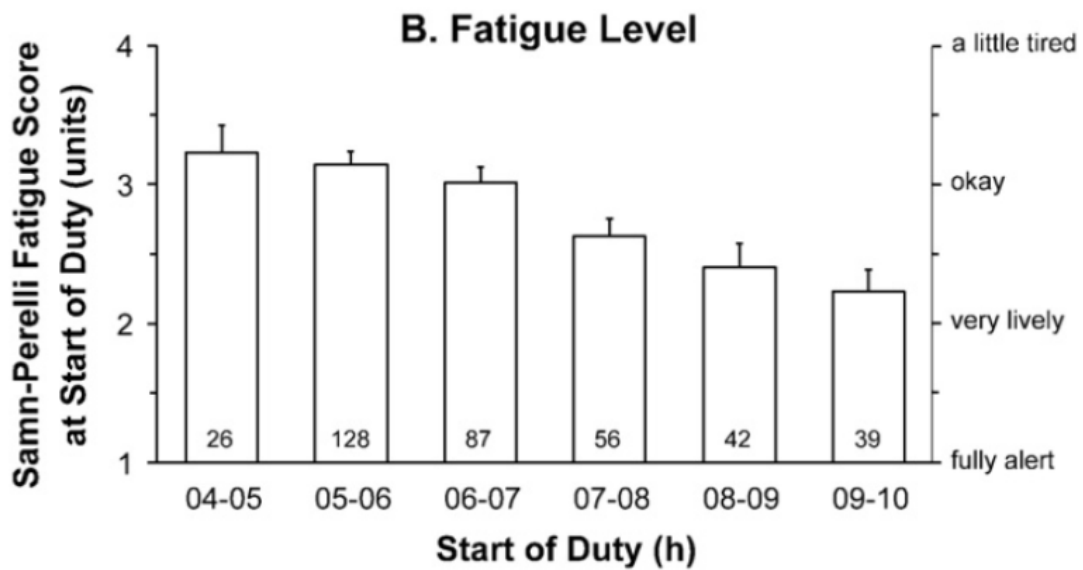


Figura 33: Variação dos índices de fadiga na escala Samm-Perelli com a hora de início da jornada, extraído de Roach *et al.* (2012).

Fica evidenciado pelo estudo australiano que quanto mais cedo for a apresentação dos aeronautas, menor será a quantidade de sono e maior será a fadiga. Por outro lado, estudos de laboratório demonstram que indivíduos com privação parcial de sono similar ao pior cenário do estudo australiano (entre 4 e 5 da manhã) não apresentam perda significativa de funcionalidade cognitiva no seu primeiro dia de trabalho, porém ficam certamente impactados caso essa condição seja mantida por 2 ou 3 dias consecutivos (Belenky *et al.*, 2003; Dinges *et al.*, 1997).

No intuito de quantificarmos o efeito na fadiga dos tripulantes causado por programações sucessivas ocorridas de manhã cedo, apresentamos na Tabela 19 um estudo baseado no modelo SAFTE-FAST que utiliza os cenários propostos na sessão 4.3.1 nos intervalos de apresentação das 06:00 às 11:00.

Efetividade média na jornada (%) ( $\Delta = 2$ horas)							
Horário da apresentação	Jornada (h)	1º Dia	2º Dia	3º Dia	4º Dia	5º Dia	6º Dia
06:00 - 06:59	11	86,02	77,22	71,16	66,56	62,91	60,11
07:00 - 07:59	12	89,52	84,62	82,79	81,37	80,17	79,24
08:00 - 10:59	12	95,29	93,92	93,35	92,99	92,73	92,37

Tabela 19: Efetividade média na jornada de trabalho dos tripulantes obtida no modelo SAFTE-FAST. Detalhes no texto.

As faixas verde ( $E > 90\%$ ), amarela ( $77 < E < 90\%$ ) e vermelha ( $E < 77\%$ ) da Tabela 19 obedecem ao mesmo critério adotado no gráfico 23, demonstrando claramente a necessidade de mitigação nos voos sequenciais pela manhã.

Conforme observado, verifica-se que a efetividade média do indivíduo cai sistematicamente para programações de voo consecutivas com início antes das 08:00 da manhã. Para

programações após as 08:00 verificamos que esse parâmetro não varia substancialmente até o sexto dia de programação. Vale ressaltar que a Tabela 19 considera que o indivíduo desperta pra o voo apenas duas horas antes da apresentação, ou seja, não reflete a realidade brasileira para o caso das grandes metrópoles e em horário de pico de trânsito. Logo, no intuito de se avaliar de maneira realística os efeitos sobre a fadiga em grandes metrópoles, apresentamos na Tabela 20 os valores de efetividade obtidos no modelo SAFTE-FAST para  $\Delta = 3$  horas.

Efetividade média na jornada (%) ( $\Delta = 3$ horas)							
Horário da apresentação	Jornada (h)	1º Dia	2º Dia	3º Dia	4º Dia	5º Dia	6º Dia
06:00 - 06:59	11	83,79	74,0	67,24	62,11	58,04	54,91
07:00 - 07:59	12	86,18	77,68	71,7	67,17	63,57	60,94
08:00 - 10:59	12	92,54	88,89	87,01	85,65	84,61	83,58

Tabela 20: Efetividade média na jornada de trabalho dos tripulantes obtida no modelo SAFTE-FAST. Detalhes no texto.

Dessa forma, verificamos que para o caso de  $\Delta = 3$  horas, já no segundo dia de programação antes das 07:00 há uma queda considerável na efetividade, levando a um parâmetro de risco na faixa vermelha. Outra observação interessante é a queda também considerável da efetividade com os voos em sequência mesmo após as 08:00 hs.

Recomendamos, portanto, que os operadores gerenciem os riscos inerentes aos *early-starts* adotando limites prescritivos na confecção de *pairings* e *rosterings* de voo que busquem evitar programações sucessivas nestes casos. Conforme salientado por Roach *et al.* (2012), um dos principais componentes de um FRMS

deve estar focado na construção de escalas de voo de maneira que voos muito cedo pela manhã sejam efetuados somente se absolutamente necessários e programações sucessivas nessa configuração sejam evitadas sempre que possível.

No modal brasileiro existe uma grande quantidade de voos que se iniciam muito cedo pela manhã e o gerenciamento desse perigo passa por uma análise criteriosa dos seguintes fatores:

- 1) limites prescritivos de jornada:** esses limites devem considerar o *commuting* elevado no Brasil e as limitações de infraestrutura que diminuem sobremaneira a oportunidade de sono dos tripulantes. Esses limites devem ser checados pelos operadores e fiscalizados pela ANAC através de dados objetivos de PVT e actígrafos. Os otimizadores modernos de escala possuem uma lógica que busca configurações próximas à solução ótima de maneira a fechar todas as chaves de voo dentro dos limites pré-estabelecidos. Caso alguma jornada fique mais reduzida, as chaves de voo continuarão existindo, porém em outra combinação com número de pousos inferior. Conforme Powell *et al.* (2007) a incidência de fadiga é maior ao compararmos voos de 5 etapas com voos de até 2 etapas e a **restrição de jornada proposta neste documento para os voos com apresentação cedo pela manhã irá fornecer a primeira barreira efetiva de mitigação do risco da fadiga;**
- 2) Estrutura das chaves de voo:** Quando houver a necessidade de se escalar um tripulante para programações cedo pela manhã estas deverão ser organizadas de maneira

progressiva em relação às horas do dia. Ou seja, nunca com uma apresentação sucessiva com horário mais cedo do que a anterior (*counter clockwise*);

**3) Apresentações em grandes metrópoles:** O sistema de gerenciamento do risco da fadiga e seus critérios estabelecidos em RBAC deverão adotar o conceito moderno de base contratual empregado nos países signatários da ICAO onde cada aeroporto é a própria base. Ou seja, para os casos de CGH/GRU, SDU/GIG, CNF/PLU e outras configurações similares que surgirem, faz-se necessário que o empregador defina qual será o aeroporto base contratual do tripulante. Caso alguma viagem se inicie e/ou termine em aeroporto diferente da base contratual, deverá ser fornecido ao tripulante um acréscimo no tempo mínimo de repouso que antecede a jornada. Nos casos onde o tripulante se apresentar para um voo em aeroporto diferente da base contratual, recomendamos que o operador adote as condições realísticas apresentadas na Tabela 20. Ou seja, caso haja uma apresentação para um voo entre as 06 :00 e 06:59, não recomendamos que no próximo dia de programação o mesmo tripulante seja novamente escalado para o mesmo período e sim em horário posterior as 07:00. No caso de duas programações sucessivas cedo pela manhã, por exemplo, no primeiro dia com início as 06:30 e no segundo dia as 07:30, recomendamos que os operadores não escalem os tripulantes para um terceiro dia consecutivo antes das 08:00 horas.

**4) Apresentações em aeroportos a menos de 30 minutos do hotel designado para o repouso:** Para as

apresentações fora das grandes metrópoles e em aeroportos localizados a menos de 30 minutos do aeroporto recomendamos que os operadores adotem a Tabela 19 ( $\Delta = 2$  horas). Ou seja, caso um tripulante seja escalado para duas programações sucessivas antes das 07:00 não recomendamos que o mesmo seja escalado para um voo no terceiro dia consecutivo antes das 07:00.

## 4.5 Recuperação em dias de folga (tripulante aclimatado)

Nesta sessão apresentamos uma análise relativa à recuperação dos tripulantes aclimatados em dias de folga.

O modelo biomatemático SAFTE-FAST representa uma excelente ferramenta para se avaliar o comportamento da efetividade dos tripulantes ao longo dos dias de folga subsequentes às jornadas de trabalho.

A Figura 34 apresenta uma condição típica de recuperação após a segunda madrugada de serviço com apresentação as 02:00 e  $\Delta = 2$  horas (M2). Nesse caso em específico, verificamos a necessidade de praticamente quatro noites de sono reparador para uma completa recuperação. Ou seja, após 36 horas do término da jornada na segunda madrugada (às 00:00 horas do dia 04/11 da Figura 34) a efetividade do indivíduo fica ao redor de 90%, porém com uma tendência de forte queda devido ao regime de baixa do ciclo circadiano. Já as 06:00 horas da manhã do dia 04/11 o indivíduo apresenta uma efetividade de apenas 80%, porém com uma derivada positiva muito significativa, atingindo seu valor máximo (~94%) próximo ao meio dia do dia 04/11.

Verificamos, portanto, que para uma plena recuperação do indivíduo após a segunda madrugada (M2) são necessárias quatro noites reparadoras, sendo que para uma recuperação razoável é necessário que o tripulante tenha ao menos um dia de folga com a apresentação no dia subsequente de maneira a não interromper o sono reparador, ou seja, com o despertar por volta das 08:00 horas da manhã. Cumpre ressaltar que no modelo SAFTE-FAST o

período de sono durante a recuperação (dias de folga) é de nove horas, parâmetro este consolidado entre os pesquisadores do IBR.

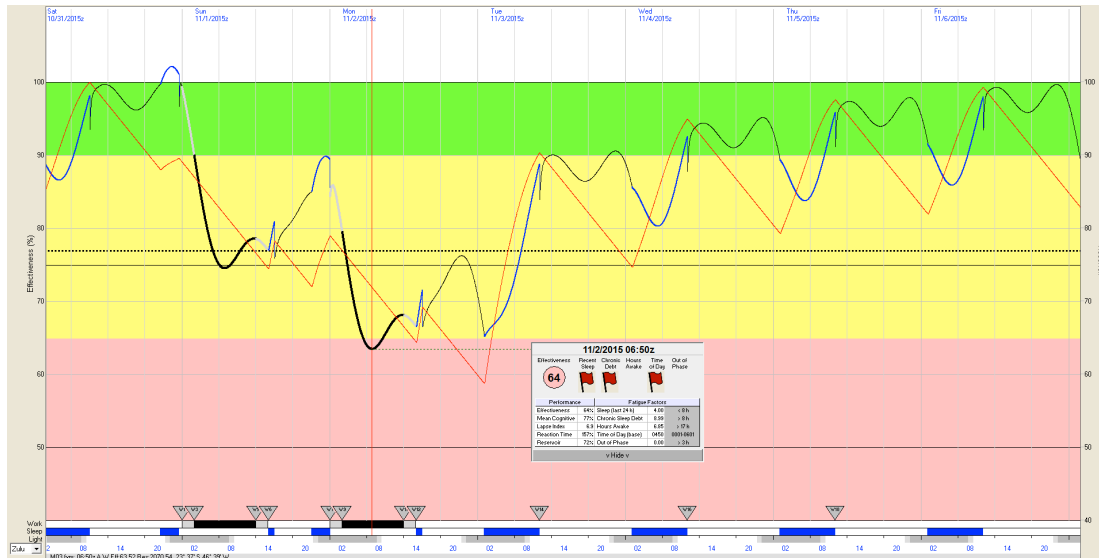


Figura 34: Curvas de efetividade obtidas no modelo SAFTE-FAST para as jornadas de trabalho na primeira e segunda madrugadas (linhas sólidas) e o respectivo perfil de recuperação em dias de folga. Os dados foram cedidos pela Dra. Lauren Waggoner, IBR.

Obviamente que o modal aéreo em geral não permite que sejam alocados de forma sistemática sempre um mínimo de três dias de folga com quatro noites reparadoras, tornando impraticável tamanha restrição.

Por outro lado, observamos a necessidade de se mitigar o risco da fadiga nos casos de folga simples fazendo com que as apresentações nos dias subsequentes ocorram sempre após as 10:00 horas da manhã.

No intuito de quantificarmos os perfis de recuperação em outros cenários de interesse, apresentamos na figura 35 os valores de efetividade calculados as 10:00 horas da manhã no primeiro,

segundo e terceiro dias de recuperação, juntamente com o tempo decorrido desde o término da jornada de trabalho.

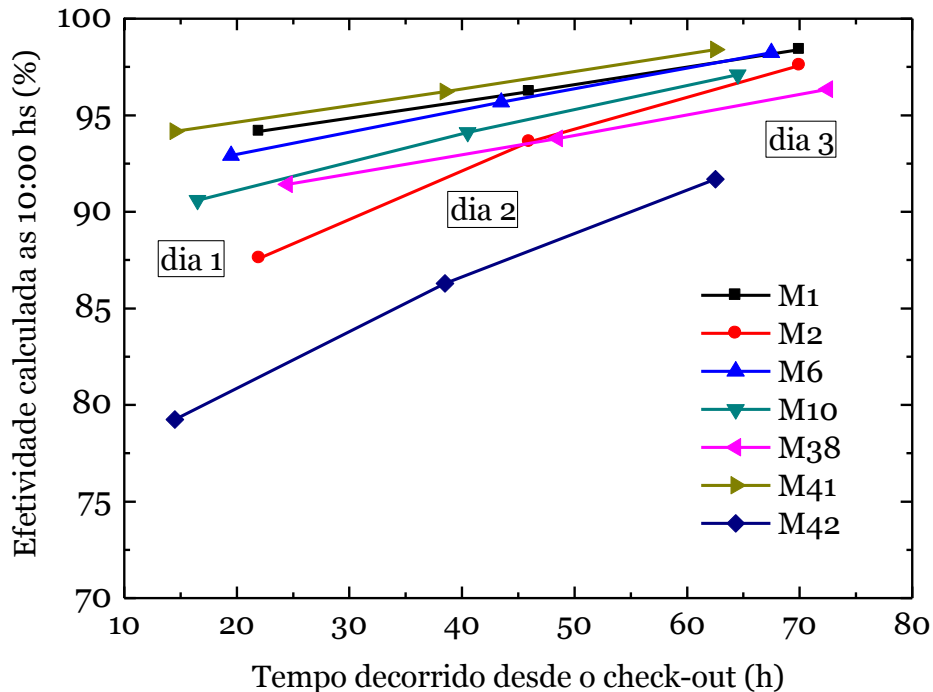


Figura 35: Efetividade obtida no modelo SAFTE-FAST às 10:00 horas da manhã após o primeiro, segundo e terceiro dias de recuperação. A notação M1, M2, ...M42 é a mesma adotada na sessão 4.3.1.

A Figura 36 apresenta a média de efetividade (obtida às 10:00 horas) nos diferentes cenários, porém excluindo M42 tendo em vista que o mesmo está significativamente abaixo dos demais e deverá ser evitado na recomendação relativa aos early-starts consecutivos (sessão 4.4).

A linha sólida em vermelho (Figura 36) representa um ajuste linear para a variação de efetividade ao longo dos três primeiros dias de recuperação, onde observamos um aumento progressivo de 3% para cada dia de folga.

Esse resultado deixa claro a necessidade de se agrupar as folgas dos tripulantes em um número mínimo de duas, evitando ao máximo alocar períodos de folgas simples.

Outro dado muito relevante se refere ao período de recuperação após madrugadas sucessivas. Nesses casos, recomendamos um mínimo de 48 horas livre de obrigações, porém restringindo novamente a apresentação para a próxima jornada para um horário nunca inferior às 10:00 horas da manhã. Ou seja, após uma programação de voo na madrugada, **recomendamos um período de no mínimo duas folgas agrupadas ou ao menos que a apresentação para a próxima jornada seja somente após as 10:00 horas no dia subsequente à folga simples.**

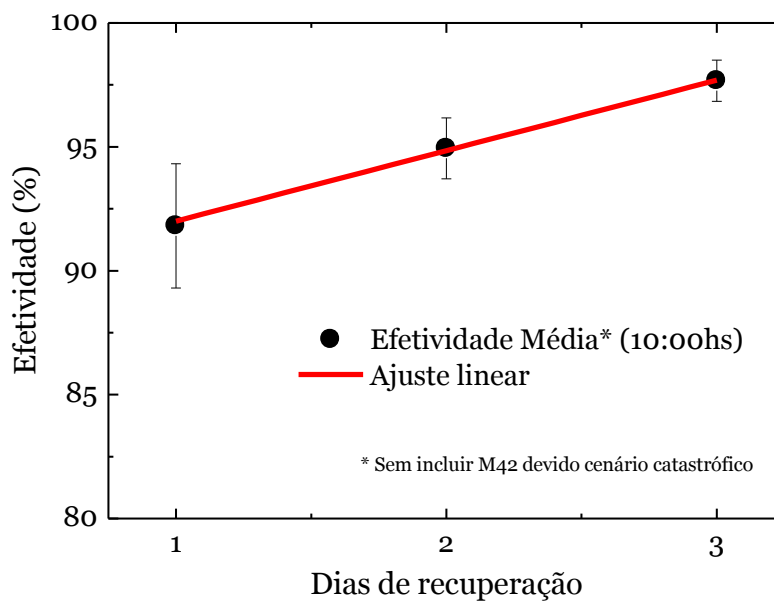


Figura 36: Média de efetividade (calculada as 10:00 horas) para os cenários apresentados na Figura 35 (exceto M42). Detalhes no texto.

#### 4.6 O efeito do Commuting na fadiga

Um efeito que também precisa ser levado em conta num futuro RBAC sobre FRMS é o tempo despendido pelos tripulantes para se deslocar do local de repouso ao aeroporto base contratual.

Um estudo recente (Giustina *et al.*, 2013) demonstrou que 34% dos tripulantes de uma grande empresa aérea brasileira residem em São Paulo (capital), enquanto que os outros 66% residem em outras cidades, tais como POA (15%), RJ (9%), CWB (4%), FLN (4%), BSB (2%), Guarulhos (2%), entre outras (30%).

Como cerca de 35% dos respondentes se utilizam do avião para se deslocar ao trabalho, podemos estimar que a quase totalidade daqueles que não utilizam transporte terrestre está concentrada em POA, RJ, CWB, FLN e BSB (total de 34%).

Ou seja, cerca de 65% dos respondentes não utilizam avião para o deslocamento, sendo que 36% residem em São Paulo e Guarulhos. Logo, aproximadamente 29% dos respondentes vivem em cidades próximas à São Paulo (interior do estado, sul de Minas Gerais, etc...) e se utilizam de transporte terrestre para se deslocar até o local de apresentação.

Portanto, podemos sintetizar essa estatística assumindo que 1/3 dos tripulantes vive nas regiões metropolitanas de São Paulo, 1/3 nas cidades próximas utilizando-se de transporte terrestre e o 1/3 restante distribuído em POA, RJ, CWB, FLN, BSB, etc...

Conforme apresentado na sessão 4.3.1 utilizamos o parâmetro  $\Delta$  para avaliar a efetividade do tripulante considerando-se o horário de início da vigília, ao invés do horário de apresentação. Ou seja, considerando-se  $\Delta = 2$  horas teremos a efetividade ao longo da jornada na hipótese em que o tripulante despertou-se para o voo

duas horas antes do seu horário de apresentação. Obviamente que para apresentações em horários no final da manhã esse parâmetro não exerce influência significativa, uma vez que o indivíduo geralmente irá despertar-se ao natural. Esses vínculos e critérios foram amplamente discutidos com os pesquisadores do IBR de forma a propiciar um cálculo realístico e cientificamente consistente.

Conforme apresentado nas análises das tabelas FAR-117 e CAO-48, utilizamos  $\Delta = 2$  horas em todas as circunstâncias, mesmo no caso de apresentação por volta das 09:30 e no final da tarde, onde sabidamente o tráfego via terrestre nas grandes metrópoles levaria a um parâmetro mais realístico de 3 ou até mesmo 4 horas. No entanto, como as tabelas de jornada foram concebidas para todo o território nacional, decidimos adotar  $\Delta = 2$  horas (sessão 4.3.4) em todas as circunstâncias. Com isso, propusemos algumas recomendações no intuito de mitigar os riscos na segunda madrugada e nas programações sucessivas pela manhã. Estas últimas, por sinal, são fortemente sensíveis ao parâmetro  $\Delta$  e justamente por essa razão optamos por separar os critérios de *early-starts* para as operações onde o local de repouso é próximo ao aeroporto designado para a voo ( $\Delta = 2$  horas) e aquelas realizadas nas grandes metrópoles em aeroportos distintos da base contratual ( $\Delta = 3$  horas).

Apresentamos na Figura 37 um gráfico comparativo referente à primeira madrugada com  $\Delta = 2$  horas (M1, linha preta) e  $\Delta = 3$  horas (M3, linha vermelha).

Verifica-se, portanto, que o aumento no parâmetro  $\Delta$  em uma hora possui um pequeno efeito na efetividade média do indivíduo

(redução em 1,3 pontos percentuais). O risco devido à fadiga ao longo da jornada é apresentado na Figura 38, onde percebemos um aumento relativo de 0,3% variando-se de  $\Delta = 2$  para  $\Delta = 3$  horas.

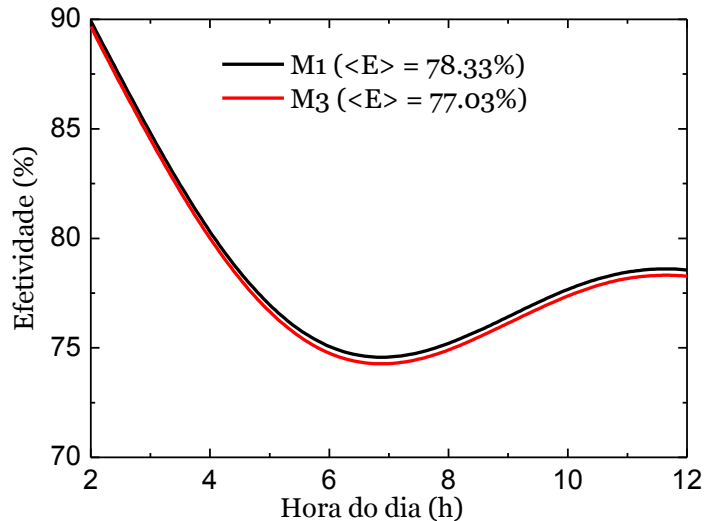


Figura 37: Efetividade ao longo da primeira madrugada calculada pelo modelo SAFTE-FAST considerando-se  $\Delta = 2$  (M1, linha preta) e  $\Delta = 3$  horas (M3, linha vermelha).

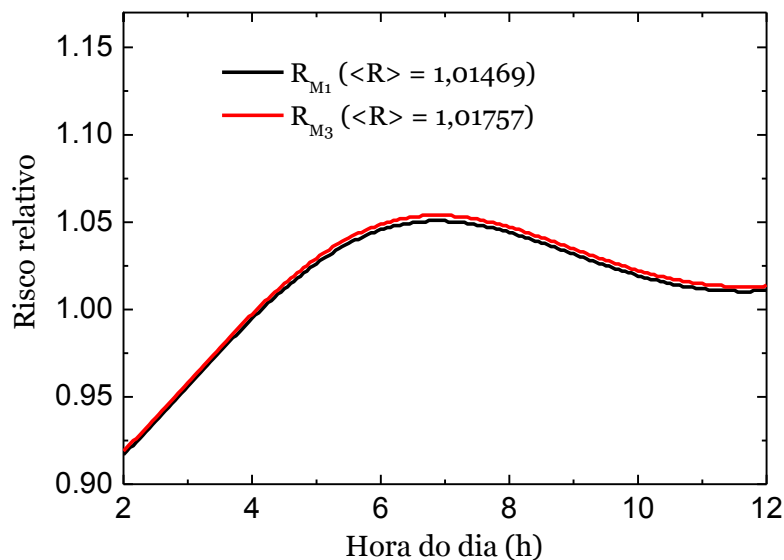


Figura 38: Risco devido à fadiga ao longo da primeira madrugada considerando-se  $\Delta = 2$  (M1, linha preta) e  $\Delta = 3$  horas (M3, linha vermelha).

Portanto, constata-se que o incremento no Commuting em uma hora na primeira programação de voo não altera significativamente o risco devido fadiga. Por outro lado, o impacto desse parâmetro nas programações sucessivas cedo pela manhã (Tabelas 19 e 20) é bem significativo.

Feitas tais considerações técnicas e analisando-se o aspecto socioeconômico brasileiro, caracterizado por uma aviação de dimensões continentais que foi se desenvolvendo ao longo da história e que sempre empregou tripulantes oriundos de todos os estados da nação, além do exposto na legislação brasileira (Convenção Coletiva de Trabalho e Constituição Federal artigo 7º, inciso XXVI), acreditamos que algumas medidas listadas abaixo poderão auxiliar na mitigação dos riscos relativos ao Commuting:

- 1. Bases Operacionais:** Diferentemente do modal americano, a aviação brasileira está muito concentrada no Sudeste (principalmente em São Paulo e Rio de Janeiro), fazendo com que cerca de 1/3 dos seus tripulantes necessitem tomar um avião para se deslocar até o local de apresentação. Por essa razão, apoiamos algumas estratégias recentes de empresas estrangeiras e brasileiras em se criar bases (virtuais ou físicas) espalhadas pelo Brasil. Os softwares modernos que produzem as chaves de voo e que realizam o acoplamento destas com os tripulantes disponíveis (*rostering*) geralmente possibilitam dimensionar bases virtuais de acordo com a capacidade de mão de obra do Operador. Com isso as empresas poderão utilizar os profissionais que possuem residência nas diversas cidades operadas para atender às respectivas chaves de voo,

minimizando o custo operacional com diárias de hotel, diárias de alimentação e reduzindo sobremaneira a fadiga;

**2. Aeroportos situados em grandes metrópoles:** O Operador deverá definir junto aos seus tripulantes qual será o aeroporto base contratual nos casos onde este se situar em município ou conurbação urbana dotado de dois ou mais aeroportos operados pela mesma empresa. Com isso, os tripulantes estarão mais próximos ao local de apresentação e não estarão tão suscetíveis às deficiências de infraestrutura que acarretam num aumento significativo do tempo de deslocamento dentro das grandes cidades.

**Recomendamos a utilização da tabela 20** para a organização dos voos sequenciais cedo pela manhã nos casos de apresentação em aeroporto diferente da base contratual localizado em grandes metrópoles;

**3. Incremento do “Passe-livre”:** Para aquele 1/3 dos tripulantes que se utiliza do transporte aéreo para se deslocar do local de descanso até o local de apresentação recomendamos que as empresas façam um esforço no intuito de eliminar as restrições do Passe-Livre, possibilitando mais opções de transporte aos tripulantes e com isso aumentando a oportunidade de sono dos mesmos. Salientamos que em muitas circunstâncias, o período de tempo para se deslocar entre aeroportos de uma mesma metrópole (por exemplo CGH e GRU) é bem maior do que num deslocamento entre Curitiba e Congonhas. Adicionalmente, existem 1/3 dos tripulantes que vivem em cidades próximas dos grandes centros (por exemplo, interior de São Paulo) e nesses casos o tempo necessário para se deslocar até o local de apresentação

poderá ser muito dilatado e de difícil controle. Por essas razões, não recomendamos qualquer limite no tocante à quantidade e aos critérios para o Passe-Livre, uma vez que ao restringir o transporte iremos acabar por aumentar a fadiga dos tripulantes;

**4. Responsabilidade Compartilhada:** Os tripulantes de voo ou de cabine devem informar ao seu empregador qualquer evento que possa afetar o cumprimento das políticas de gerenciamento do risco da fadiga estabelecidas pelo empregador, bem como os limites e critérios estabelecidos pela Autoridade de Aviação Civil, na sua próxima jornada de trabalho previamente publicada em escala ou não. Dentre os eventos que podem afetar o desempenho do tripulante e sua habilidade em cumprir com os requisitos exigidos pelo operador podemos citar a impossibilidade de se obter um sono reparador suficiente antes da programação de voo ou reserva e o tempo despendido no deslocamento entre o local de repouso e o aeroporto utilizado para o início da viagem que possa restringir a oportunidade de sono do tripulante.

## 5. Conclusão

O presente relatório propõe um estudo científico baseado no modelo bio-matemático SAFTE-FAST para a identificação dos perigos e mitigação dos riscos relacionados à fadiga humana na aviação civil brasileira. O trabalho foi fruto de uma colaboração inédita entre SNA, ABRAPAC, ASAGOL e ATT, com o apoio da Universidade de São Paulo e com a participação ativa de pesquisadores do IBR (Institutes for Behavior Resources, INC).

O trabalho foi estruturado para propiciar um panorama abrangente da fadiga na aviação civil brasileira, comparando importantes indicadores entre Brasil, Austrália e EUA. O estudo também fundamenta alguns limites e critérios prescritivos com vistas ao processo de remodelação do marco regulatório do setor através de publicação de normativa específica sobre FRMS pela Autoridade de Aviação Civil Brasileira (ANAC).

Dentre os principais resultados compilados em alguns experimentos recentes realizados no Brasil podemos citar que: (i) pilotos cometem 50% a mais de erros na madrugada (Mello *et al.* 2008), (ii)  $\frac{3}{4}$  dos eventos FOQA nível III de uma grande empresa aérea tiveram a fadiga como fator contribuinte (Quito, 2012), (iii) existem fortes indícios de um cenário de fadiga crônica no Brasil (Licati *et al.*, 2015), acarretando um risco relativo devido à fadiga cerca de 13,6% acima daquele recentemente obtido nos EUA (Roma *et al.*, 2012).

O estudo minucioso e inovador ora apresentado levou em conta 61 cenários compatíveis com a realidade brasileira que foram cuidadosamente acoplados ao modelo bio-matemático SAFTE-FAST através da parceria com o IBR. Com isso, foi possível realizar

uma análise de risco inédita que incorporou o conceito de exposição ao risco ao longo da jornada de trabalho. Os resultados obtidos com essa nova metodologia nos permitiram determinar que: (i) a área de exposição ao risco da fadiga na segunda madrugada consecutiva com início às 02:00 é cerca de cinco vezes maior do que na primeira madrugada, (ii) a área de exposição ao risco na terceira programação sucessiva com apresentação antes das 07:00 é similar àquela obtida na segunda madrugada, (iii) a área de exposição ao risco na sexta programação sucessiva com apresentação antes das 07:00 é aproximadamente o dobro daquela obtida na segunda madrugada, (iv) a média da área de risco da tabela FAR-117 para um tripulante que inicia um voo 100% recuperado é 26% maior do que na Tabela CAO-48, (v) a média da área de risco da tabela FAR na segunda madrugada consecutiva ou no sexto dia de programação pela manhã é 9% maior do que na tabela CAO-48, (vi) alguns cenários freqüentes no Brasil assumindo-se os limites de jornada das tabelas FAR-117 e CAO-48 nos fornecem riscos médios inaceitáveis (zona de perigo) e de magnitude compatível àquela obtido na análise do acidente de Guantanamo Bay, (vii) a média de operações de pousos e decolagens por jornada no Brasil (Licati *et al.*, 2015) é 50% maior do que na Austrália (Roach *et al.*, 2012), com os respectivos estudos também demonstrando uma relação de 5 para 6 entre as médias de horas de sono dos pilotos, respectivamente.

A partir destas constatações, **as entidades representativas SNA, ABRAPAC, ASAGOL e ATT recomendam** que num futuro RBAC sobre FRMS sejam respeitadas as seguintes limitações prescritivas: (i) jornada máxima para tripulação simples conforme o disposto na **Tabela Z**, (ii) limite de no máximo duas

madrugadas consecutivas, sendo que ao menos uma delas não exceda o intervalo de 2 (duas) horas no período entre 00:00 e 06:00, respeitando-se o sentido *clockwise* para programações consecutivas. **Não recomendamos operações de pouso e decolagem na segunda madrugada consecutiva na janela de baixa do ciclo circadiano** (tipicamente das 02:00 às 05:00), (iii) limite do número de programações sucessivas cedo pela manhã (antes das 08:00 horas) conforme **Tabelas 19 e 20**, respeitando-se o critério de que programações subseqüentes tenham horários de apresentação sistematicamente superiores aos das anteriores (sentido *clockwise*), (iv) evitar ao máximo o planejamento de folgas simples nas escalas dos tripulantes, tendo em vista que a mesma não garante recuperação plena. Nos casos em que ocorrer, limitar o horário de apresentação após o dia de folga de maneira **que não ocorra antes das 10:00 horas**, (v) no caso de recuperação após uma ou duas madrugadas consecutivas, garantir preferencialmente um mínimo de duas folgas agrupadas e caso não seja possível que o horário de apresentação após folga simples **não ocorra antes das 10:00 horas**.

Por fim, salientamos que o presente estudo possui duas principais limitações, uma vez que não leva em conta o aumento do risco com o aumento do número de etapas, bem como o processo de dessincronização do relógio biológico na medida em que o indivíduo cruza dois ou mais fusos horários. Como os efeitos supracitados prejudicam o desempenho do tripulante diminuindo seu nível de alerta (dessincronização), bem como aumentam a exposição ao risco (maior número de etapas), consideramos que os

parâmetros obtidos no presente estudo devem ser considerados limites superiores para um FRMS.

Caso os Operadores necessitem extrapolar os limites determinados no presente documento, recomendamos que seja feito um estudo de caso (**safety case**) com o uso de actígrafos e PVTs de maneira a comprovar de forma objetiva se os níveis de alerta da tripulação estão adequados para que realizem suas atividades com margem de segurança aceitável.

## 6. Agradecimentos

Os autores agradecem pelo apoio e suporte financeiro das entidades representativas SNA, ABRAPAC, ASAGOL e ATT que propiciaram a realização deste trabalho. Salientam também a interação profícua com Steven Hursh, Lauren Waggoner e Reid Blank, bem como com os pesquisadores Nancy Wesensten e Gregory Belenky que gentilmente cederam suas análises do acidente AIA 808 ocorrido em Guantanamo Bay.

## 7. Referências

Belenky, G; Wesensten, NJ; Thorne, DR; Thomas, ML; Sing, HC; Redmond, DP. (2003). Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery: a sleep dose–response study. *Journal of Sleep Research* 12, 1–12.

Dinges, DF; Pack, F; Williams, K; Gillen, KA; Powell, JW; Ott, GE; Aptowicz, C; Pack, AI. (1997). Cumulative sleepiness, mood disturbance, and psychomotor vigilance performance decrements during a week of sleep restricted to 4-5 hours per night. *Sleep* 20, 267–277.

Giustina, AD; Lobo, AJ; Marcusso, MN; Cavalheiro, MR; Reis, RC. (2013). O Deslocamento Pré-Voo e a Relevância para a Fadiga na Aviação. 82f. Trabalho de Conclusão de Curso (Lato Sensu) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

Helene, O. (2013) Método dos Mínimos Quadrados no Formalismo Matricial, 2ª Edição, Livraria da Física.

Hursh, SR; Redmond, DP; Johnson, ML; Thorne, DR; Belenky, G; Balkin, TJ; Storm, WF; Miller, JC; Eddy, DR. (2004) Fatigue Models for Applied Research in Warfighting, *Aviat Space Environ Med.*, No. 75, (3 Suppl), pp. A 44-53.

Hursh, SR; Raslear, TG; Kaye, AS and Fanzone, JF. (2006). Validation and Calibration of a Fatigue Assessment Tool for Railroad Work Schedules, Summary Report. (Report No. DOT/FRA/ORD-06/21). Washington, DC: U.S. Department of Transportation.

Hursh, SR; Fanzone, JF; and Raslear, TG. (2011) Analysis of the Relationship between Operator Effectiveness Measures and Economic Impacts of Rail Accidents. (Report No. DOT/FRA/ORD-11/13). Washington, DC: U.S. Department of Transportation.

International Air Transport Association [IATA], International Civil Aviation Organization [ICAO], International Federation of Air Line Pilots Association [IFALPA]. (2011) *Fatigue Risk Management Systems: Implementation Guide for Operators*, 1st Edition, [Online], Disponível em:

<http://www.icao.int/safety/fatiguemanagement/FRMS%20Tools/FRMS%20Implementation%20Guide%20for%20Operators%20July%202011.pdf> [acessado em 16 Dec 2015].

Licati, PR; Rodrigues, TE; Wey, D; Fischer, FM; Menna-Barreto, L. (2015) *Revista Conexão Sipaer*, Vol. 6, No. 1, pp. 7-17.

Mello, MT de; Esteves, AM; Pires, MLN; Santos, DC; Bittencourt, LRA; Silva, RS; Tufik, S. (2008) Relationship between Brazilian airline pilot errors and time of day, *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, Vol. 12, No. 41, pp. 1129-1131.

Pruchnickia SA; Wu, LJ; Belenky, G. (2011) *Accident Analysis and Prevention* 43, 1056–1061.

Quito, S. (2012) Operators Round Table, *FRMS Seminar ICAO, IFALPA, IATA*, [Online], Disponível em: <http://www.icao.int/SAM/Documents/2012/FRMS11/Sergio%20Quito%20FRM%20Gol%20Lima%20Seminar.pdf> [acessado em 16 Dec 2015].

Roach, GD; Sargent, C; Darwent, D; Dawson, D. (2012) *Accident Analysis and Prevention* 45S, 22– 26.

Roma, PG; Hursh, SR; Mead, AM; Nesthus, TE. (2012). Flight Attendant Work/Rest Patterns, Alertness, and Performance Assessment: Field Validation of Biomathematical Fatigue Modeling. (Report No. DOT/FAA/AM-12/12). Washington, DC: Office of Aerospace Medicine.

Samn, SW; Perelli, LP. (1982). Estimating aircrew fatigue: a technique with application to airlift operations. Technical Report SAM TR 82 21, USAF School of Aerospace Medicine, Texas.

Stewart, S. (2009) *Aviation Week Fatigue Management Forum 2009*, [Online], Disponível em: <http://events.aviationweek.com/html/crew09/Day1Keynote.SuccessfulOperation&TrainingStrategies.Stewart.pdf> [acessado em 16 Dec 2015].

## **8. Anexo I: considerações sobre alimentação adequada no período das 02:00 às 07:00**

Tripulantes de aeronaves podem estar sujeitos a uma dieta rica em açúcar, principalmente no período de trabalho noturno, como forma de obter energia imediata para realizar suas tarefas.

É importante compreender que diferentes alimentos causam efeitos distintos no organismo.

Os carboidratos, classificados em simples ou complexos, são a principal fonte de energia do organismo, sendo amplamente encontrados em alimentos como pães, cereais, tubérculos, massas, frutas, alimentos industrializados e doces.

Carboidratos simples, também chamados de alimentos com alto índice glicêmico, apresentam rápida absorção e liberação de insulina. Em consequência, não suprem totalmente necessidades nutricionais e geram mais fome, sendo relacionados com aumento de peso e diabetes *mellitus* do tipo II. É um tipo de alimento que deve ser evitado em qualquer momento do dia, sendo possível consumir somente em alguns dias da semana, em pequenas porções.

### **Carboidrato simples incluem, por exemplo:**

- Pães brancos;
- Arroz branco;
- Macarrão comum;
- Bolos, doces e outros produtos adoçados com açúcar refinado, mel, dextrose e maltodextrina.

Carboidratos complexos, também chamados de alimentos de baixo índice glicêmico, apresentam alto teor de fibras em sua

composição. Assim, a digestão do alimento é um pouco mais lenta, de forma que sacia a fome por mais tempo e gera menor liberação de insulina, auxiliando no controle do peso. São alimentos recomendados para consumo diário em qualquer refeição.

**Carboidratos Complexos incluem, por exemplo:**

- Legumes, como ervilhas e lentilhas;
- Pães integrais;
- Macarrão integral;
- Arroz integral;
- Vegetais com amido, como batata e milho.

Já foi comprovado pela comunidade científica que uma alimentação equilibrada, a partir de aporte adequado de nutrientes, pode ajudar a melhorar a concentração no trabalho, diminuir a Fadiga e o Stress, melhorar a qualidade da memória e reduzir o risco de depressão, ansiedade e agressividade (Korol, 1998; Morris, 1998).

Isso acontece devido à influência dos neurotransmissores, substâncias químicas que conduzem informação de uma célula cerebral para outra, usando componentes vindos da alimentação como matéria-prima.

Os nutrientes dos alimentos ajudam a produzir vários neurotransmissores. Como principal exemplo, o triptofano é um aminoácido dos alimentos que é transformado em serotonina, substância química calmante, que induz ao relaxamento e controla sono, apetite, memória, aprendizado, temperatura corporal, libido, humor, função cardiovascular, contração muscular e regulação endócrina (Prasad, 1998).

A ingestão exagerada de alimentos ricos em carboidratos simples, como doces, aumenta níveis de triptofano no cérebro e,

conseqüentemente, eleva síntese e liberação do neurotransmissor serotonina, trazendo sensação de relaxamento e sonolência (Wurtman, 1996).

Sendo assim, é preciso dar preferência aos carboidratos complexos na alimentação diária e atenção ao período noturno para melhoria da capacidade cognitiva dos tripulantes, assim como para ajudar na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, como diabetes, obesidade, colesterol elevado, hipertensão, e um dos maiores riscos agregados a operação aérea, a fadiga Humana.

Alimentos com alto índice glicêmico (especialmente doces com muito açúcar, refrigerantes e similares) devem ser evitados. Isso deve contribuir a uma melhor qualidade de vida, prevenção e controle de doenças pré-existentes e melhora da disposição e performance, inclusive em períodos noturnos, onde os fenômenos descritos tendem a ser potencializados devido ao período de baixa do ciclo circadiano.

### **Referências:**

Wurtman RJ, Wurtman JJ. Brain serotonin, carbohydrate-craving, obesity and depression. *Obes Res.* 1995, 3(4):477-480.

Morris, M.C. et al. Vitamin E and Vitamin C supplement use and risk of incident Alzheimer Disease. *Alzheimer Dis Assoc Disord.* 1998, 12(3):121-126.

Korol, D.L.; Gold, P.E. Glucose, memory and aging. *Am J Clin Nutr.* 1998, 67(supl.):764S-771S.

Prasad, C. Food, mood and health: a neurobiologic outlook. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 1998, 31(12):1571-1527.

## **Anexo II: Avaliação preliminar do impacto na segurança de voo e nos postos de trabalho nas jornadas de tripulação composta e de revezamento.**

As jornadas para tripulação composta e de revezamento inseridas na cláusula 4.2.10 do Relatório Parte I foram inspiradas no modelo australiano, tendo em vista as diversas similaridades entre Brasil e Austrália apresentadas no Relatório Parte II.

A Figura 1 apresenta um comparativo para as jornadas de trabalho para tripulação composta e de revezamento previstas na Lei 7.183/84, na Legislação Australiana (CAO-48) e na proposta dos Aeronautas (cláusula 4.2.10 Relatório Parte I).

Conforme observado na Figura, as jornadas para tripulação composta para descanso Categoria I (tripulante aclimatado) previstas tanto na legislação australiana (quadrados vazados em magenta), quanto na proposta dos aeronautas (linha azul pontilhada) possuem valores acima dos limites atuais, fato que torna imprescindível uma avaliação criteriosa para o risco relativo à fadiga. Para essa avaliação, os aeronautas propõe uma força tarefa conjunta com representantes da ANAC, das Empresas Aéreas e dos Aeronautas a fim de que sejam construídas tabelas de jornadas adaptadas à realidade brasileira e que levem em conta o risco da fadiga causado pela dessincronização do relógio biológico (tripulante não aclimatado).

Já para as jornadas para tripulação de revezamento verifica-se que os limites atuais (círculos pretos sólidos) estão bem acima dos limites considerados na Austrália (quadrados sólidos em magenta), bem como na proposta dos aeronautas. Adicionalmente, identificamos também um problema de forma para a jornada atual,

visto que pressupõe limites superiores em intervalos de apresentação menos favoráveis, tipicamente para apresentações entre as 22:00 e as 06:00 da manhã. Já para as jornadas australianas, observa-se que os limites nesses horários são significativamente menores. Esse fato, torna clara a necessidade de uma redução da jornada atual para tripulação de revezamento no intuito de mitigar o risco da fadiga.

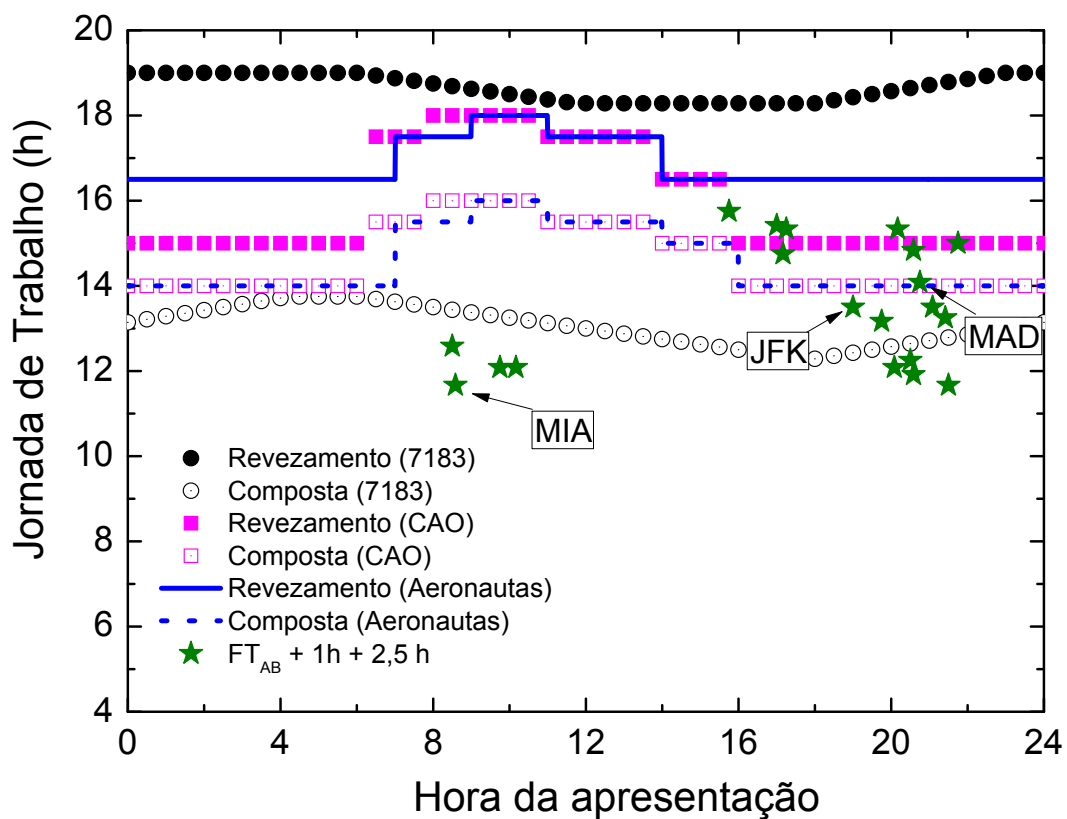


Figura 1: Jornadas de trabalho previstas na Lei 7.183/84 para tripulação de revezamento (círculos sólidos) e composta (círculos vazados), em comparação com os limites australianos para revezamento (quadrados sólidos) e composta (quadrados vazados) e a proposta dos aeronautas para revezamento (linha sólida) e composta (linha pontilhada). As estrelas em verde são derivadas das principais HOTRANS da empresa brasileira líder nos voos internacionais.

No tocante aos postos de trabalho e ao impacto na indústria, realizamos uma avaliação dos principais HOTRANS da empresa líder nos voos internacionais (estrelas verdes da Figura 1) considerando-se um buffer de uma (1) hora para contemplar os critérios estabelecidos nas cláusulas 4.2.10.1 e 4.2.10.2 (Relatório Parte I) que preveem a inclusão do tempo de voo entre o destino final planejado e o aeródromo de alternativa no planejamento dos limites de horas de voo e de jornada, respectivamente.

Conforme observado na Figura 1, a redução proposta para a jornada de revezamento (comparando-se os limites atuais com a linha sólida em azul) não causa qualquer impacto na malha atual brasileira. Vale ressaltar que os limites propostos pelos aeronautas são ligeiramente inferiores aos limites australianos para apresentações entre as 06:00 e as 08:00 da manhã, porém significativamente superiores (01:30 acima) para apresentações após as 16:00. Esse ajuste para cima foi realizado pelos aeronautas para contemplar a grande concentração de apresentações nesse intervalo do dia no modal brasileiro (estrelas verdes), porém necessita de estudos aprofundados que avaliem o risco da fadiga.

A soma do tempo previsto nas HOTRANS com o buffer de uma hora (que poderá englobar o tempo de voo para a alternativa) e os horários de apresentação e corte (aproximadamente 02:30) (estrelas verdes da Figura 1) comprova que os critérios estabelecidos nas cláusulas 4.2.10.1 e 4.2.10.2 (Relatório Parte I) serão facilmente cumpridos pelas empresas brasileiras. Com isso, as empresas, a agência e os aeronautas estarão balizados juridicamente para prosseguir para o aeródromo de alternativa sem violar os limites máximos diários de horas de voo e jornadas de trabalho.

Considerando-se que a proposta dos aeronautas para os limites de jornada e horas de voo para tripulação composta e de revezamento não foi alvo de um estudo detalhado, reforçamos a nossa posição para que a ANAC considere os limites inseridos no Relatório Parte I (cláusula 4.2.10) até que estudos futuros possam balizar números mais realísticos e adaptados à nossa realidade.

Solicitamos oficialmente que seja criado um comitê integrado por representantes dos trabalhadores, empresas e agência a fim de garantir que esse estudo seja conduzido de maneira transparente, com metodologia científica adequada e prazo de conclusão já estabelecido.

Com isso acreditamos que o Estado Brasileiro adotará limites prescritivos adequados e adaptados à nossa realidade que poderão servir de referência para futuras iniciativas globais relacionadas ao gerenciamento do risco da fadiga humana.