

# **ESTUDO DE CONFIABILIDADE DO REGULADOR DE OXIGÊNIO DO A-29**

**1º TEN PHILIPPE DE CARVALHO MARTINS  
PARQUE DE MATERIAL AERONÁUTICO DE LAGOA SANTA**



**4º Encontro de Confiabilidade na Aviação**

# OBJETIVO

Identificar oportunidades de melhoria no plano de manutenção do regulador de oxigênio da aeronave A-29, a partir de um estudo de confiabilidade do item.



# ROTEIRO

- **MOTIVAÇÃO PARA ESCOLHA DO ITEM;**
- **ANÁLISE DE DADOS DE VIDA;**
- **RESULTADOS ESPERADOS.**



**4º Encontro de Confiabilidade na Aviação**

# ROTEIRO

- **MOTIVAÇÃO PARA ESCOLHA DO ITEM;**
- ANÁLISE DE DADOS DE VIDA;
- RESULTADOS ESPERADOS.



4º Encontro de Confiabilidade na Aviação

# MOTIVAÇÃO PARA ESCOLHA DO ITEM

- **REGULADOR DE OXIGÊNIO:**

- PN 3260079-0101 (sem alternados);
- Projeto T2, aeronave A-29 Super Tucano.

- **POR QUÊ?**

- Escolha devido à análise de dados extraídos dos Indicadores Gerenciais;
- Representa uma grande demanda orçamentária para o COMAER;
- Consumo nos últimos 10 anos: 353 itens em emergência, multiplicado pelo valor do item (US\$ 7.786,94), resulta em demanda orçamentária de US\$ 2.748.789,82 (TOP 15 do projeto);
- Numa análise inicial das FCDDs (Fichas de Coleta de Dados de Defeito), verifica-se que poucas vezes chegam ao seu TBO, o que pode indicar que tal intervalo para cumprimento dessa tarefa está inadequado.



# MOTIVAÇÃO PARA ESCOLHA DO ITEM

- **REGULADOR DE OXIGÊNIO:**

- PN 3260079-0101 (sem alternados);
- Projeto T2, aeronave A-29 Super Tucano.

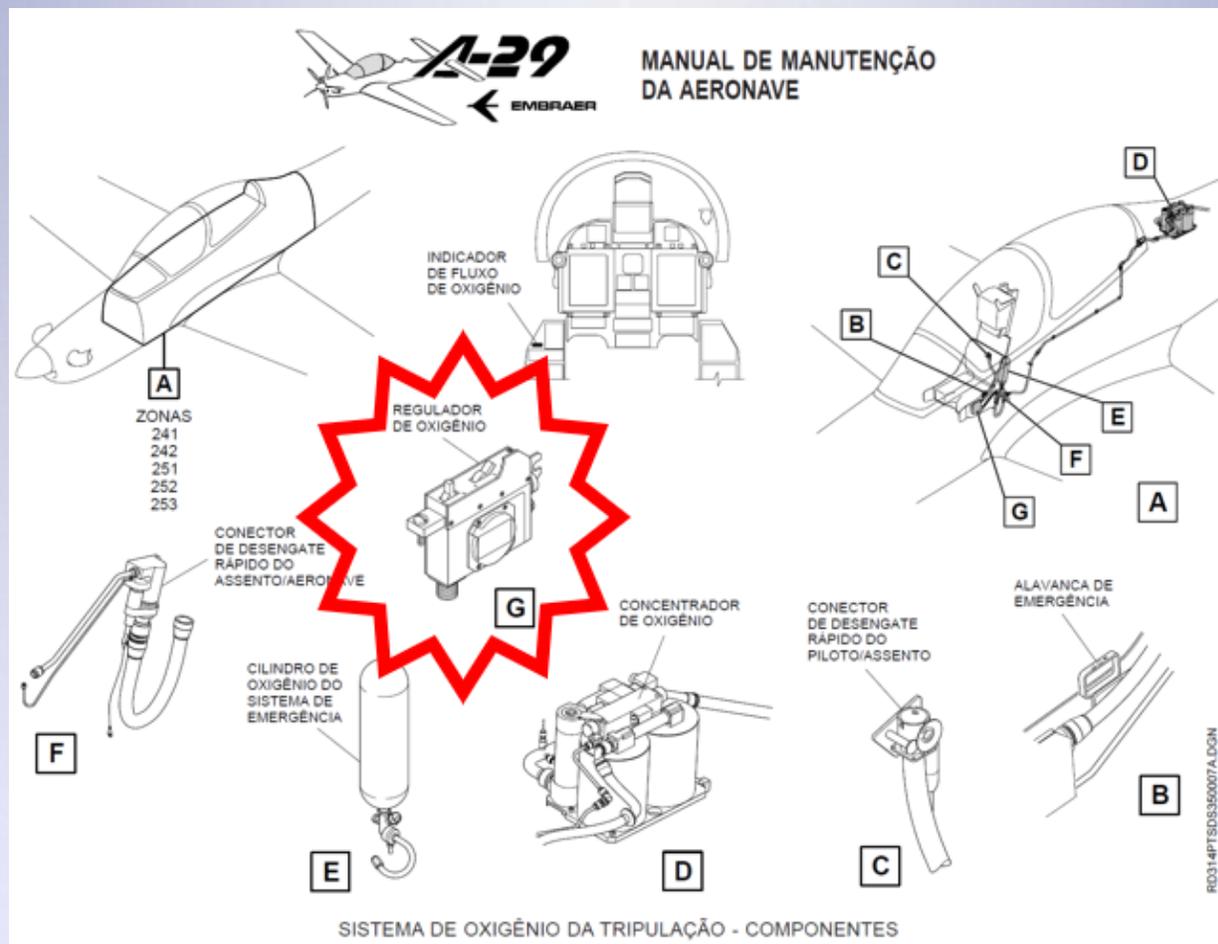
- **PLANO DE MANUTENÇÃO ATUAL:**

- Check Funcional, a cada 12 meses contínuos;
- Revisão Geral (Overhaul), a cada 4.800 horas de voo.



# MOTIVAÇÃO PARA ESCOLHA DO ITEM

- LOCALIZAÇÃO DO ITEM NA AERONAVE



4º Encontro de Confiabilidade na Aviação

# ROTEIRO

- **MOTIVAÇÃO PARA ESCOLHA DO ITEM;**
- **ANÁLISE DE DADOS DE VIDA;**
- **RESULTADOS ESPERADOS.**



**4º Encontro de Confiabilidade na Aviação**

# ROTEIRO

- MOTIVAÇÃO PARA ESCOLHA DO ITEM;
- **ANÁLISE DE DADOS DE VIDA;**
- RESULTADOS ESPERADOS.



4º Encontro de Confiabilidade na Aviação

# ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

- **COLETA DE DADOS**

- FCDDs do projeto A-29, de 2004 a 2023: tela ENG0312P do SILOMS;
- Relatório de Grupo de Material (Regulador de Oxigênio das aeronaves A-29): Tela CTR0125P do SILOMS;
- Controle do item utilizado: Horas de Voo (o controle por meses contínuos está inadequado no SILOMS).



# ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

- **DADOS EXTRAÍDOS DAS FICHAS (ENG0312P):**
  - N° FCDD;
  - SN do item defeituoso;
  - Data da ocorrência;
  - Discrepância descrita na FCDD;
  - Comentário de Oficina;
  - TSN; e
  - TSO.
- **DADOS EXTRAÍDOS DO RELATÓRIO DE GRUPO DE MATERIAL (CTR0125P):**
  - SN do item;
  - TSN; e
  - TSO.

**OBSERVAÇÃO:** essas informações são importantes apenas para os SNs que não possuem qualquer FCDD cadastrada no SILOMS neste período (Dados Suspensos).



# ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

- **TRATAMENTO DE DADOS:**

- 463 linhas para análise;
- Classificação por data e SN;
- Registro adequado? (91 linhas de dados desconsiderados);
- Qual a condição do item? NV, RG ou RP?
- Falha confirmada ou Dado Suspenso?
- Cálculo do TTF/TTS
- Qual modo de Falha?



# ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

- **ALIMENTAÇÃO DE DADOS (WEIBULL++5):**
  - Planilhas separadas para:
    - a) Caso geral (todos os dados, sem separação);
    - b) Caso de itens em condição nova (NV);
    - c) Caso de itens em condição pós revisão-geral (RG);
    - d) Caso de itens em condição pós reparo (RP);
    - e) Caso relativo a cada modo de falha predominante.



# ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

- ALIMENTAÇÃO DE DADOS (WEIBULL++5):

The screenshot shows the ReliaSoft-Weibull++ 5.32 interface. The main window displays a data table with columns: D-IS, State F or S, Time to F or S, and Subset ID. The data table contains 31 rows of test data. A 'Distribution Wizard' dialog box is open, showing 'Wizard Step 3 of 3 Done'. The 'Main Wizard' tab is active, displaying a list of distributions and their rankings. The 'Weibull 2' distribution is ranked 1st. The 'Wizard Setup' tab is also visible, showing the 'Maximum Likelihood Estimation' method. A progress bar at the bottom of the wizard indicates 100% completion. The 'MLE' button is highlighted in the wizard's 'Main Controls' panel.

D-IS	State F or S	Time to F or S	Subset ID
1	F	1,33	PANE DE FLUXO
2	F	5,08	FALHA ELET
3	F	5,25	TESTE DE PRESSÃO
4	S		FUNCIONAL
5	S		A ELET
6	F		FUNCIONAL
7	S		FUNCIONAL
8	S		FUNCIONAL
9	S		FUNCIONAL
10	F		DE FLUXO
11	F		DE PRESSÃO
12	S		FUNCIONAL
13	S		FUNCIONAL
14	F		A ELET
15	F		A ELET
16	F		A ELET
17	F		T FAIL
18	F		DE FLUXO
19	F		DE FLUXO
20	F		A ELET
21	F		T FAIL
22	F		A ELET
23	F		A ELET
24	S		FUNCIONAL
25	F	83,08	PANE DE FLUXO
26	S	84,58	CHECK FUNCIONAL
27	F	86,92	VAZAMENTO
28	F	88,58	TEST FAIL
29	F	91,17	TEST FAIL
30	S	91,25	CHECK FUNCIONAL
31	F	95,17	PANE DE FLUXO

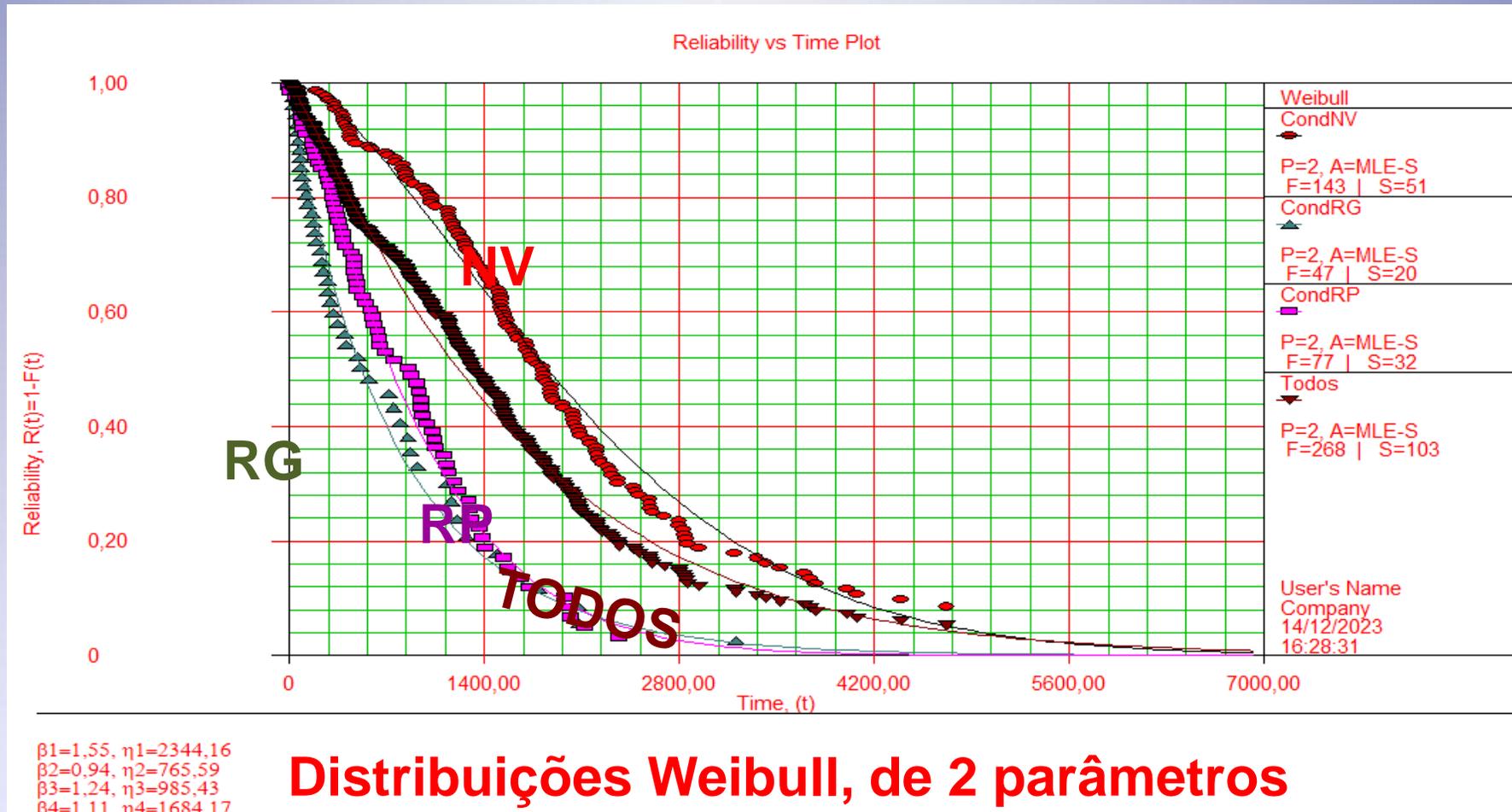
Distribution Wizard

Estimativa por  
Máxima  
Verossimilhança  
(MLE):  
Muitos dados,  
com suspensões



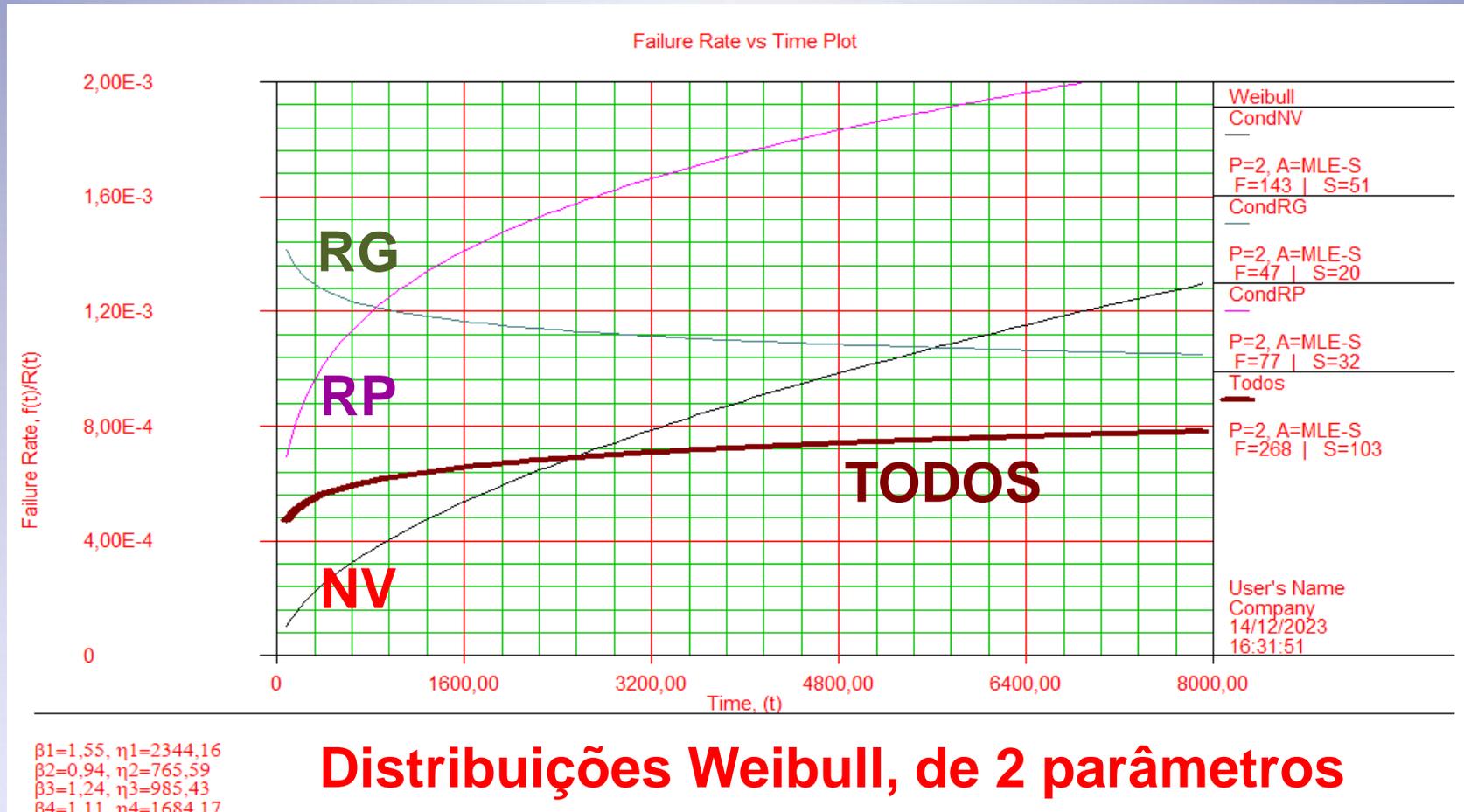
# ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

- RESULTADOS GRÁFICOS (WEIBULL++5):



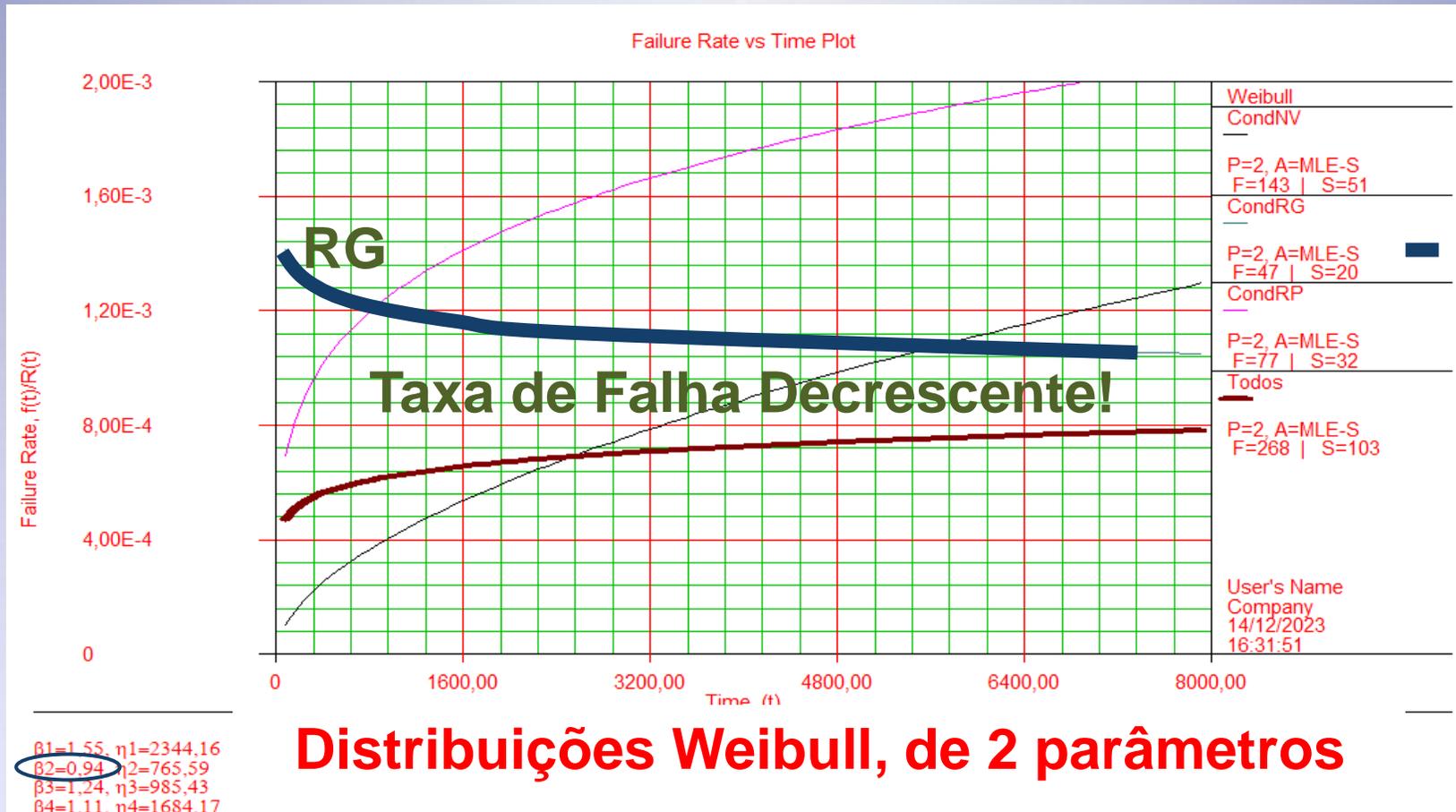
# ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

- RESULTADOS GRÁFICOS (WEIBULL++5):



# ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

- RESULTADOS GRÁFICOS (WEIBULL++5):



# ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

- COMPARAÇÃO ENTRE AS CONDIÇÕES DOS ITENS (WEIBULL++5):

ReliaSoft's Comparison Wizard

Common Probability Setup

The probability that CondNV is better than CondRP is 78,3961%

Select the two data sets to compare using the combo boxes below:

Compare this Set to this Set.

CondNV = CondRP

Comments:

CondNV is better, with a 78% probability!

Compare Cancel Help Report...

ReliaSoft's Comparison Wizard

Common Probability Setup

The probability that CondNV is better than CondRG is 82,0543%

Select the two data sets to compare using the combo boxes below:

Compare this Set to this Set.

CondNV = CondRG

Comments:

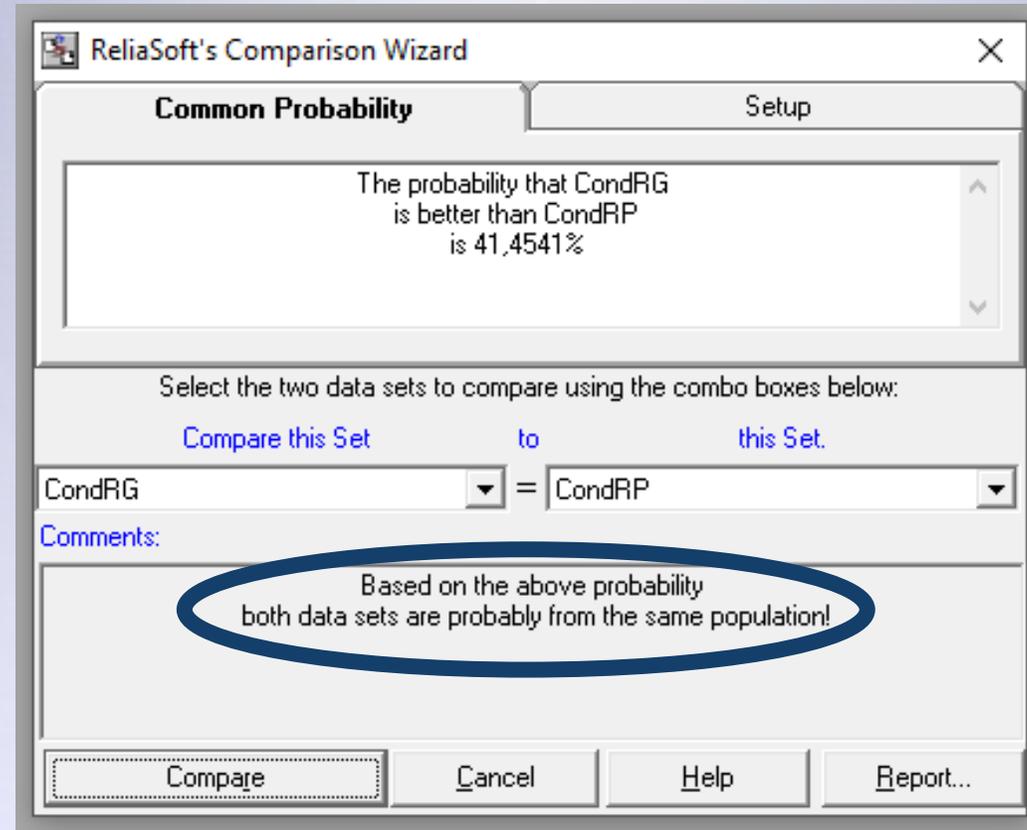
CondNV is better, with a 82% probability!

Compare Cancel Help Report...



# ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

- COMPARAÇÃO ENTRE AS CONDIÇÕES DOS ITENS (WEIBULL++5):



# ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

- RESULTADOS NUMÉRICOS (WEIBULL++5):

CONDIÇÃO	MTBF
GERAL	<b>1620</b>
NOVO	<b>2108</b>
REV. GERAL	<b>790</b>
REPARO	<b>920</b>



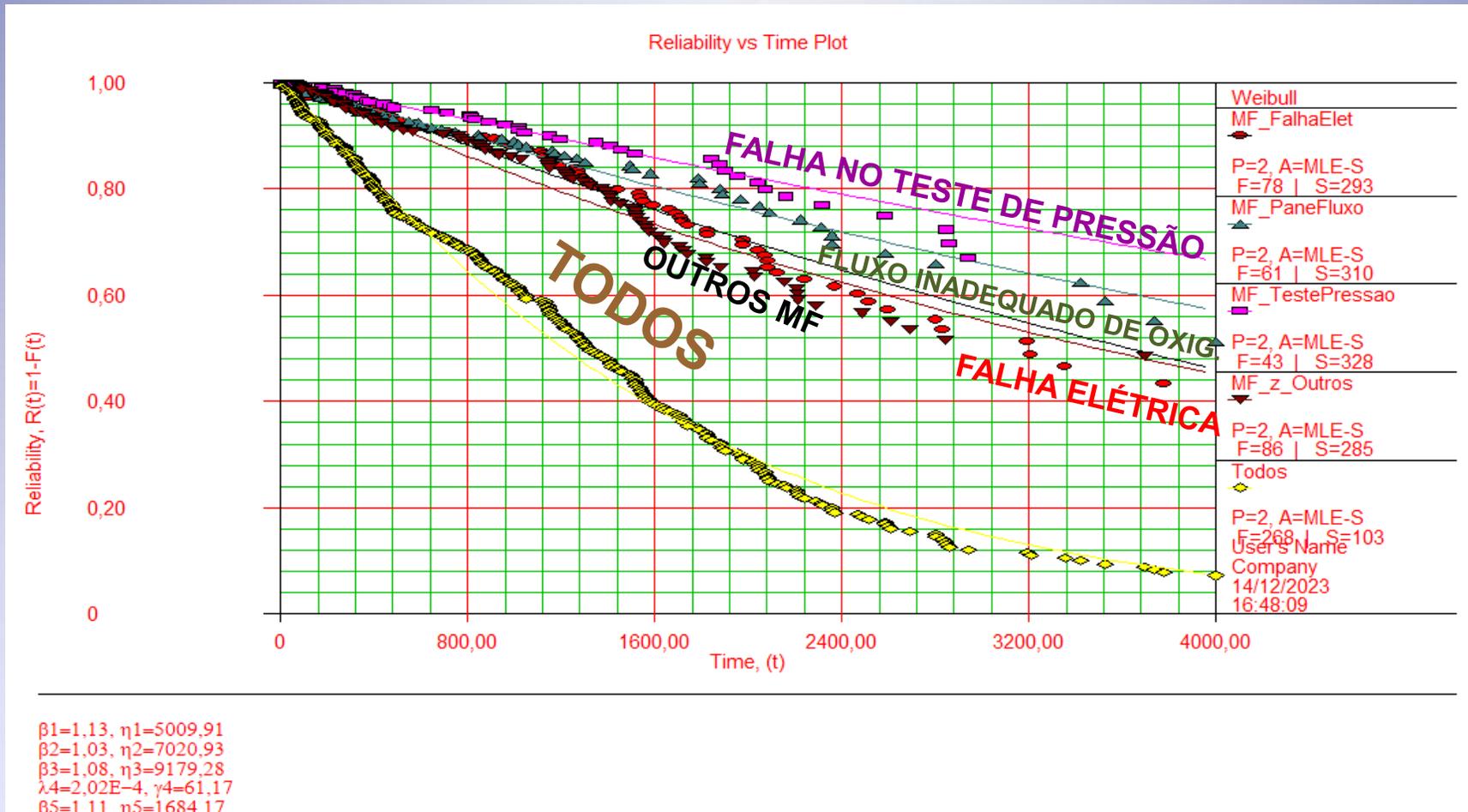
# ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

- **RESULTADOS NUMÉRICOS (WEIBULL++5):**
  - E as confiabilidades condicionais?
  - Os resultados obtidos estão coerentes com o plano de manutenção do item?



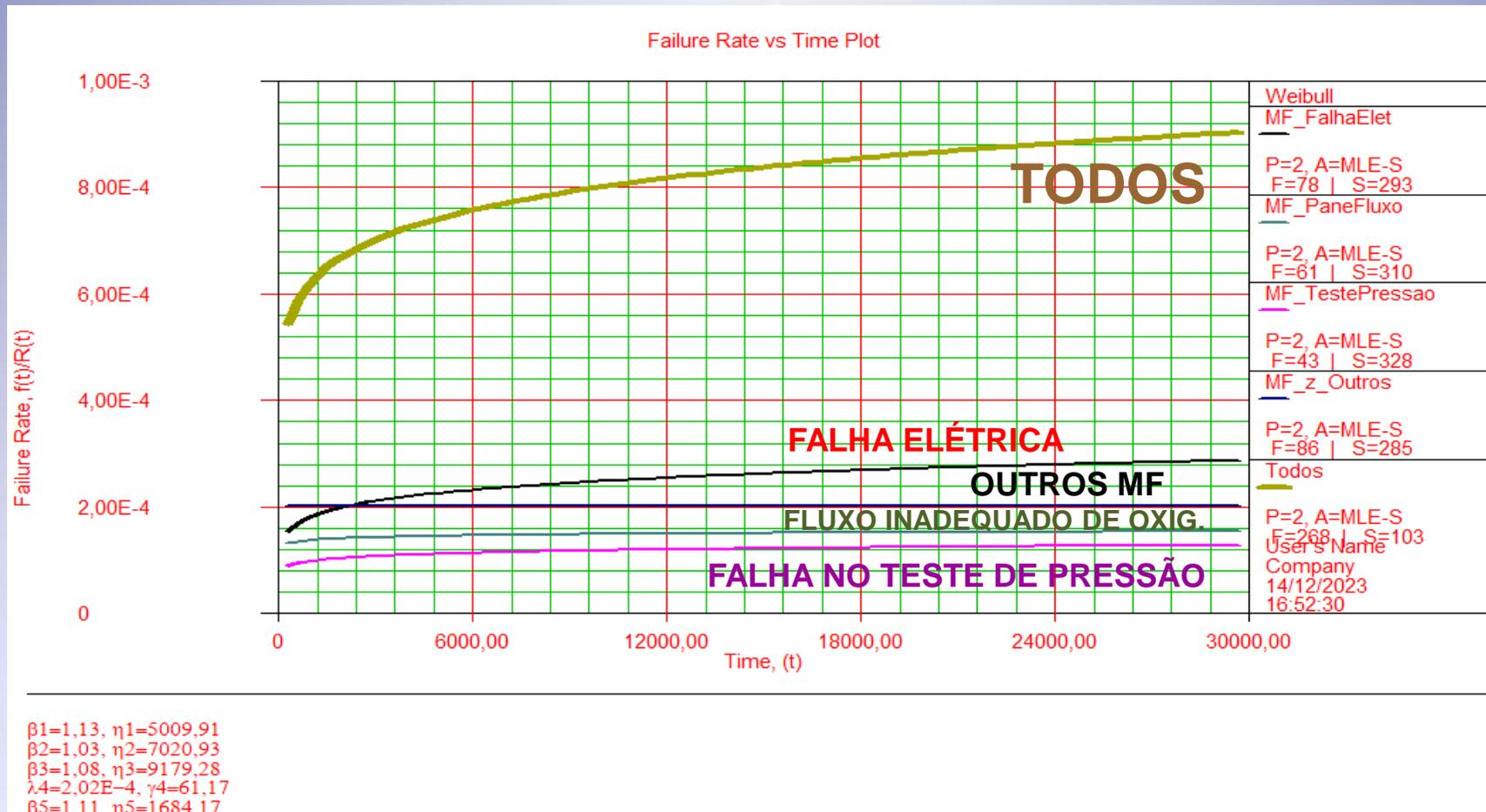
# ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

- RESULTADOS GRÁFICOS (WEIBULL++5) – MODOS DE FALHA:



# ANÁLISE DE DADOS DE VIDA

- RESULTADOS GRÁFICOS (WEIBULL++5) – MODOS DE FALHA:



# ROTEIRO

- **MOTIVAÇÃO PARA ESCOLHA DO ITEM;**
- **ANÁLISE DE DADOS DE VIDA;**
- **RESULTADOS ESPERADOS.**



**4º Encontro de Confiabilidade na Aviação**

# ROTEIRO

- MOTIVAÇÃO PARA ESCOLHA DO ITEM;
- ANÁLISE DE DADOS DE VIDA;
- **RESULTADOS ESPERADOS.**



4º Encontro de Confiabilidade na Aviação

# RESULTADOS ESPERADOS

- ANÁLISE DOS DADOS DE VIDA (WEIBULL++5):

FAZER O QUÊ?	CONFIABILIDADE
ITEM NOVO: VOAR 980HV, JÁ TENDO VOADO 4800HV	<b>37%</b>
ITEM VINDO DE REV. GERAL: VOAR 980HV, APÓS TER REALIZADO RG	<b>29%</b>
ITEM VINDO DE REPARO: VOAR 980HV, APÓS TER REALIZADO RP	<b>38%</b>



# RESULTADOS ESPERADOS

- O atual plano de manutenção está adequado?
  - RG após 4800FH?
  - Reparo no lugar da RG?
  - E o check funcional a cada 12M?
  - **IMPORTANTE:** 80 das 270 falhas (30 %) ocorreram por ocasião da realização do check funcional!
- O item causa impacto operacional considerável, mas não afeta a segurança. O que fazer?



**Detalhamento das Tarefas**

<b>FORMULÁRIO:</b> 6	MSI # 35-10-03	Nomenclatura do MSI Regulador de Oxigênio (PN 3260079-0101)
----------------------	-------------------	--

Código da Tarefa	Tipo	Descrição	Efetividade na Frota	Intervalo Atual
35-10-03-001	RST	RST - REGULADOR DE OXIGÊNIO Revisão geral do regulador de oxigênio	TODOS OS COMPONENTES	4800 FH
35-10-03-002	RST	FNC - REGULADOR DE OXIGÊNIO Checagem funcional do Regulador de Oxigênio	TODOS OS COMPONENTES	12 MO

Componentes Relacionados (Identificação e Dados de Confiabilidade):

Número do Componente	Part Number	QPA	Fornecedor	MTBF Histórico	MTBF Previsto	MTBUR Histórico	MTBUR Previsto	Está na MMEL?	Observações
35-10-03	3260079-0101	1 (MONOPOSTO) OU 2 (BIPOSTO)	COBHAM	1620 FH				N	De acordo com a Análise dos Dados de Vida

Causas de Falha Relacionadas:

Categoria do Efeito da Falha	Causa #	Causa da falha
6	1A1a	Falha Mecânica (tubulações e conexões deficientes, bem como botões de seleção emperrados)
6	1A1b	Falha Elétrica (pane de alimentação ou de troca de dados entre o regulador e o MDP devido à conexões elétricas defeituosas: pinos corridos, plugues com corrosão etc.)
9	1A1c	Vazamentos existentes na linha de suprimento de oxigênio.

**PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DA TAREFA DE MANUTENÇÃO:**

**Exclusão das atuais Tarefas de Manutenção existentes, por induzirem a redução da confiabilidade do item, e considerando que a falha do componente apenas impacta a operacionalidade da aeronave, e não a segurança.**

Justificativa do Analista do Grupo de Trabalho:	Avaliação Presidente do Grupo de Trabalho:	Avaliação Chefe da Engenharia/ Responsável Técnico PAMA:	Avaliação Operacional (OSV/SIPAA):
Conforme dados em serviço existentes, revelando que as ações de Revisão Geral historicamente realizadas não restituem o componente a um patamar de confiabilidade de item novo, e nem mesmo trazem ganho com relação a confiabilidade do item prévia ao momento desta manutenção, a realização destas tarefas não traz qualquer benefício técnico, além de estar associada a um alto custo. Ademais, a realização de checks funcionais periódicos tem induzido a ocorrência de diversas falhas, as quais fazem com que o item necessite de um serviço de reparo ou revisão geral, com alto custo e baixo benefício para a manutenção do ciclo de vida do item.	<i>Aprovo, sem ressalvas.</i>	<i>Aprovo, sem ressalvas.</i>	<i>Sem ressalvas quanto ao aspecto operacional.</i>
	Assinatura: <b>Beltrano Rolando</b>	Assinatura: <b>Armando Cipriano</b>	Assinatura: <b>Tandrinus Lerimus</b>

**Impacto financeiro estimado da alteração no custo do ciclo de vida:**

Com relação ao Check Funcional, como a tarefa consome 4H/h, custando R\$300 a unidade, e no período de 1 ano, para uma frota de 35 anvs biposto e 15 anvs monoposto (correspondente a 35\*2 + 15\*1 = 85 reguladores por ano), seriam realizadas 85\*20=1700 tarefas do tipo até o final da vida útil da aeronave (mais 20 anos), isto representa uma economia de 1700x4xR\$300 = R\$ 2.040.000 ao longo do ciclo de vida. Com relação à Revisão Geral, considerando que o custo de cada uma é de aprox. R\$25.000, e um esforço aéreo anual de 15000HV (corresp. a 3,125 rev. gerais por ano), para mais 20 anos de operação o custo correspondente economizado seria de 3,125\*20\*25000 = R\$ 1.850.000 até o final do ciclo de vida. Além do mais, também haverá ganho na disponibilidade da aeronave, pois o item passará menos tempo realizando manutenções programadas.

<b>Analista:</b> Maj Cherobini / Ten Carvalho Instituto de Logística da Aeronáutica	<b>Grupo de Trabalho:</b> WG01	15/dez/23	<b>Revisão</b> Rev01	<b>Data:</b> 15/dez/23	<b>Página:</b> 1/1
--	--------------------------------	-----------	-------------------------	---------------------------	-----------------------

**Detalhamento das Tarefas**

<b>FORMULÁRIO:</b> 6	MSI # 35-10-03	Nomenclatura do MSI Regulador de Oxigênio (PN 3260079-0101)
----------------------	-------------------	--

Código da Tarefa	Tipo	Descrição	Efetividade na Frota	Intervalo Atual
35-10-03-001	RST	RST - REGULADOR DE OXIGÊNIO Revisão geral do regulador de oxigênio	TODOS OS COMPONENTES	4800 FH
35-10-03-002	RST	FNC - REGULADOR DE OXIGÊNIO Checagem funcional do Regulador de Oxigênio	TODOS OS COMPONENTES	12 MO

Componentes Relacionados (Identificação e Dados de Confiabilidade):

Número do Componente	Part Number	QPA	Fornecedor	MTBF Histórico	MTBF Previsto	MTBUR Histórico	MTBUR Previsto	Está na MMEL?	Observações
35-10-03	3260079-0101	1 (MONOPOSTO) OU 2 (BIPOSTO)	COBHAM	1620 FH				N	De acordo com a Análise dos Dados de Vida

Causas de Falha Relacionadas:

Categoria do Efeito da Falha	Causa #	Causa da falha
6	1A1a	Falha Mecânica (tubulações e conexões deficientes, bem como botões de seleção emperrados)
6	1A1b	Falha Elétrica (pane de alimentação ou de troca de dados entre o regulador e o MDP devido à conexões elétricas defeituosas: pinos corridos, plugues com corrosão etc.)
9	1A1c	Vazamentos existentes na linha de suprimento de oxigênio.

**PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DA TAREFA DE MANUTENÇÃO:**

**Exclusão das atuais Tarefas de Manutenção existentes, por induzirem a redução da confiabilidade do item, e considerando que a falha do componente apenas impacta a operacionalidade da aeronave, e não a segurança.**

Justificativa do Analista do Grupo de Trabalho:	Avaliação Presidente do Grupo de Trabalho:	Avaliação Chefe da Engenharia/ Responsável Técnico PAMA:	Avaliação Operacional (OSV/SIPAA):
Conforme dados em serviço existentes, revelando que as ações de Revisão Geral historicamente realizadas não restituem o componente a um patamar de confiabilidade de item novo, e nem mesmo trazem ganho com relação a confiabilidade do item prévia ao momento desta manutenção, a realização destas tarefas não traz qualquer benefício técnico, além de estar associada a um alto custo. Ademais, a realização de checks funcionais periódicos tem induzido a ocorrência de diversas falhas, as quais fazem com que o item necessite de um serviço de reparo ou revisão geral, com alto custo e baixo benefício para a manutenção do ciclo de vida do item.	<i>Aprovo, sem ressalvas.</i>	<i>Aprovo, sem ressalvas.</i>	<i>Sem ressalvas quanto ao aspecto operacional.</i>
	Assinatura: <b>Beltrano Rolando</b>	Assinatura: <b>Armando Cipriano</b>	Assinatura: <b>Tandrinos Lerimus</b>

**Impacto financeiro estimado da alteração no custo do ciclo de vida:**

Com relação ao Check Funcional, como a tarefa consome 4H/h, custando R\$300 a unidade, e no período de 1 ano, para uma frota de 35 anvs biposto e 15 anvs monoposto (correspondente a 35\*2 + 15\*1 = 85 reguladores por ano), seriam realizadas 85\*20=1700 tarefas do tipo até o final da vida útil da aeronave (mais 20 anos), isto representa uma economia de 1700x4xR\$300 = R\$ 2.040.000 ao longo do ciclo de vida. Com relação à Revisão Geral, considerando que o custo de cada uma é de aprox. R\$25.000, e um esforço aéreo anual de 15000HV (corresp. a 3,125 rev. gerais por ano), para mais 20 anos de operação o custo correspondente economizado seria de 3,125\*20\*25000 = R\$ 1.850.000 até o final do ciclo de vida. Além do mais, também haverá ganho na disponibilidade da aeronave, pois o item passará menos tempo realizando manutenções programadas.

# RESULTADOS ESPERADOS

## PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DA TAREFA DE MANUTENÇÃO:

**Exclusão das atuais Tarefas de Manutenção existentes, por induzirem a redução da confiabilidade do item, e considerando que a falha do componente apenas impacta a operacionalidade da aeronave, e não a segurança.**

## Justificativa do Analista do Grupo de Trabalho:

Conforme dados em serviço existentes, revelando que as ações de Revisão Geral historicamente realizadas não restituem o componente a um patamar de confiabilidade de item novo, e nem mesmo trazem ganho com relação a confiabilidade do item prévia ao momento desta manutenção, a realização destas tarefas não traz qualquer benefício técnico, além de estar associada a um alto custo. Ademais, a realização de checks funcionais periódicos tem induzido a ocorrência de diversas falhas, as quais fazem com que o item necessite de um serviço de reparo ou revisão geral, com alto custo e baixo benefício para a manutenção do ciclo de vida do item.



# RESULTADOS ESPERADOS

## Impacto financeiro estimado da alteração no custo do ciclo de vida:

Com relação ao Check Funcional, como a tarefa consome 4H/h, custando R\$300 a unidade, e no período de 1 ano, para uma frota de 35 anvs biposto e 15 anvs monoposto (correspondente a  $35 \times 2 + 15 \times 1 = 85$  reguladores por ano), seriam realizadas  $85 \times 20 = 1700$  tarefas do tipo até o final da vida útil da aeronave (mais 20 anos), isto representa uma economia de  $1700 \times 4 \times R\$300 = R\$ 2.040.000$  ao longo do ciclo de vida.

Com relação à Revisão Geral, considerando que o custo de cada uma é de aprox. R\$25.000, e um esforço aéreo anual de 15000HV (corresp. a 3,125 rev. gerais por ano), para mais 20 anos de operação o custo correspondente economizado seria de  $3,125 \times 20 \times 25000 = R\$ 1.850.000$  até o final do ciclo de vida.

Além do mais, também haverá ganho na disponibilidade da aeronave, pois o item passará menos tempo realizando manutenções programadas.



# ROTEIRO

- **MOTIVAÇÃO PARA ESCOLHA DO ITEM;**
- **ANÁLISE DE DADOS DE VIDA;**
- **RESULTADOS ESPERADOS.**



**4º Encontro de Confiabilidade na Aviação**

# OBJETIVO

Identificar oportunidades de melhoria no plano de manutenção do regulador de oxigênio da aeronave A-29, a partir de um estudo de confiabilidade do item.



4º Encontro de Confiabilidade na Aviação

# MUITO OBRIGADO!



**1º TEN PHILIPPE DE CARVALHO MARTINS**  
**PARQUE DE MATERIAL AERONÁUTICO DE LAGOA SANTA**  
**E-mail: [carvalhopcm@fab.mil.br](mailto:carvalhopcm@fab.mil.br)**  
**Telefone: (31) 99909-1991**



## 4º Encontro de Confiabilidade na Aviação