



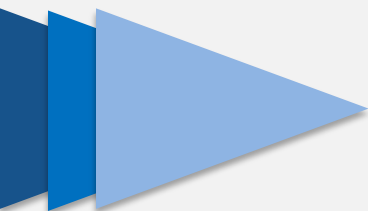
ANÁLISE DO RISCO E DO IMPACTO ECONÔMICO DAS EXTENSÕES DE REVISÃO GERAL DOS MOTORES J-85 QUE EQUIPAM AS AERONAVES F-5



OBJETIVO



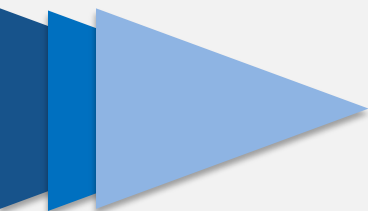
Apresentar o TCC do CESLOG 2019/2020 referente a Análise do Risco e do Impacto Econômico das Extensões de Revisão Geral dos Motores J-85 que Equipam as Aeronaves F-5.



ROTEIRO



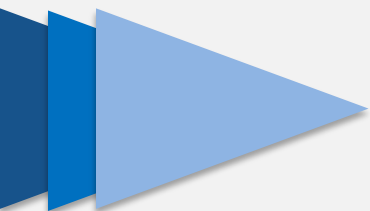
- **Contextualização**
- **Análise de Confiabilidade**
- **Análise de Custo**
- **Análise de Risco**
- **Hipóteses**
- **Resultados**
- **Conclusão**



ROTEIRO



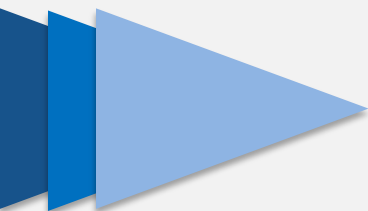
- **Contextualização**
- Análise de Confiabilidade
- Análise de Custo
- Análise de Risco
- Hipóteses
- Resultados
- Conclusão



CONTEXTUALIZAÇÃO



- Geralmente, as extensões de Revisão Geral das aeronaves do Comando da Aeronáutica (COMAER) e de seus componentes são concedidas levando-se em conta principalmente a Segurança, sem considerar os possíveis os impactos econômicos que uma extensão pode no custo de Revisão Geral.
- Neste contexto, este Trabalho foi realizado **para avaliar o risco e o impacto econômico das extensões de Revisão Geral**, utilizando como Estudo de Caso as extensões de Revisão Geral dos Motores J-85 que equipam as Aeronaves F-5.



CONTEXTUALIZAÇÃO



- Cada aeronave F-5 possui dois Motores J-85 fabricados pela *General Electric*.
- Os Motores J-85 realizam Revisão Geral a cada 900 Horas de Voo (HV).
- Afetam diretamente a disponibilidade das aeronaves F-5, e consequentemente, a capacidade de defesa aérea do COMAER, tendo em vista que as aeronaves F-5 são o principal vetor de defesa aérea do espaço aéreo brasileiro.



CONTEXTUALIZAÇÃO

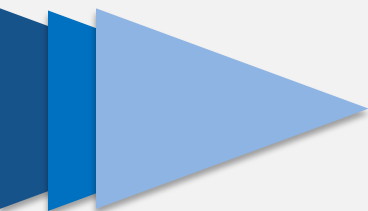


- Fundamentação Legal para a prática de “extensões de Revisão Geral” no âmbito do COMAER:
 - **Lei Complementar nº 97/99:** Estabelece o COMAER como operador e como autoridade aeronáutica de aeronaves civis e militares.
 - **Lei nº 7565/86 - Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA):** Estabelece as competências da autoridade aeronáutica.
 - **Lei nº 11.182/2005:** Cria e institui a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) como autoridade aeronáutica **apenas** para Aviação Civil.
 - As aeronaves do COMAER, por serem militares, não estão subordinadas as regras estabelecidas pela ANAC. Consequentemente, **os intervalos das tarefas de manutenção e inspeção de suas aeronaves podem ser modificados e/ou estendidos, sem a aprovação da ANAC.**

CONTEXTUALIZAÇÃO



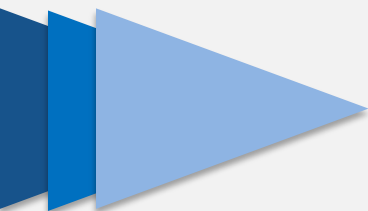
- É comum haver extensão nos intervalos de manutenção previstos nos Programa de Manutenção da Aviação Militar.
- Critérios que uma extensão seja concedida:
 - **Tarefa de Inspeção/Manutenção** a ser prorrogada;
 - **Severidade da Falha** do Item a ser prorrogado;
 - **Probabilidade de Ocorrência de Falha** após a prorrogação;
 - **Tipo de missão** que a aeronave irá realizar; e
 - Outros.



CONTEXTUALIZAÇÃO



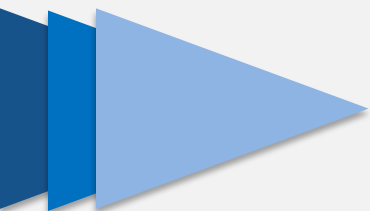
- Quais é o risco e o impacto econômico de uma extensão de Revisão Geral para o Motor J-85?
- Para responder esta questão, foram utilizados as seguintes procedimentos:
 - **Análise de Confiabilidade:** Utilizando conceitos de Análise de Dados de Vida (*Life Data Analysis – LDA*).
 - **Análise de Custo:** Utilizando conceitos de Custos da ICA 400-2, de Cálculo de Custo Médio e Intervalo de Confiança (Devore, J. L, 2015).
 - **Análise de Risco:** Conforme a especificação MIL-STD-882D (tendo em vista que esta especificação leva em conta aspectos econômicos para categorizar a Severidade)



ROTEIRO



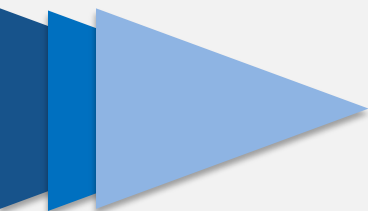
- Contextualização
- **Análise de Confiabilidade**
- Análise de Custo
- Análise de Risco
- Hipóteses
- Resultados
- Conclusão



ANÁLISE DE CONFIABILIDADE



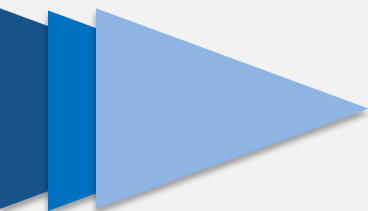
- **Probabilidade de Falha:** Probabilidade de o item falhar ao longo de sua operação dentro das condições operacionais estabelecidas para o item.
- **Confiabilidade:** Probabilidade de o item não falhar ao longo de sua operação dentro das condições operacionais estabelecidas para o item.
- **Taxa de Falha:** Probabilidade de o item falhar no próximo instante, dado que o item não falhou até o presente instante.



ANÁLISE DE CONFIABILIDADE



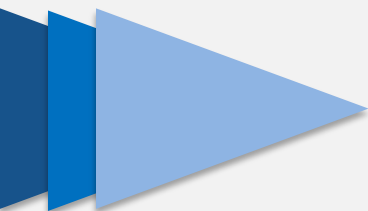
- **Dados Completos:** Aqueles em que o valor de cada unidade da amostra é observado ou conhecido.
- **Dados Censurados:** Aqueles em que o momento em que a falha ocorreu não é conhecido. Podem ser subdivididos em três tipos:
 - **Dados Censurados a Direita** (ou **Dados Suspensos**): são aqueles em que a falha ainda não ocorreu.
 - **Dados Censurados a Esquerda:** são aqueles em que o momento em que ocorreu a falha só é conhecido como sendo antes de um certo tempo.
 - **Dados Censurados em Intervalo:** são aqueles em que há incertezas sobre o momento exato em que ocorreu a falha dentro de um intervalo.



ANÁLISE DE CONFIABILIDADE



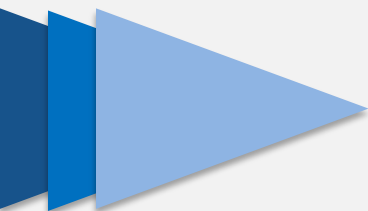
- **Intervalos de Confiança:** Servem para quantificar a incerteza devido ao erro de amostragem, expressando a confiança de que um intervalo específico contém o valor de interesse. Podem ser classificados em dois tipos:
 - **Intervalo de Confiança Bilateral:** Possui limites de superior e inferior, que indica o “valor de interesse” está dentro dos limites com uma confiança específica.
 - **Intervalo de Confiança de Unilateral:** Possui um limite (inferior ou superior) que indica que o “valor de interesse” está acima do limite inferior ou abaixo do limite superior com uma confiança específica.



ANÁLISE DE CONFIABILIDADE



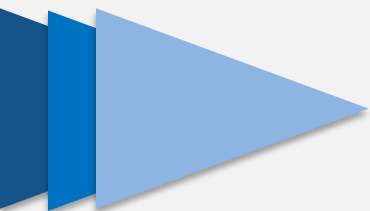
- **Estimativa de Parâmetros:** Processo de uso de dados de amostra para estimar os parâmetros de uma distribuição de probabilidade selecionada, podendo ser de dois tipos:
 - **Rank de Regressão Linear:** Utilizado quando só existem Dados Completos, e/ou quando existem poucos dados.
 - **Método da Verossimilhança (MLE):** Utilizado quando existem Dados Completos e Censurados, e/ou quando existem muitos dados.



ROTEIRO



- Contextualização
- Análise de Confiabilidade
- **Análise de Custo**
- Análise de Risco
- Hipóteses
- Resultados
- Conclusão



ANÁLISE DE CUSTO

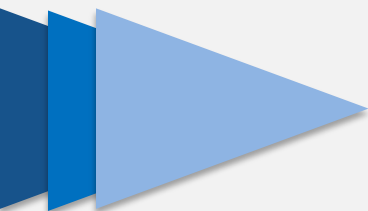


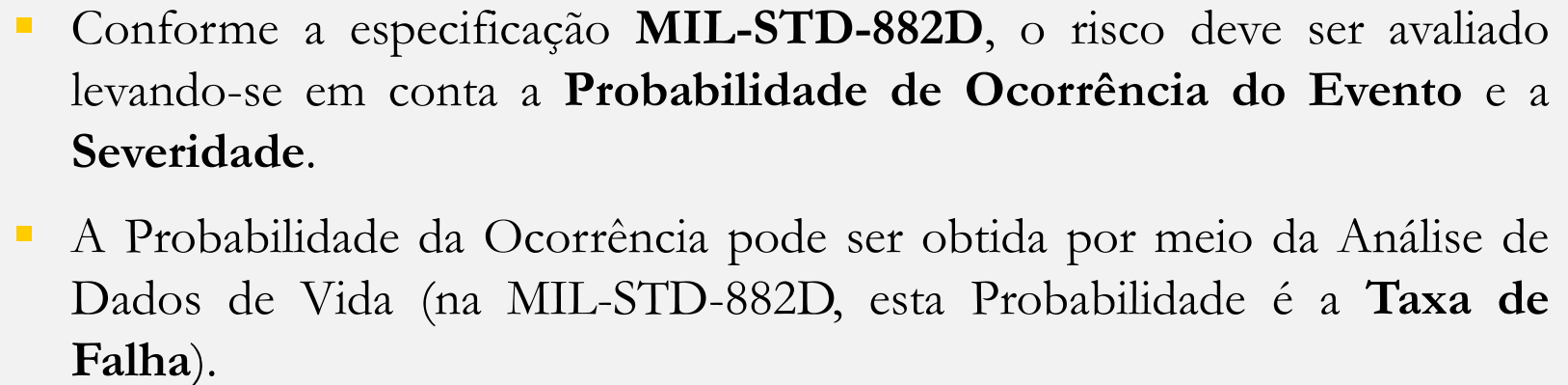
- Custos definidos na ICA 400-2/2010:
 - **Custos Diretos:** São aqueles decorrentes de gastos aplicados diretamente em aeronaves.
 - **Custos Indiretos:** são aqueles que não são aplicados em aeronave, ou que no momento de sua ocorrência, não se pode ser associado diretamente a uma aeronave.
 - **Custos Fixos:** São aqueles que estão relacionados às atividades que não são afetadas pelo nível de utilização do sistema.
 - **Custos Variáveis:** São aqueles que são diretamente afetados pelo nível de utilização do sistema em um determinado período de tempo.
 - **Custos Recorrentes:** São recorrentes (repetitivos) quando se repetem em vários períodos seguintes, embora não necessariamente do mesmo valor.

ROTEIRO



- Contextualização
- Análise de Confiabilidade
- Análise de Custo
- **Análise de Risco**
- Hipóteses
- Resultados
- Conclusão





ANÁLISE DE RISCO



Tabela 1 - Classificação de Severidade de Falha - MIL-STS-882D

Descrição	Categoria	Crítérios de Resultado Ambiental, de Segurança e Saúde
Catastrófico	I	Pode resultar em morte ou invalidez total permanente; perda superior a US \$ 1 milhão; danos ambientais irreversíveis ou danos que violam a lei ou regulamento.
Crítico	II	Pode resultar em invalidez parcial permanente; lesões ou doença ocupacional que pode resultar em hospitalização de pelo menos três funcionários; perda superior a \$ 200K, mas inferior a \$ 1M; danos ambientais reversíveis ou violação de lei ou regulamento.
Marginal	III	Pode resultar em ferimentos ou doenças ocupacionais com um ou mais dias de trabalho perdidos; perda superior a \$ 10K, mas inferior a \$ 200K; dano ambiental mitigável e não há violação da lei ou regulamento.
Negligenciável	IV	Pode resultar em ferimentos ou doenças, sem perda dia de trabalho; perda superior a \$ 2K mas inferior a \$ 10K; dano ambiental mínimo que não viole a lei ou regulamento.

Fonte: MIL-STS-882D – (Traduzida)

ANÁLISE DE RISCO



Tabela 2 - Classificação de Probabilidade de Ocorrência (Taxa de Falha) - MIL-STS-882D

Descrição	Level	Item Específico Individual	Frota/Inventário
Frequente	A	Probabilidade de Ocorrência maior que 0,1	Experiência Contínua
Provável	B	Probabilidade de Ocorrência maior que 0,01 e menor que 0,1	Ocorrerá Frequentemente
Ocasional	C	Probabilidade de Ocorrência maior que 0,001 e menor que 0,01	Ocorrerá Muitas Vezes
Remota	D	Probabilidade de Ocorrência maior que 0,001 e menor que 0,000001	Improvável, mas é razoável esperar que ocorra
Improvável	E	Probabilidade de Ocorrência menor que 0,000001	É improvável que ocorra, mas é possível

Fonte: MIL-STS-882D - (Traduzida)

ANÁLISE DE RISCO



Tabela 3 – Classificação de Severidade versus Taxa de Falha - MIL-STS-882D

SEVERIDADE PROBABILIDADE	Catastrófico	Crítico	Marginal	Negligenciável
Frequente	1	3	7	13
Provável	2	5	9	16
Ocasional	4	6	11	18
Remota	8	10	14	19
Improvável	12	15	17	20

Fonte: MIL-STS-882D - (Traduzida)

ANÁLISE DE RISCO



Tabela 4 – Mapa de Risco - MIL-STS-882D

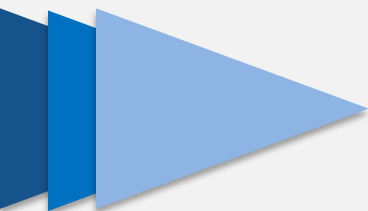
Avaliação do Risco de Falha	Categoria do Risco de Falha	Nível de Aceitação do Risco de Falha
1 - 5	Alto	Presidente
6 - 9	Sério	Executivo
10 - 17	Médio	Gerencial
18 - 20	Baixo	Subgerencial

Fonte: MIL-STS-882D - (Traduzida)

ROTEIRO



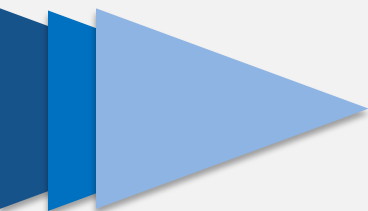
- Contextualização
- Análise de Confiabilidade
- Análise de Custo
- Análise de Risco
- **Hipóteses**
- Resultados
- Conclusão



HIPÓTESES



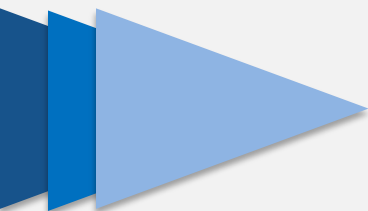
- **Tipos de Dados Utilizados:** Dados Completos Suspensos.
- **Dados Completos:** Todos os defeitos que acarretam na remoção do item da aeronave e recolhimento para Revisão Geral ou Reparo.
- **Dados Suspensos:** Todos os demais dados.
- **Software Utilizado:** Weibull 11++ da *Compass*.
- **Distribuição de Probabilidade Utilizada:** Gama Generalizada.
- **Método de Estimativa de Parâmetros:** MLE
- **Intervalo de Confiança Utilizado:** 90% Bilateral.
- **Curva de Probabilidade Plotada:** Somente a Taxa de Falha, pois é a única que fornece os valores utilizados na MIL-STD-882D.



HIPÓTESES



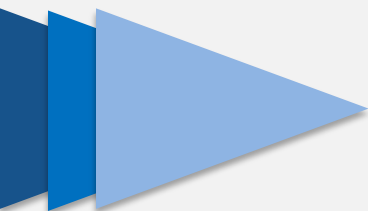
- **Custos Diretos:** São os Custos da Revisão Geral, pois estão diretamente relacionados ao sistema.
- **Custos Recorrentes:** São os materiais que são trocados devido ao vencimento do Tempo Limite de Vida (TLV).
- **Custos Fixos:** São os materiais de troca obrigatória da Revisão Geral e ao valor da mão de obra “fixa”.
- **Custos Variáveis:** São os materiais trocados na Revisão Geral por causa de danos e avarias e a mão de obra “variável”.



HIPÓTESES



- Foi analisado o risco da prorrogação de 45 HV (5%) após o vencimento da Revisão Geral (900 HV). Ou seja, foi calculada a Taxa de Falha a 945 HV e considerada a Severidade aplicável (conforme MIL-STD-882D).
- O risco avaliado foi o “impacto financeiro” (não o impacto a Segurança).
- Os Custos Fixos não foram considerados neste Trabalho, pois não são impactados pelo nível de utilização dos motores.
- Os Custos Recorrentes foram desconsiderados, pois não são afetados pelas extensões.
- Os Custos Variáveis referentes à mão de obra também não foram analisados (dados insuficientes).
- Os valores em R\$ foram convertidos em “Unidades Monetárias” (UM).



HIPÓTESES



- O impacto econômico foi avaliado mediante ao cálculo da equação abaixo, levando-se em conta o limite inferior do Custo Variável de Revisão Geral dos motores “não estendidos” com limite superior do Custo Variável de Revisão Geral dos “motores estendidos”.

Equação 1: Cálculo de Incerteza

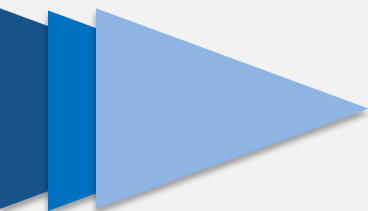
$$C_{Médio} - \alpha \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{N}} < C_{Médio} < C_{Médio} + \alpha \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

Onde $C_{Médio}$ é o Custo Médio, α é o intervalo de confiança, σ é o desvio padrão e N é o tamanho da amostra.

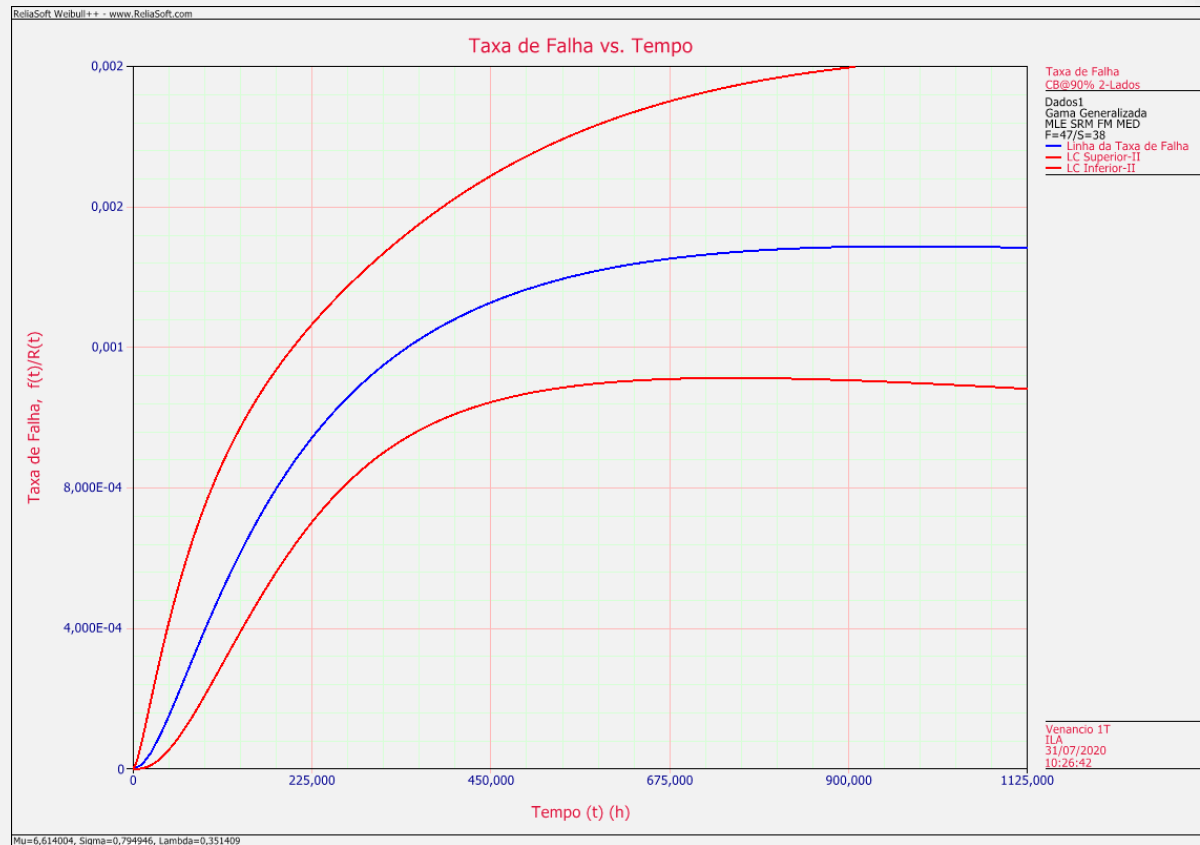
ROTEIRO



- Contextualização
- Análise de Confiabilidade
- Análise de Custo
- Análise de Risco
- Hipóteses
- **Resultados**
- Conclusão



RESULTADOS



RESULTADOS



Tabela 5: Taxa de Falha em 945 HV

Taxa de Falha em 945 HV	Valor
Limite Superior (0,95)	0,002009/h
Taxa de Falha	0,001489/h
Limite Inferior (0,05)	0,001103/h

Fonte: *Software Weibull 11++*

RESULTADOS



Tabela 2 - Classificação de Probabilidade de Ocorrência (Taxa de Falha) - MIL-STS-882D

Descrição	Level	Item Específico Individual	Frota/Inventário
Frequente	A	Probabilidade de Ocorrência maior que 0,1	Experiência Contínua
Provável	B	Probabilidade de Ocorrência maior que 0,01 e menor que 0,1	Ocorrerá Frequentemente
Ocasional	C	Probabilidade de Ocorrência maior que 0,001 e menor que 0,01	Ocorrerá Muitas Vezes
Remota	D	Probabilidade de Ocorrência maior que 0,001 e menor que 0,000001	Improvável, mas é razoável esperar que ocorra
Improvável	E	Probabilidade de Ocorrência menor que 0,000001	É improvável que ocorra, mas é possível

Fonte: MIL-STS-882D - (Traduzida)

RESULTADOS



Tabela 6: Valores médios do Custo Variável da Revisão Geral dos Motores J-85 Estendidos e Não Estendidos

Motores Custo Variável	Motores Não Estendidos (UM)	Motores Estendidos (UM)
Limite Superior	948,40	1.381,01
Valor Médio	842,52	1.108,33
Limite Inferior	736,64	835,65

RESULTADOS



Tabela 1 - Classificação de Severidade de Falha - MIL-ST5-882D

Descrição	Categoria	Crítérios de Resultado Ambiental, de Segurança e Saúde
Catastrófico	I	Pode resultar em morte ou invalidez total permanente; perda superior a US \$ 1 milhão; danos ambientais irreversíveis ou danos que violam a lei ou regulamento.
Crítico	II	Pode resultar em invalidez parcial permanente; lesões ou doença ocupacional que pode resultar em hospitalização de pelo menos três funcionários; perda superior a \$ 200K, mas inferior a \$ 1M; danos ambientais reversíveis ou violação de lei ou regulamento.
Marginal	III	Pode resultar em ferimentos ou doenças ocupacionais com um ou mais dias de trabalho perdidos; perda superior a \$ 10K, mas inferior a \$ 200K; dano ambiental mitigável e não há violação da lei ou regulamento.
Negligenciável	IV	Pode resultar em ferimentos ou doenças, sem perda dia de trabalho; perda superior a \$ 2K mas inferior a \$ 10K; dano ambiental mínimo que não viole a lei ou regulamento.

Fonte: MIL-ST5-882D – (Traduzida)

RESULTADOS



Tabela 3 – Classificação de Severidade versus Taxa de Falha - MIL-STS-882D

SEVERIDADE PROBABILIDADE	Catastrófico	Crítico	Marginal	Negligenciável
Frequente	1	3	7	13
Provável	2	5	9	16
Ocasional	4	6	11	18
Remota	8	10	14	19
Improvável	12	15	17	20

Fonte: MIL-STS-882D - (Traduzida)

RESULTADOS



Tabela 4 – Mapa de Risco - MIL-STS-882D

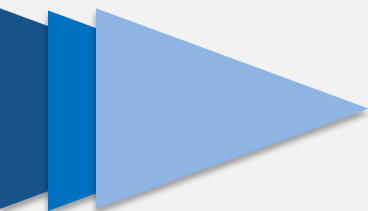
Avaliação do Risco de Falha	Categoria do Risco de Falha	Nível de Aceitação do Risco de Falha
1 - 5	Alto	Presidente
6 - 9	Sério	Executivo
10 - 17	Médio	Gerencial
18 - 20	Baixo	Subgerencial

Fonte: MIL-STS-882D - (Traduzida)

ROTEIRO



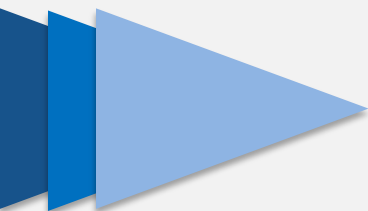
- Contextualização
- Análise de Confiabilidade
- Análise de Custo
- Análise de Risco
- Hipóteses
- Resultados
- **Conclusão**



CONCLUSÃO



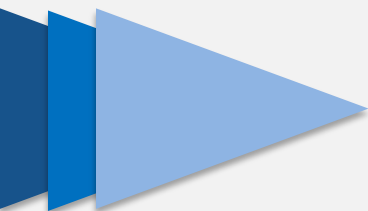
- Com base nos critérios estabelecidos neste Trabalho, foi demonstrado no que o **risco para estender a Revisão Geral dos Motores J-85 é Médio**, considerando a **Probabilidade de Ocorrência “Ocasional”** (Taxa de Falha entre 0,001 e 0,1) e **Severidade “Marginal”** (impacto financeiro entre \$10K e \$200K).
- Com base neste estudo, é possível concluir que as extensões de Revisão Geral podem ter impacto econômico na Revisão Geral, mas são necessários mais estudos e mais dados para validar este resultado.
- Este Trabalho foi realizado com o intuito de fomentar a análise do impacto econômico que as extensões de Revisão Geral podem ter nas aeronaves, seus motores e componentes.



ROTEIRO



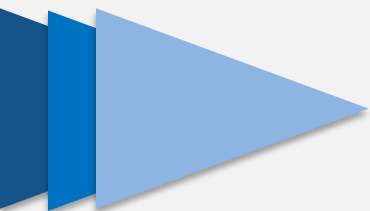
- **Contextualização**
- **Análise de Confiabilidade**
- **Análise de Custo**
- **Análise de Risco**
- **Hipóteses**
- **Resultados**
- **Conclusão**



OBJETIVO



Apresentar o TCC do CESLOG 2019/2020 referente a Análise o Risco e do Impacto Econômico das Extensões de Revisão Geral dos Motores J-85 que Equipam as Aeronaves F-5.





*Em seu coração o homem planeja o seu caminho,
mas o SENHOR determina os seus passos.*

Provérbios 16:9 - Bíblia Sagrada.

