ANÁLISE DA PERIODICIDADE DA LAVAGEM DO COMPRESSOR DA AERONAVE HAWKER 800 XP

Pedro Henrique Nascimento Madeira

Engenheiro Mecânico (UNISUAM), Rio de Janeiro-RJ
pedrohnmadeira@gmail.com

Ricardo da Cunha Pereira

Engenheiro Mecânico (UNISUAM), Rio de Janeiro-RJ
ricardo.dacunhapereira@gmail.com

Leonardo da Silva Barbosa

Engenheiro Mecânico (UNISUAM), Rio de Janeiro-RJ
eng.leonardosb@gmail.com

Flavio Maldonado Bentes

Doutor em Engenharia Mecânica (UFRJ), Rio de Janeiro-RJ
flavio.bentes@gmail.com

RESUMO

O presente artigo aborda, dentre outros aspectos, a relevância de um planejamento de manutenção, com ênfase na aeronave HAWKER 800 XP, implementando boas práticas, com redução de gastos e aumento do desempenho de equipamentos e segurança de seus operadores. Fazendo uma análise sobre redução de gastos e aumento de produtividade dentro da aviação, a lavagem de compressor gera um aumento na vida útil dos motores, por reduzir o consumo excessivo de combustível devido ao aumento indesejado na sua temperatura nominal de funcionamento. Os resultados obtidos explicitam a possibilidade de um cenário que tenta mitigar tais custos e, ao mesmo tempo, elevar os investimentos na segurança, além de entender a periodicidade de sua implementação. Sendo assim, alguns dados foram levantados para se calcular até que ponto é relevante realizar a lavagem dos compressores, objetivando manter e incrementar a vida útil dos motores de aeronaves, sem comprometimento de sua funcionalidade.

Palavras-chave: Aumento de desempenho, Economia de combustível, Lavagem de compressor, Motores de Aeronaves.

ANALYSIS OF THE WASH PERIODICITY OF THE HAWKER 800 XP AIRCRAFT COMPRESSOR

ABSTRACT

This article addresses, among other aspects, the relevance of maintenance planning, with emphasis on the HAWKER 800 XP aircraft, implementing best practices, reducing costs and increasing the performance of equipment and safety of its operators. Making an analysis on cost reduction and productivity increase within aviation, the compressor washing generates an increase in the useful life of the engines, by reducing the excessive consumption of fuel due to the unwanted increase in its nominal operating temperature. The results obtained show the possibility of a scenario that tries to mitigate such costs and, at the same time, increase investments in security, in addition to understanding the frequency of its implementation. Thus, some data were collected to calculate the extent to which it is relevant to wash the compressors, aiming to maintain and increase the useful life of aircraft engines, without compromising their functionality.

Keywords: Performance Boost, Fuel Economy, Compressor Wash, Aircraft Engines.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo, dentre outros aspectos, apresenta a relevância de um planejamento de manutenção com diagonais de inspeção, bem como sua vital importância para o desempenho de uma aeronave. Esta prática reduz gastos e eleva os índices de desempenho de qualquer equipamento e de forma direta ela está inteiramente ligada à segurança tanto de operação do equipamento como dos operadores.

A conservação e pequenos reparos realizados em ferramentas de trabalho, são constatadas desde que nós humanos, começamos a utilizar instrumentos de produção. Pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, a terminologia da manutenção é estabelecida como a junção das ações técnicas e administrativas, abrangendo as supervisões, que são destinadas a preservar ou reparar um item em estado no qual possibilite executar uma função requerida. (NBR 5462/1994)

A necessidade da redução de gastos, concomitante com o aumento da produtividade da aeronave Hawker 800 XP, a utilização da prática de lavagem dos compressores, gera uma extensão na vida útil dos motores, pois contribuem para a diminuição de temperatura dentro das turbinas consomem menos combustível. Tornando-se possível determinar quanto aumenta em porcentagem a economia de combustível antes e após este procedimento de manutenção programada.

Este estudo procura determinar na hipótese dos resultados de uma lavagem de compressor realizadas no motor TFE-731-5BH-1BR, possam sofrer mudanças na efetividade do equipamento com o passar dos anos. Levando em consideração as horas de operação dos motores de uma aeronave que são extremamente elevadas e compreendendo a realidade de que todo e qualquer dispositivo sofre interferências devido ao seu desgaste natural. Dispositivos que funcionam transmitindo movimento e conseqüentemente geram trabalho, estão sujeitos às diversas influências do meio no qual estão inseridos como tensões, atritos, corrosão e mudanças nas condições ambientais que operam.

O design de um motor aeronáutico faz com que parte de seus componentes internos que estão diretamente ligados ao seu funcionamento fiquem sempre expostos às adversidades ambientais como a umidade, ar de impacto e raios solares o que faz com que estas superfícies estejam propícias a formação de corrosão.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Funcionamento

As máquinas movidas a vapor e as máquinas que são movidas a gás possuem características de funcionamento muito semelhantes, com isso vale descrever algumas de suas particularidades. Haja vista que ambas saíram do mesmo experimento criado por Heron de Alexandria no início do século I, este experimento tinha o nome de Eolípia, do grego *Æolipile*, uma máquina que tinha uma esfera oca ligada a dois dutos, onde logo abaixo, uma bacia com água fervendo começava a gerar vapor e fazia com que a passagem deste vapor pela esfera, a fizesse rotacionar (BENTLEY, 2007).

Turbinas movidas a vapor, chamadas máquinas de combustão externa, queimam o combustível fora da câmara ou duto no qual escoará o fluido de trabalho. Fluido este que irá comprimir, ou movimentar o elemento que transfere o trabalho para um eixo que esteja conectado a algum dispositivo (BOLES e ÇENGEL, 2013).

2.1.1 Funcionamento de uma turbina a gás

Uma turbina a gás é definida como sendo uma máquina térmica, onde sua energia potencial termodinâmica contida nos gases quentes provenientes da combustão é aproveitada e convertida em trabalho mecânico (BOLES e ÇENGEL, 2013). As turbinas admitem o ar ambiente, ar este que entra no compressor e sofre um aumento de pressão e consequentemente aumento de temperatura. Cada estágio do compressor é formado por uma fileira de palhetas rotativas (rotores) que movimentam a massa de ar, fornecendo energia cinética que, ao encontrar as palhetas estáticas (estatoras), converte a energia cinética em aumento de pressão (MATTINGLY, 2005).

Ainda conforme Mattingly (2005) o ar pressurizado e aquecido segue para a câmara de combustão onde será injetado combustível, podendo ser combustível líquido ou gasoso. Essa passagem dos gases quentes gera forças que, aplicadas às pás da turbina, determinam um momento motor resultante, que faz girar o rotor. As turbinas a gás apresentam uma vantagem significativa quando comparadas aos motores convencionais; nelas há ausência de atritos entre superfícies sólidas (pistão e camisa do cilindro para motores de combustão interna). Isso significa que há uma mínima margem de problemas com balanceamento e gasto excessivo com óleo lubrificante, uma vez que, ele não entra em contato com as partes quentes do motor nem com os produtos de combustão (MARTINELLI JR, 2002).

2.1.2 Ciclo Termodinâmico Brayton

Após décadas, com o avanço da tecnologia esses motores saíram da concepção de funcionamento do ciclo Otto e começaram a utilizar um novo ciclo, o ciclo Brayton (BOLES e ÇENGEL, 2013), proposto por George Brayton em 1870, este ciclo termodinâmico é usado como modelo para descrever o funcionamento de uma turbina a gás, comumente empregadas na propulsão de embarcações, locomotivas e aeronaves.

Para (ANDERSON JR, 2012) a compressão que ocorre no início do ciclo é caracterizada como em regime isentrópico, onde na entrada a massa de ar admitida é desacelerada com acréscimo de pressão e temperatura devido a rotação das palhetas fornecerem um trabalho nesta massa de ar. A desaceleração causada nesta etapa ocorre, pois, a construção do difusor, que em detrimento da velocidade, aumenta a pressão.

Após passar pelos compressores, o ar admitido à pressão constante é injetado na câmara de combustão onde será misturado com o combustível e queimado à mesma pressão constante. Esta mistura ar combustível que agora vai sofrer a expansão isentrópica na área da turbina, faz com que ela extraia o trabalho gerado pelo gás que se forma neste estágio e seja transferido para um eixo que está conectado aos compressores. Por fim, na exaustão o gás após a queima passa pelo bocal para aumentar a sua velocidade e consequentemente o impulso, para assim ser descarregado na atmosfera (ANDERSON JR, 2012).

Ou seja, os gases são expandidos na turbina até uma pressão tal que o trabalho dela é exatamente igual ao trabalho consumido no compressor. Desta forma, a pressão de saída da turbina vai para o bocal com velocidade alta, pois o deslocamento de ar vindo do compressor gera uma variação na quantidade de movimento resultando no empuxo no qual o motor do avião necessita (WYLEN, SONNTAG e BORGNACKKE, 2009).

2.2 Aplicações

Um motor turbo-fan é a união do princípio de funcionamento de motores convencionais que têm alto rendimento e os turbo jatos que têm muita potência. Essa modalidade de motor, utiliza turbinas para extrair potência mecânica dos gases; onde a força é usada para acelerar uma maior massa de ar que aumenta a eficiência em baixa velocidade. Essa massa de ar é acelerada passando por vários estágios de compressão, e por isso ele é dividido: uma parte vai diretamente para o motor onde será comprimido e queimado e a outra vai por fora do motor (by-pass) indo em direção ao

bocal (RAYMER, 1992).

Figura 1 - Motor turbofan TFE 731-5BR-1H

Fonte: (FLIGHTSAFETY INTERNATIONAL INC., 1999)

Sendo assim, o funcionamento desse motor, diferentemente do turbo jato, a turbina não impulsiona apenas o compressor, mas também o *fan* que fica logo na entrada do núcleo.

2.2.1 Estágios de Compressão de um motor turbofan

De acordo com (MATTINGLY, 2005), a função do compressor é elevar a pressão do ar que está sendo admitido para que assim a extração de força após o processo de combustão seja aproveitada com maior eficiência. Esta elevação de pressão terá como consequência uma diminuição no volume do ar, sendo assim a queima do ar/combustível ocorre com um volume menor, inclusive. Entretanto, como o nome já sugere, os compressores axiais que ficam na entrada fazem com que o ar flua na direção axial do motor, passando através das várias palhetas rotativas do rotor e pelas estatoras fixas. O compressor centrífugo que fica exatamente entre os compressores de baixa e as turbinas de alta pressão, serve como um direcionador do ar admitido para a câmara de combustão, exercendo a função de impelidor aumentando a sua velocidade (MATTINGLY, 2005).

2.2.2 Câmara de combustão

A câmara de combustão, é feita para receber e queimar a mistura do ar/combustível para assim levar essa queima resultante dos gases até a turbina à temperatura constante. Com base nessa informação, é de suma importância que esta temperatura não exceda os limites de temperatura no qual o material da turbina estará exposto (MATTINGLY, 2005). Estima-se que menos da metade de todo volume de ar admitido vai para a câmara de combustão, mistura-se com ar e queima. A maior parte desse ar admitido tem grande utilidade para todo o projeto de uma aeronave. Pode ser aquecido e usado como fluido no combate ao gelo, pode ser usado no sistema de refrigeração interna, bem como resfriar as superfícies que estão em contato com as regiões mais quentes do motor e por fim serve também como um isolador acústico no caso de motores que têm by-pass como é o caso do motor em questão, modelo TFE 731 da Honeywell (MATTINGLY, 2005).

2.3 Lavagem de compressor

Este é o principal assunto deste artigo, pois trata de um procedimento na manutenção aeronáutica onde se remove óleo, sujeira, sal entre outros materiais estranhos que possam estar grudados no fan e nas paletas do compressor que causam perda de desempenho no motor e principalmente danos por conta da corrosão. Além disso, a lavagem de compressor é feita visando recuperar o desempenho dos motores, que fica comprometido devido ao excesso de partículas grudadas no compressor e atuar na prevenção da corrosão, que pode gerar gastos desnecessários com reparos e até acidentes fatais.

De acordo com (GENTIL, 1996) a corrosão é definida como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos. Essa deterioração causada pela interação físico-química entre o material e o seu meio operacional representa alterações prejudiciais indesejáveis, sofridas pelo material, tais como desgastes, variações químicas ou modificações estruturais, tornando-o inadequado para uso.

De forma geral a corrosão é um processo espontâneo, que constantemente ataca os materiais metálicos de modo que sua durabilidade e desempenho deixem de satisfazer os fins a que se destinam. No seu todo, esse fenômeno assume uma importância transcendental na vida moderna, que não pode prescindir dos metais e suas ligas (GENTIL, 1996).

Lavagens dos compressores são procedimentos rotineiros para aqueles que trabalham com turbinas a gás. Pois segundo (BOLES e ÇENGEL, 2013) a eficiência térmica é a fração do calor

fornecido convertido em trabalho líquido, sendo essa a medida de desempenho de uma máquina térmica. A lavagem de compressor é dividida em dois tipos, uma química para recuperação do desempenho (eficiência térmica) e uma feita com água potável ou desmineralizada que visa a remoção de depósitos e prevenção da corrosão. A lavagem com água é feita frequentemente pois as aeronaves geralmente estão sujeitas às atmosferas com alto índice de salinidade, poeira ou resíduos de áreas industriais (ALENCAR e DIAS, 2003).

Seguindo o manual da aeronave (HONEYWELL INTERNATIONAL INC., 1991), durante a lavagem é importante que a aeronave fique posicionada contra o vento predominante no local, para receber o jato de água da lavagem, e que se abram as naceles inferiores e superiores que cobrem o motor para escoar a água e evitar que ela se acumule nas naceles. Ainda conforme Alencar e Dias (2003), após aberto os acessos do motor é que se começa a isolar as seções críticas do motor para que se evite danos aos componentes internos. Como bloquear os pontos de sangria de ar (*Bleed Air*) de alta e baixa pressão, desconecta-se o tubo de controle de temperatura deixando aberto para escoar água para a atmosfera e se instala a coifa de proteção do starter e do gerador. Esta coifa é que protege o starter gerador do contato com a água, visto que ele funcionará durante a lavagem.

Importante também desconectar a linha de pressão de P3, ela dosa a mistura de ar e combustível nos motores através de uma unidade eletrônica chamada de DEEC (*Digital Eletronic Engine Computer*). Esta unidade trabalha para um melhor funcionamento do sistema de injeção de combustível e como um governador de sobre velocidade. Sendo assim, caso esta linha de pressão esteja conectada durante a lavagem, água será levada diretamente para a unidade controladora de combustível, conhecida com FCU (*Fuel Control Unit*).

2.3.1 Preparação para a lavagem do compressor

A contaminação por depósitos não só afeta a eficiência térmica que está relacionada ao desempenho dos motores como também traz danos às palhetas do compressor, podendo acarretar uma falha (ESCOBAR, 2007). Compressor *cleaners* são produtos não corrosivos e não inflamáveis quando misturados com água, isto é, respeitando as orientações do fabricante de se usar o máximo de 5 (cinco) litros do produto por motor. O volume deverá atender a proporção de 10:1 devendo ser 1 (uma) parte do produto B&B 3100 para cada 10 de água potável (ALENCAR e DIAS, 2003). O manual da Honeywell (1991) prevê o uso de cinco litros de solução B&B 3100 para lavar um motor e dez litros para se lavar dois motores. O agente químico é despejado no reservatório de forma que preencha 20% do volume e deverá ser abastecido com água até 80% de sua capacidade total.

Conforme o manual da aeronave (HONEYWELL INTERNATIONAL INC., 1991), é previsto certificar-se de que todos os bloqueios e proteções foram instalados, confirmar se a manete de potência está na posição de corte (*cut off*) não injetando combustível no motor durante a lavagem e se o sistema de ignição da câmara de combustão está com os disjuntores puxados, não havendo centelhas pelas velas.

A partir de então se inicia o jateamento do produto de limpeza nos motores em funcionamento usando apenas acionamento elétrico provido pelo starter/gerador, de forma que o produto seja centrifugado por toda superfície interna dos compressores e possa alcançar a maior área possível. Nesta etapa, vale ressaltar que se deve isolar o sensor Pt2-Tt2, que fica na parte frontal do FAN para medir a temperatura e pressão do ar de entrada, evitando contato direto com o jato de água ou produto químico de limpeza (ALENCAR e DIAS, 2003). O produto precisa reagir nas palhetas do compressor por aproximadamente 30 minutos, para que seja possível a reação química quebrar toda a formação corrosiva que fora formada e se desprenda assim que se iniciar o jateamento só com água, para que ela saia junto com o excesso de produto que foi espalhado (HONEYWELL INTERNATIONAL INC., 1991).

Após esta primeira etapa de retirada do excesso de produto químico que estava no motor, se faz necessário mais um giro no motor com acionamento pelo starter, para enxaguar as palhetas com mais um reservatório cheio de água, certificando-se que todas as palhetas dos rotores foram enxaguadas, para que não haja o risco da permanência de resíduos químicos dentro dos motores.

Por fim, feita a lavagem do compressor, é necessário fazer a secagem das partes internas com o giro completo do motor, usando o funcionamento efetivo através da partida dos dois motores na posição de *idle*. Antes de se dar a partida nos motores, é imprescindível que todos os bloqueios e proteções tenham sido retirados e para se conectar a tubulação de P3, é preciso dar um jato com o ar comprimido dentro da tubulação para retirar resíduo de água que tenha ficado durante a lavagem; voltam-se os disjuntores para a posição original para se ter acionamento elétrico das velas ignitoras e levar as manetes *HP cock* para a posição de partida dos motores, injetando combustível e assim os motores devem funcionar por 10 minutos para secagem completa (HONEYWELL INTERNATIONAL INC., 1991).

Para ser possível determinar se uma lavagem foi efetiva ou não, existe a necessidade de se fazer uma coleta de dados dos parâmetros que serão fornecidos pela aeronave. Para isto, foi feita a coleta dos dados durante um giro do motor antes da lavagem como se vê na Tabela 1; esses valores são indicados nos instrumentos de N1, N2, T5 e *Fuel Flow*. Após ter anotado esses dados é que se iniciam os procedimentos de lavagem, que tornará possível fazer a comparação com os parâmetros

pós lavagem no final da Tabela 1 para verificar se houve uma melhora da performance.

Tabela 1 - Primeira lavagem programada 6053

PERFORMANCE ANTES DA LAVAGEM		
DATA	16/01/2020	
MODELO DO MOTOR	TFE731-5BR-1H	
AERONAVE	ANV 6053	
TEMPERATURA	26°	
PRESSÃO BAROMÉTRICA	1020	
PARÂMETROS DOS MOTORES	MOTOR 1	MOTOR 2
N1 (%)	97,4	96,1
N2 (%)	99,0	98,5
T5 (°C)	907	895
FUEL FLOW (lbs/hr)	1920	1890
PERFORMANCE DEPOIS DA LAVAGEM		
DATA	16/01/2020	
MODELO DO MOTOR	TFE731-5BR-1H	
AERONAVE	ANV 6053	
TEMPERATURA	28°	
PRESSÃO BAROMÉTRICA	1020	
PARÂMETROS DOS MOTORES	MOTOR 1	MOTOR 2
N1 (%)	96,4	95,2
N2 (%)	98,1	97,5
T5 (°C)	897	879
FUEL FLOW (lbs/hr)	1891	1862

Fonte: (Autor)

Como se vê nas tabelas acima, antes da primeira lavagem de compressor da aeronave 6053 feita no dia 16 de janeiro de 2020, os valores de performance correspondentes às rotações, temperatura e fluxo de combustível estavam mais altos que os valores fornecidos pelo computador da aeronave após esta lavagem. De acordo com a *FlightSafety International Inc.* (1999) a performance nesse caso é do quanto de eficiência o motor da aeronave ganha após esse procedimento, ou seja, quanto que a rotação dos motores diminui em relação ao máximo para N1 que é de 100% e para N2 de 100,5% que é a faixa de operação segura em se tratando da rotação dos rotores.

Não só é detectada a diminuição dos parâmetros de rotação como também os de temperatura e fluxo de combustível. De acordo com o manual da aeronave, na parte que fala a respeito das limitações, valores de T5 tem um limite máximo entre 978 a 996°C e um fluxo de combustível médio de 1795 lb/h. Todas essas lavagens foram feitas em dias diferentes, seguindo o

cronograma de a cada quinze dias cumprir esta inspeção programada. E nas tabelas é possível notar que elas geralmente são feitas em condições climáticas ideais, o mais aconselhável foi fazê-las durante a manhã com temperaturas mais baixas em torno de 23 a 28°C, para se ter a menor influência possível do meio externo, considerando as altas temperaturas que os pátios de aeronaves atingem.

Tabela 2 - Quinta lavagem programada 6053

PERFORMANCE ANTES DA LAVAGEM		
DATA	05/04/2020	
MODELO DO MOTOR	TFE731-5BR-1H	
AERONAVE	ANV 6053	
TEMPERATURA	22°	
PRESSÃO BAROMÉTRICA	1020	
PARÂMETROS DOS MOTORES	MOTOR 1	MOTOR 2
N1 (%)	96,1	97,0
N2 (%)	99,5	99,7
T5 (°C)	890	910
FUEL FLOW (lbs/hr)	1770	1800
PERFORMANCE DEPOIS DA LAVAGEM		
DATA	05/04/2020	
MODELO DO MOTOR	TFE731-5BR-1H	
AERONAVE	ANV 6053	
TEMPERATURA	24°	
PRESSÃO BAROMÉTRICA	1020	
PARÂMETROS DOS MOTORES	MOTOR 1	MOTOR 2
N1 (%)	94,7	95,8
N2 (%)	98,3	97,8
T5 (°C)	878	899
FUEL FLOW (lbs/hr)	1749	1778

Fonte: (Autor)

À medida que se faz cada vez mais lavagens, é notório que existe uma diminuição na maioria dos parâmetros fornecidos pelos instrumentos da aeronave. A Tabela 1 mostra as rotações, temperatura entre as turbinas e fluxo de combustível injetado com valores maiores do que nas outras tabelas, pois naquele primeiro momento ainda não foi realizada a lavagem. À medida que são feitas mais lavagens se nota uma diminuição gradual de todos esses parâmetros, como consta na Tabela 2 provando que de fato, após a quinta lavagem existe de fato esta diminuição, sendo assim se prova que é de fundamental importância manter em dia esta inspeção. Pois ela tanto aumenta a eficiência como também economiza o combustível gasto durante os voos, que em sua

grande maioria tem deslocamentos longos.

Ocasionalmente não será possível realizar a lavagem em algumas das datas preestabelecidas, os quinze dias determinados pelo fabricante podem servir como uma média de forma que a inspeção ocorra sempre dentro de um período aceitável considerando as condições ambientais que as aeronaves estão expostas. Ou seja, é possível que se trabalhe com uma flexibilidade nessas lavagens pois a variação dos parâmetros fica na ordem de 0,8 até 1,2%, sendo assim, eles não ultrapassam as limitações que poderiam interferir na segurança.

Tabela 3 - Limitações de RPM & ITT

	% RPM		MAX ITT °C	TIME LIMIT
	N1	N2		
TAKE OFF	100	100	978	5 MINS
			1006	5 SECS
			1016	2 SECS
APR TAKE OFF	100	100,8	996	5 MINS
			1006	5 SECS
			1016	2 SECS
MAX CONTINUOUS	100	100	968	UNRESTRICT
OVER SPEEDS	103	103	-	5 SECS
START & RELIGHTS	-	-	978	UNRESTRICT
			996	10 SECS
			Over 996	5 SECS

Fonte: (FLIGHTSAFETY INTERNATIONAL INC., 1999)

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Alencar e Dias (2003) afirmam que programas de lavagem de compressor variam de acordo com o tipo de operação e ambiente no qual os motores estão sujeitos, então cada operador deve desenvolver um cronograma de lavagem de compressor de acordo com a sua necessidade. A preocupação de se fazer a lavagem só com água com uma frequência maior, almeja manter os motores livres da influência das atmosferas corrosivas. Já a lavagem feita com agente químico livra também os motores da corrosão, bem como aumenta o rendimento deles, consequentemente ganhando na eficiência térmica e diminuindo o consumo de combustível. Pois de acordo com Escobar (2007) uma lavagem pode restaurar a eficiência térmica do motor em 1 até 4%, isto é,

diminui o consumo de combustível que também resulta em uma menor EGT (*Exhaust Gas Temperature*).

Tendo em vista que esta prática é extremamente importante para se prolongar a vida útil dos motores, bem como manter as condições de segurança em dia, se faz extremamente necessário que haja um cronograma de lavagem de compressor, de acordo com as especificações que cada fabricante determina. O calendário (em anexo) mostra o cronograma realizado para o primeiro quadrimestre do ano de 2020 para o GEIV (Grupo Especial de Inspeção em Voo), onde é possível notar que em alguns dias não foi possível realizar a lavagem, esses dias estão destacados em vermelho, o que caracteriza uma lavagem que fora antecipada ou adiada devido às questões operacionais.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, J. P. D.; DIAS, J. W. S. **Lavagem dos Compressores dos Motores TFE731-2/-3/-5 da FAB**. Recife: Comando da Aeronáutica - Parque de Material Aeronáutico de Recife, 2003.

ANDERSON JR, J. D. **Aircraft Performance and Design**. 5ª. ed. Nova Delhi: Tata McGraw-Hill, 2012. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6021**: informação e documentação: artigo em publicação periódica científica impressa: apresentação. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

BENTLEY, J. R. The Eolipile - A Replica of the World's First Rotating Steam Engine. **Model Engines Info.**, 2007. Disponível em: <<http://modelengines.info/aeolipile/>>. Acesso em: 23 de março de 2020.

BOLES, M. A.; ÇENGEL, Y. A. **Termodinâmica**. 7. ed. Porto Alegre: McGraw Hill, 2013.

FLIGHTSAFETY INTERNATIONAL INC. **Hawker 800 Maintenance Training Manual**. Nova York: [s.n.], v. 1, 1999.

GENTIL, V. **Corrosão**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 1996.

HONEYWELL INTERNATIONAL INC. **Turbo Fan Engine - Light Maintenance Manual**. Phoenix: [s.n.], v. 1, 1991.

LISPECTOR, C. **A hora da estrela**. Rio de Janeiro: Rocco, 1998. Disponível em: <<http://www.guroo.com.br/wp-content/uploads/2014/02/LIVRO-A-Hora-da-Estrela-Clarice-Lispector.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2015.

MARTINELLI JR, L. C. **Máquinas Térmicas II**. Panambi: [s.n.], 2002.

- MATTINGLY, J. D. **Elements of Gas Turbine Propulsion**. 6ª. ed. Nova Delhi: Tata McGraw Hill, 2005.
- RAYMER, D. P. **Aircraft Design: A Conceptual Approach**. 2ª. ed. California: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 1992.
- WYLEN, G. V.; SONNTAG, R.; BORGNAKKE, C. **Fundamentos da Termodinâmica Clássica**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2009.

**ANEXO - Cronograma realizado para o primeiro quadrimestre do ano de 2020 para o GEIV
(Grupo Especial de Inspeção em Voo)**

JANEIRO 2020

S	T	Q	Q	S	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30	31	1	2

FEVEREIRO 2020

S	T	Q	Q	S	S	D
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	1	2

MARÇO 2020

S	T	Q	Q	S	S	D
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31	1	2	3	4	5	6

ABRIL 2020

S	T	Q	Q	S	S	D
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	24	25	26
27	28	29	30	31		