



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
LEONARDO SOARES DUQUE

USO DE DIRIGÍVEIS PARA INSPEÇÃO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO

Palhoça

2018

LEONARDO SOARES DUQUE

USO DE DIRIGÍVEIS PARA INSPEÇÃO EM LINHAS DE
TRANSMISSÃO

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Ciências Aeronáuticas, da Universidade do Sul de Santa Catarina, como requisito parcial para elaboração da monografia.

Orientador: Prof. Orlando Flavio Silva, Esp.

Palhoça
2018

LEONARDO SOARES DUQUE

USO DE DIRIGÍVEIS PARA INSPEÇÃO EM LINHAS DE
TRANSMISSÃO

Esta monografia foi julgada adequada à obtenção do título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas e aprovada em sua forma final pelo Curso de Ciências Aeronáuticas da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, 23 de novembro de 2018.

Orientador: Prof. Orlando Flavio Silva, Esp.

Prof. Marcos Fernando Severo de Oliveira, Esp.

Dedico esse trabalho a minha família por todo suporte que me deram nesses momentos desafiadores, aos meus superiores imediatos por permitirem que eu dividisse meu tempo entre meu trabalho e minha pesquisa, à Airship do Brasil por abrir as portas da fábrica e explicar detalhadamente todo processo de fabricação de uma aeronave mais leve que o ar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar o sopro da vida; agradeço meus pais por me apoiarem em todas as fases da minha vida; a minha esposa, por viver ao meu lado sabendo dividir o amor que sinto por ela e pela aviação; aos meus irmãos Giancarlo e Cássia por vibrarem junto comigo, a conquista de cada degrau na minha carreira aeronáutica. a Eletrobras Furnas por compartilhar os conhecimentos sobre o método de inspeção de linhas de transmissão utilizando helicópteros; a Airship do Brasil por receber-me de braços abertos e mostrar-me todo o processo de fabricação de uma aeronave mais leve que o ar; ao meu orientador professor Orlando Flávio Silva por todas as instruções e por ter se apaixonado (tanto quanto eu) pelo tema deste trabalho e por ter me auxiliado em todas as fases dessa caminhada acadêmica.

As coisas são mais belas quando vistas de cima. O homem há de voar. Eu naveguei pelo ar. (SANTOS-DUMONT, Alberto)

RESUMO

Furnas possui uma malha de linha de transmissão de energia elétrica de mais de 20.000 km de extensão e é responsável por 40% de toda energia que é consumida pelo País. Para manter a disponibilidade dessa energia nos padrões estipulados pela ANEEL, Furnas adota padrões de inspeção destas linhas de transmissão tanto terrestre quanto aérea para que as manutenções preventivas e corretivas sejam feitas em períodos de 12 meses. Essas inspeções aéreas são realizadas por helicópteros alugados por meio de licitação de acordo com a Lei 8.666/93. Toda essa extensão de linhas de transmissão está dividida em dez partes. O autor escolheu apenas uma área dessas dez partes para realizar o trabalho aqui apresentado. O dirigível apresentado nesse trabalho foi do tipo não rígido, com uma gôndola onde a tripulação se acomoda e com um envelope inflado com gás hélio e dois balonetes internos que distribuem o peso e balanceamento do equipamento. O modelo estudado foi o 138S da Airship do Brasil.

Palavras chave: Dirigível. Inspeção. Linhas de Transmissão

ABSTRACT

Furnas has a mesh of electric energy line transmission of more than 20.000 km of extension and is responsible for 40 % of all energy that is consumed by the Country. To maintain the availability of this energy in the standards stipulated by ANEEL, Furnas adopts standards of inspection of these lines transmission so much land how much air so that the preventive and corrective maintenances are done in periods of 12 months. These air inspections are carried out by helicopters rented through auction in accordance with the Law 8.666/93. All this extension of lines transmission is divided in ten parts. The author chose only an area of these ten parts to carry out the study here presented. The airship presented in this work was a type not rigidly, with a rack where the crew is accommodated and with an envelope inflated with gas hélio and two internal ballonets that distribute the weight and balance of the equipment. The model studied was Airship of Brazil type 138S.

Keywords: Airship. Inspection. Transmission lines

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Dirigível rígido.....	21
Figura 2 – Dirigível não rígido.....	22
Figura 3 – Dirigível semi-rígido.....	22
Figura 4 – Dirigível ADB 3-3.....	23
Figura 5 – Sistema Furnas de transmissão.....	25
Figura 6 - Isolador de porcelana com sinais de descarga.....	26
Figura 7 – Cadeia com várias unidades quebradas (provável vandalismo).....	26
Figura 8 - Erro de instalação da armadura pré-formada (descentralizada).....	27
Figura 9 – Tento rompido.....	27
Figura 10 - Amortecedor Stockbridge com fadiga nos cabos mensageiros.....	27
Figura 11 - Amortecedor deslocado e cabo pára-raios com tento partido em LT 750kV.....	27
Figura 12 - Espaçador deslocado com danos ao condutor.....	28
Figura 13 - Garra aberta devido à quebra do parafuso com defeito de fabricação (liga fora de especificação).....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela1 – Distâncias de Segurança em metros.....	25
--	----

LISTA DE SIGLAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ADB	Airship do Brasil S/A
CRM	<i>Crew Resource Management</i> ou Gerenciamento de Recurso de tripulação
Km	Quilometro
kV	kiloVOLTS
LT	Linhas de Transmissão de energia elétrica
OPGW	<i>Optical Ground Wire</i> ou Cabo óptico de terra

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMA DA PESQUISA	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivos Específicos	13
1.3 JUSTIFICATIVA	14
1.4 METODOLOGIA	14
2 O INÍCIO DOS DIRIGÍVEIS	15
2.1 DIAS ATUAIS	18
2.2 TIPOS DE DIRIGÍVEIS	20
2.3 A INSPEÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO (LT)	23
2.3.1 A INSPEÇÃO TERRESTRE DE LT	23
2.3.2 A INSPEÇÃO AÉREA DE LT	25
2.3.3 A UTILIZAÇÃO DO DIRIGÍVEL NA INSPEÇÃO DE LT	27
2.4 O CUSTO DAS OPERAÇÕES AÉREAS	28
3 CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

As linhas de transmissão de energia elétrica de Furnas Centrais Elétricas S/A alimentam 63% dos domicílios brasileiros e 40% das indústrias do país. Esse processo de manutenção e inspeção dessas linhas de transmissão, hoje, é realizado com o uso de helicópteros alugados, viaturas com tração 4x4 ou motocicletas, esses dois últimos veículos, de propriedade de Furnas. O custo dessas operações de manutenção e inspeção de linhas de transmissão é muito elevado e a interrupção desse serviço causa à empresa altíssimas multas pela agência reguladora de energia elétrica (ANEEL).

O uso de aeronaves dirigíveis no emprego de inspeção de linhas de transmissão criará uma nova metodologia de trabalho, mais eficaz, mais seguro, mais barato e gerando uma maior confiabilidade no sistema de transmissão de energia elétrica de Furnas e que poderia ser empregada nas demais empresas do grupo Eletrobras.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Como melhorar a qualidade e os custos operacionais de inspeção de linhas de transmissão de energia elétrica de Furnas utilizando aeronaves dirigíveis?

Como aumentar a segurança e o período diário de inspeção de linhas de transmissão de energia elétrica de Furnas utilizando aeronaves dirigíveis?

Comparar a operação atual com helicópteros e com o uso de dirigíveis utilizando a “Instrução padrão de manutenção – Módulo 1403.ZZZ.00/01 – Rev.4 – Inspeção aérea de linhas de transmissão utilizando helicóptero” e a “Instrução técnica – módulo 1403.ZZZ.00/01 – Rev.0 – sinalização de estruturas de linhas de transmissão por placas de advertência com vistas à inspeção aérea”.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Verificar a viabilidade técnica e econômica do uso de aeronaves dirigíveis para inspeção de linhas de transmissão de energia elétrica de alta voltagem.

Verificar se é possível reduzir os custos de operação de inspeção e manutenção de linhas de transmissão utilizando aeronaves dirigíveis.

1.2.2 Objetivos Específicos

Comparar as operações aéreas entre helicópteros e dirigíveis na inspeção de linhas de transmissão.

Identificar locais de mastreamento e hangarem dos dirigíveis para otimizar o uso nas inspeções de linhas de transmissão.

Definir o período de operação dos dirigíveis nas inspeções de linhas de transmissão.

Definir o emprego dos dirigíveis em atendimento às emergências em quedas de torres de linhas de transmissão.

1.3 JUSTIFICATIVA

O uso de dirigíveis para inspeção de linhas de transmissão proporcionaria mudanças nos métodos hoje utilizados nas inspeções técnicas de Furnas.

A operação de aeronave de asa rotativa é muito onerosa para a empresa e possui baixa autonomia de combustível, e limitações em peso e capacidade de passageiros, além de não possuir estrutura de captação de imagens.

O uso do dirigível ampliaria o raio de ação da inspeção das linhas de transmissão, além de aumentar o tempo dessas inspeções, podendo voar durante o período entre o nascer e o pôr-do-sol sem necessidade de reabastecimento de combustível, poderia levar a bordo especialistas e equipamentos de captação de imagens com capacidade de *zoom* de até trinta e seis vezes.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia da presente pesquisa será descritiva, com procedimento de campo e com a abordagem qualitativa.

A pesquisa descritiva, conforme Prodanov e Freitas (2013, p.52) afirmam que:

Observa, registra, analisa e ordena dados, sem manipulá-los, isto é, sem interferência do pesquisador. Procura descobrir a frequência com que um fato ocorre, sua natureza, suas características, causa, reações com outros fatos. Assim, para coletar tais dados, utiliza-se de técnicas específicas, dentre as quais se destacam a entrevista, o formulário, o questionamento, o teste e a observação.

O procedimento de estudo de campo, Gil (1999, p57) afirma que:

Procuram muito mais o aprofundamento de uma realidade específica. É basicamente realizada por meio da observação direta das atividades do grupo estudado e de entrevistas com informantes para captar as explicações e interpretações que ocorrem naquela realidade.

Para a abordagem qualitativa, Godoy (1995, p.58) afirma:

[...] é a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, para compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo.

2 O INÍCIO DOS DIRIGÍVEIS

Para falar e entender acerca de aeronaves dirigíveis, é preciso falar de balões tripulados e não tripulados. Bartolomeu de Gusmão (1685-1724), um padre jesuíta luso-brasileiro, foi o criador do primeiro balão da história, utilizando o ar quente para deixá-lo mais rarefeito, portanto mais leve que o ar.

Estudando física, matemática e ciências na Universidade de Coimbra, em 1709 enviou uma petição ao rei D. Pedro V informando que havia descoberto um instrumento que seria capaz de “andar pelo ar da mesma sorte que pela terra e pelo mar”. (HISTÓRIA GERAL DA AERONÁUTICA BRASILEIRA, 1899, p.84)

Foram feitas três apresentações do referido experimento, respectivamente nas datas de 05 e 08 de agosto e de 03 de outubro de 1709. A primeira exibição não teve sucesso, pois a abertura da base onde ficava a chama era pequena e incendiou o protótipo frustrando o público presente e o próprio rei. Na segunda exibição, feita na Casa da Índia, presentes o rei D. Pedro V, a rainha, o Nuncio Apostólico, o cardeal Conti, que viria a ser o Papa Inocêncio XIII (1721-1724), o corpo diplomático e outros membros da Corte foi um sucesso e impressionou a platéia presente, mas por temor de dois serviçais que temiam incendiar o local, foi destruído. Na terceira exibição, o protótipo alçou voo e em seguida caiu.

A linha do tempo avança 60 anos até que os irmãos Joseph e Étienne Montgolfier, franceses, filhos de Pierre Montgolfier, dono de uma fábrica de papel, em Viladon-Les-Annonay, no sul de Lyon, seguiram com os mesmos ideais de Gusmão e foram fundamentais para a concretização do voo do mais leve que o ar.

Joseph fez várias experiências entre 1782 e 1783 para constatar que o calor de 180°C tornava o ar rarefeito e o fazia ocupar duas vezes um espaço do mesmo ar em temperatura ambiente. Partindo dessa descoberta, pensou em como armazenar esse ar rarefeito em uma forma e com material capaz de elevar-se no ar.

Em 05 de junho de 1783, lançam ao ar, na Praça de Viladon-Les-Annonay um balão esférico, feito de tecido e papel, costurado com barbantes, com 36 metros de circunferência, com 622 m³ de ar, e sua base continha um cesto de madeira armada medindo 5m². Voou por 10 minutos, por 2,5 km e pousou suavemente, encantando a todos os presentes.

Este foi o primeiro mais leve que o ar de grandes dimensões, utilizando ar quente que alçou voo com sucesso.

O primeiro mais leve que o ar de grandes dimensões, utilizando o hidrogênio, que alçou voo foi o balão de 4 metros de diâmetro e 300m³ de gás, com seda impermeabilizada e borracha, construído pelo físico francês Jacques Alexandre Cesar Charles e se elevou no ar em 27 de agosto de 1783 em Paris.

Até então os balões, tanto de ar quente quanto de hidrogênio, eram apenas artefatos não tripulados. Mas Étienne Montgolfier, em 19 de setembro de 1783, fez algumas apresentações bem sucedidas com seu balão para a Academia Francesa de Ciências, em Versalles, na presença do rei D. Luis XVI, com uma ovelha e alguns pombos, colocados em uma jaula e amarrados ao cesto.

O voo tripulado, quando foi anunciado, era um temor do rei D. Luis XVI, que temendo um desastre, sugeriu que dois prisioneiros condenados fossem enviados no experimento. Porém, François Pilatre de Rozier, contrariado com a idéia de dois prisioneiros levarem os louros de serem os primeiros da história a tripularem um balão e contando com sua experiência e sua fama de já ter-se elevado duas vezes com balões cativos, iniciou uma campanha junto à Corte com o intuito de convencer o rei sobre a segurança do voo.

Com o suporte da Duquesa de Polignac que tinha acesso fácil ao rei e com a ajuda do Marquês d'Arlandes que para ratificar a segurança do voo, se fez voluntário para realizá-lo junto com Rozier, e convencido o rei D. Luis XVI autorizou o voo.

O primeiro voo de balão tripulado da história ocorreu em 21 de outubro de 1783, e estavam a bordo dele François Rozier e o Marquês d'Arlandes.

O francês Jean-Pierre Blanchard e o americano John Jeffries fizeram a primeira travessia do Canal da Mancha em um balão em 17 de janeiro de 1785. Na tentativa de repetir a façanha neste mesmo ano de 1785, François Rozier faleceu a bordo de seu balão utilizando ar quente e gás.

O balão de ar quente desapareceu por dois séculos, e somente em 1953, ressurgiria das cinzas, desta vez aquecidos por maçaricos alimentados por gás propano. Não por acaso, os balões de ar quente hoje ostentam em sua nomenclatura o nome ROZIER, justa homenagem ao pioneiro neste tipo de transporte de longas distâncias.

A partir do século XVIII, os balões iniciaram seu emprego militar. Durante os anos de 1870 e 1871, durante a guerra franco-prussiana, 60 balões foram utilizados para resgate de franceses, correspondências e pombos-correios. O Ministro do Interior francês, Luis Gambeta, foi o mais ilustre cidadão a ser resgatado e transportado pelo balão "L'Armée Barbes".

Mas, mesmo com tantos novos empregos, civis e militares, o balão ainda não era um meio de transporte eficaz e preciso. Falta-lhe algo que impactava em seus planejamentos de rotas e na sua navegação, que ficava sempre ao sabor da direção do vento. Nesse aspecto, falta-lhe a peça que seria o marco entre o Balão de Voo Livre e o Dirigível: a superfície de comando, o leme de direção.

O uso de balões tripulados tinha suas limitações por que a direção dependia exclusivamente dos ventos para se chegar a algum lugar e foi para superar essas limitações que o magnata francês Henry Deutsch de La Meurthe lançou o desafio com as regras:

O prêmio seria conferido àquele que, pela primeira vez, empregando um balão dirigível ou nave aérea, entre as datas de 1º de maio e 1º de outubro de 1900, 1901, 1902, 1903 e 1904, se elevasse do Parc d'Aérostation do Aeroclub em St Cloud, e, sem tocar o solo e lançando mão exclusivamente de seus próprios recursos a bordo, descrevesse um curva de tal maneira fechada que o eixo da Torre Eiffel ficasse no interior do circuito; e voltasse ao ponto de partida no tempo máximo de meia hora. (HISTÓRIA GERAL DA AERONÁUTICA BRASILEIRA, 1988, p.272).

Sabendo do concurso do de La Meurthe, Com o uso do hidrogênio, Santos Dumont construiu o dirigível nº 6, propulsado por um motor à gasolina e fez o trajeto conforme descrito nas regras de de La Meurthe e faturou o prêmio de 100.000 francos. Essa conquista ganhou as manchetes na França e no Mundo aumentando ainda mais a fama de Alberto Santos Dumont.

O conde Ferdinand Von Zeppelin, fez experiências desde o ano de 1900, com dirigíveis rígidos com estrutura de barca fixada ao corpo do balão e isso tornaria popular, a partir de 1910, o emprego de dirigíveis.

Durante a Primeira Guerra Mundial (28-07-1914 / 11-11-1918), os dirigíveis Zeppelin foram empregados para diversos fins, desde missões de reconhecimento até bombardeios aéreos.

Ao final da Guerra, e com aeronaves agora ociosas, os Zeppelin retornaram a sua promissora carreira de transporte de passageiros.

Em 1927, nove anos após a Primeira Guerra Mundial, o LZ 127 – Graf Zeppelin – com capacidade de transportar de 20 a 30 passageiros e 36 tripulantes, realizou um voo transoceânico inédito, ligando Frankfurt a Nova York.

O grande orgulho da Indústria aérea alemã era o LZ 129 – Hindenburg – o mais moderno dos Zeppelin, media 245 metros de comprimento e tinha capacidade de transportar

50 passageiros e 61 tripulantes. Imprimia uma velocidade de 135 km/h ou aproximadamente 73 nós e possuía uma autonomia para voar 14.000 quilômetros de distância.

Curiosidade: a distância da travessia do oceano atlântico entre as cidades de CasaBlanca no Marrocos e a cidade de Natal no Rio Grande do Norte é de 5.258 quilômetros. Com a velocidade de 135 km/h, sem contar com fatores meteorológicos de vento e variações de pressões barométricas, levaria por volta de 38 horas e 57 minutos para concluir a travessia do atlântico. Disponível em: <<https://www.adistanciaentre.com/ma/distancia-aerea-entre-casablanca-e-natal/AereaHistoria/422761.aspx>>. Acesso em: 18 ago. 2018

O início do declínio dos Zeppelin ocorreu no fatídico dia 06 de maio de 1937, quando ocorreu o grave acidente por uso do gás hidrogênio que o inflava e que era altamente inflamável. O Hindenburg incendiou-se a poucos minutos do pouso na base aérea de Lakehurst, em New Jersey. Estavam a bordo do Hindenburg 97 pessoas as quais 36 passageiros e 61 tripulantes, destes, 13 passageiros, 22 tripulantes e 1 auxiliar de terra tiveram suas vidas ceifadas. Com isso, a empresa de Ferdinand Von Zepelin, a Deutsche Zepelin-Reederei, encerrou sua gloriosa atividade tendo transportado com requinte e segurança mais de 17.000 passageiros. A utilização do gás hidrogênio também foi encerrada após esse terrível episódio, sendo substituído, desde então, pelo inerte gás hélio.

No mesmo ano de 1937, a americana Goodyear, que construía dirigíveis, trocou o gás hidrogênio pelo gás hélio e ajudou a Marinha Americana durante a Segunda Guerra Mundial com seus balões protegendo a frota marítima dos voos razantes dos aviões inimigos.

2.1 DIAS ATUAIS

Apenas Estados Unidos, Inglaterra, França, Rússia, Canadá, China, Alemanha, Austrália e o Brasil possuem empresas fabricantes de dirigíveis tripulados para transporte de cargas e passageiros.

No Brasil, a Airship do Brasil está desenvolvendo junto com a ANAC, o primeiro projeto de dirigíveis de múltiplo emprego para carga, vigilância, inspeção de linhas de transmissão, e transmissão de vídeo para reportagens televisivas.

É com o modelo ADB-3-3, tipo da aeronave 138S, que as inspeções de linhas de transmissão de energia de altas voltagens serão executadas.

A aplicação de uma aeronave mais leve que o ar para inspeção de linhas de transmissão traz mais segurança e economia para a empresa de geração e transmissão de energia elétrica. Por possuir uma autonomia de até doze horas e voar com velocidade de quinze nós a setenta nós, a qualidade da inspeção e a dinâmica do trabalho será bem mais otimizada, pois os ganhos na extensão da inspeção e no tempo útil do dirigível em voo farão desse trabalho um divisor de marco na maneira de inspecionar as linhas de transmissão de Furnas.

A inspeção aérea em linha de transmissão é complementar à inspeção terrestre em linhas de transmissão. Para a parte terrestre, observam-se as condições gerais da faixa de servidão, vegetação, estradas de acesso, erosões, corrosão no afloramento das fundações da estrutura, danos às ferragens causados por abalroamentos de máquinas agrícolas ou outros veículos, aterramentos, estais, sinalização numeração e identificação da torre.

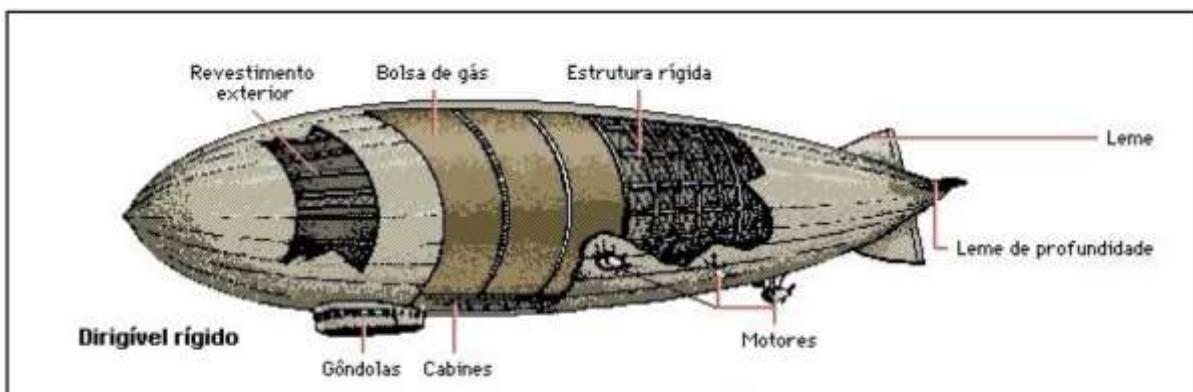
Para a parte aérea, observam-se, além das condições gerais elencadas acima, as cadeias de isoladores, fixação dos cabos, espaçadores e amortecedores, acessórios, cabos condutores, cabos para-raios, ferragens gerais e sistema óptico (cabo OPGW).

2.2 TIPOS DE DIRIGÍVEIS

Existem três tipos de dirigíveis, os rígidos, os não rígidos e os semirrígidos.

De acordo com Júnior (2015, pag. 31) os dirigíveis rígidos são os que possuem grandes compartimentos para reter o gás de sustentação em seu interior, leme e estabilizadores para o controle da direção, além dos motores para a propulsão. As grandes dimensões desse tipo de dirigível requerem uma complexa estrutura de metal para dar suporte ao seu formato. Dessa forma, uma série de grandes anéis, de treliças de alumínio e duralumínio, é ligada por vigas e cabos de aço. Essas estruturas são mantidas juntas, ao longo do comprimento da aeronave, por intermédio de grandes longarinas.

Figura 1 – Dirigível rígido.

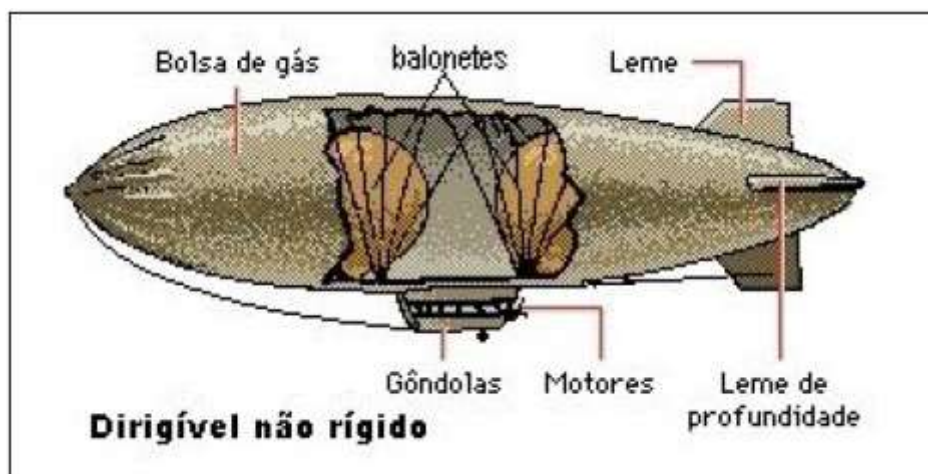


Fonte: Olimpíadas de Paris (1900), disponível em

<<http://olimpiadasparis.blogspot.com/p/historia.html>> Acesso em 23 out 2018

Para os dirigíveis não rígidos, Júnior (2015, pág. 31) segue o que Machry (2005, pag. 17) classifica-os de *blimps*, não possuem estrutura rígida. O formato desses dirigíveis acompanha a forma do envelope que contém o gás. No interior desses envelopes existem sacos de ar, chamados balonetes. Esses sacos funcionam como lastro e regulam a pressão interna, a fim de manter a forma do dirigível. Quando o dirigível se encontra no nível do mar, esses balonetes estão cheios de ar, forçando o gás hélio a preencher todos os espaços no interior do envelope. À medida que o dirigível sobe, o gás hélio se expande e menos ar será necessário para os balonetes manterem o formato da aeronave. Por não existir uma estrutura rígida, a gôndola, local onde ficam acomodados os passageiros, tem o seu peso distribuído por um sistema de cabos tensos na ponta interna, não alterando o formato do “blimp”. Dessa forma, o que irá definir a capacidade de carga, será o volume do gás no interior do envelope.

Figura 2 – Dirigível não rígido.

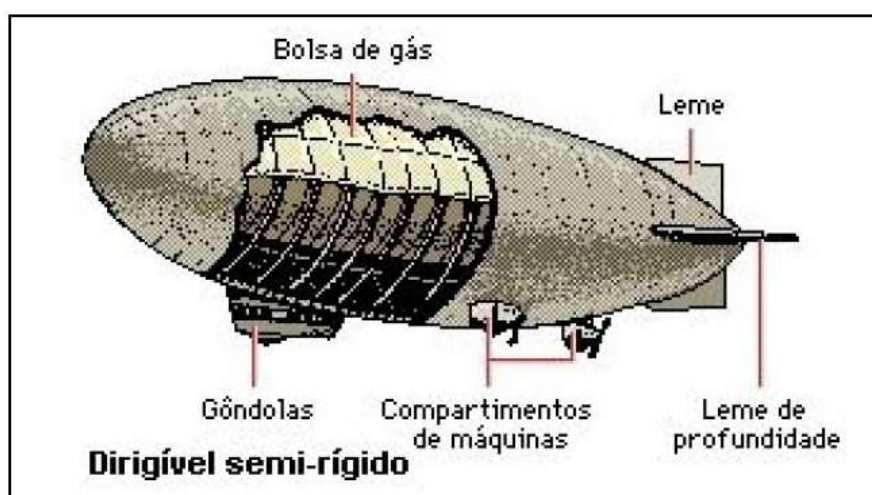


Fonte: Olimpíadas de Paris (1900), disponível em

<<http://olimpiadasparis.blogspot.com/p/historia.html>> Acesso em 23 out 2018

Os dirigíveis semirrígidos, Júnior (2015, pág. 32) diz que combinam características básicas de um não rígido com um dirigível de estrutura rígida. Dessa forma, esses dirigíveis fazem uso da pressão interna para manter o formato, mas possuem algumas armações articuladas em torno do fundo do balão para distribuir a suspensão da carga e manter a pressão do balão relativamente baixa em relação aos não rígidos.

Figura 3 – Dirigível semi-rígido.



Fonte: Olimpíadas de Paris (1900), disponível em

<<http://olimpiadasparis.blogspot.com/p/historia.html>> Acesso em 23 out 2018

O dirigível utilizado nesse trabalho foi o modelo ADB 3-3, modelo não rígido.

Figura 4 – Dirigível ADB 3-3



Fonte: Airway, Tudo sobre aviação. Disponível em < http://airway.uol.com.br/wp-content/uploads/2017/07/Airship_ADB-3_03-960x541.jpg > Acesso: 23 out 2018

2.3 A INSPEÇÃO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO (LT)

A ANEEL, tendo como referência a resolução normativa nº 669 de julho de 2015, diz que as manutenções mínimas de linhas de transmissão devem seguir as seguintes regras:

“1 A atividade mínima de manutenção para as linhas de transmissão é a inspeção de rotina, que deve ser realizada, no mínimo, a cada doze meses.

2 Nas inspeções de rotina devem ser verificados: o estado geral da linha de transmissão, a situação dos estais, a integridade dos cabos condutores e para-raios, a estabilidade das estruturas, a integridade das cadeias de isoladores, a situação dos acessos às estruturas, a proximidade da vegetação aos cabos e os casos de invasão de faixa de servidão.

3 A partir da análise do desempenho da linha de transmissão e dos resultados das inspeções regulares de rotina deve ser avaliada a necessidade de inspeções detalhadas das estruturas, inspeções termográficas, inspeções noturnas para observação de centelhamento em isolamentos ou de inspeções específicas para identificação de defeitos (oxidação de grelhas, estado das cadeias, danificação de condutores internos a grampos de suspensão ou espaçadores, degradação dos aterramentos (contrapesos), etc.).

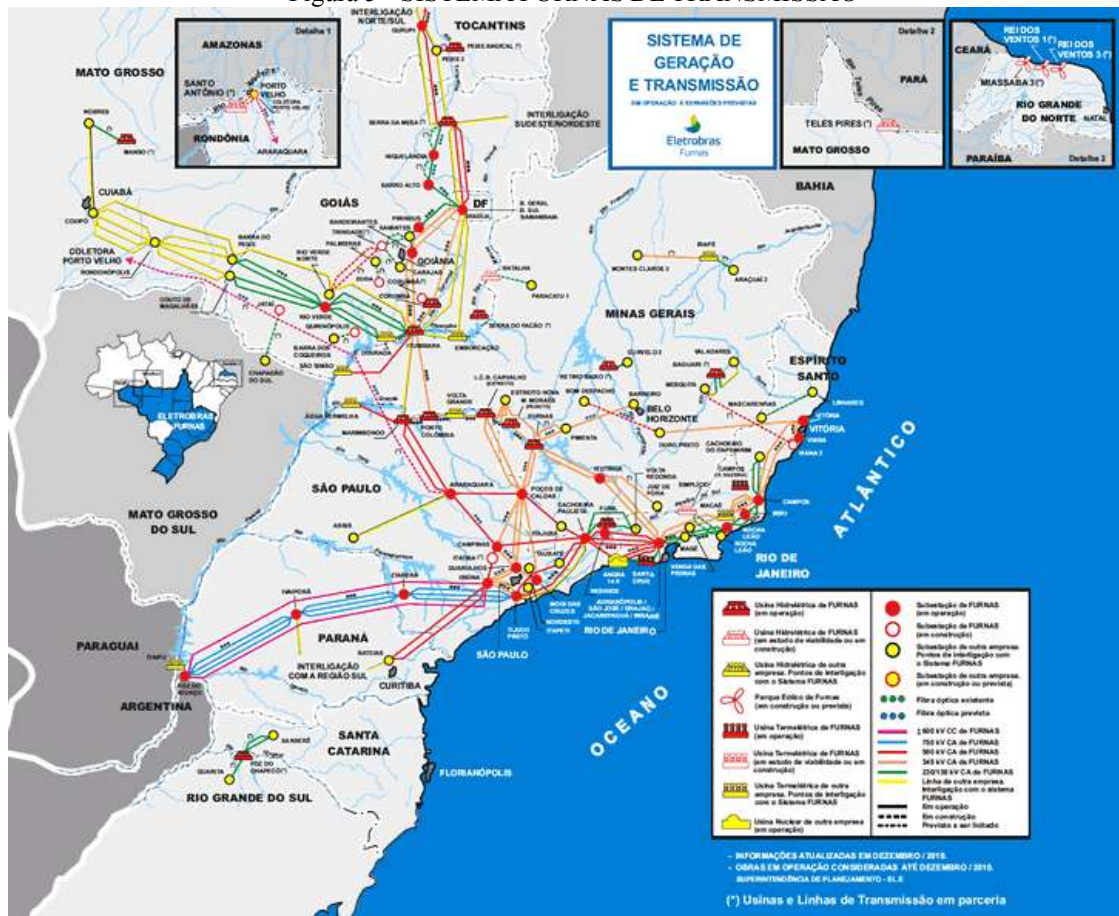
4 Deve ser avaliada a necessidade de realização de inspeções adicionais nas áreas com risco potencial de vandalismo (trechos urbanos com alta concentração demográfica), áreas de implantação industrial (com alta concentração de poluentes) e áreas junto ao litoral.

5 As concessionárias devem manter cadastro atualizado das linhas de transmissão, contendo as restrições ambientais e as periodicidades de podas e roçadas recomendadas internamente, bem como as dificuldades legais de realização de limpeza de faixa.” Resolução Normativa nº 669 – ANEEL, disponível em <www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015669.pdf> Acesso em: 21 out 2018

2.3.1 A INSPEÇÃO TERRESTRE DE LT

Furnas criou no módulo 14.04.ZZZ.00/01-R3 a instrução de manutenção do manual técnico de campo. A malha de linhas de transmissão de Furnas é a mais extensa do país, possuindo mais de 29.000 km, conforme a figura a seguir.

Figura 5 - SISTEMA FURNAS DE TRANSMISSÃO



Fonte: Site eletrônico de Furnas, disponível em

<<http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemaFurnas/mapa.asp>> Acesso em: 23 out 2018

O risco da inspeção dar-se-á pela realização desta LT ainda energizada e a distância de segurança aumenta de acordo com a tensão em kilovolts da linha de transmissão.

Tabela1 – Distâncias de Segurança em metros

Distâncias de Segurança (m)	
Tensão (kV)	Distância
138	1,5
230	2,5
345	3,0
500	4,0
600	5,0
750	5,0

Fonte: Manual técnico de Campo, módulo 14.04.ZZZ.00/01-R3.

2.3.2 A INSPEÇÃO AÉREA DE LT

A inspeção aérea de linhas de transmissão de energia elétrica utilizada em Furnas Centrais Elétricas (ELETROBRAS FURNAS) é uma inspeção complementar à inspeção terrestre e está balizada no módulo 14.03.ZZZ.00/01-R4 e define como são os procedimentos para inspeção utilizando helicópteros e anomalias a serem pesquisadas.

As inspeções nas LTs devem ser realizadas em condições meteorológicas favoráveis, ou seja, com o tempo bom, céu sem nuvens de preferência ou com poucas nuvens e sem ocorrências de chuva.

A inspeção aérea é realizada através da contratação de empresa especializada de fornecimento de helicópteros e piloto devidamente treinado e com experiência nesse tipo de atividade, que juntamente com os inspetores de FURNAS, formam a tripulação do voo de inspeção aérea.

Cadeia de isoladores, fixação de cabos, espaçadores e amortecedores, acessórios, cabos condutores, cabos para-raios, ferragens gerais, sistema óptico (cabo OPGW) são os itens que são listados como principais elementos da LT a serem inspecionados pela equipe de inspeção aérea.

Figura 6 - Isolador de porcelana com sinais de descarga



Fonte: MANUAL TÉCNICO DE CAMPO, Instrução de Manutenção Módulo 14.04.ZZZ.00/01-R3, pág 34

Figura 7 - Cadeia com várias unidades quebradas (provável vandalismo)



Fonte: MANUAL TÉCNICO DE CAMPO, Instrução de Manutenção Módulo 14.04.ZZZ.00/01-R3, pág 34

Figura 8 - Erro de instalação da armadura pré-formada (descentralizada).



Fonte: MANUAL TÉCNICO DE CAMPO, Instrução de Manutenção Módulo 14.04.ZZZ.00/01-R3, pág 39

Figura 9 – Tento rompido



Fonte: MANUAL TÉCNICO DE CAMPO, Instrução de Manutenção Módulo 14.04.ZZZ.00/01-R3, pág 41

Figura 10 - Amortecedor Stockbridge com fadiga nos cabos mensageiros



Fonte: MANUAL TÉCNICO DE CAMPO, Instrução de Manutenção Módulo 14.04.ZZZ.00/01-R3, pág 42

Figura 11 - Amortecedor deslocado e cabo pára-raios com tento partido em LT 750kV



Fonte: MANUAL TÉCNICO DE CAMPO, Instrução de Manutenção Módulo 14.04.ZZZ.00/01-R3, pág 42

Figura 12 - Espaçador deslocado com danos ao condutor.



Fonte: MANUAL TÉCNICO DE CAMPO, Instrução de Manutenção Módulo 14.04.ZZZ.00/01-R3, pág 45

Figura 13 - Garra aberta devido à quebra do parafuso com defeito de fabricação (liga fora de especificação).



Fonte: MANUAL TÉCNICO DE CAMPO, Instrução de Manutenção Módulo 14.04.ZZZ.00/01-R3, pág 45

2.3.3 A UTILIZAÇÃO DO DIRIGÍVEL NA INSPEÇÃO DE LT

A inspeção utilizando o dirigível foi estudada para que o trabalho fosse executado com maior segurança e maior tempo de inspeção, devido ao longo tempo em voo em relação ao helicóptero.

O helicóptero possui autonomia de voo de apenas três horas ao passo que o dirigível possui autonomia de doze horas, percorrendo o mesmo trecho e na mesma velocidade do helicóptero, sessenta nós (60 *knots*), o custo da operação também sofre impacto devido à dinâmica de voo do dirigível que pode deixar o motor em marcha lenta ou desligá-lo e utilizar o deslocamento do vento a seu favor. Desse modo, não se tem como mensurar o consumo horário do motor *Lycoming IO-360* do dirigível, frente ao consumo do helicóptero AS 350 – Esquilo que possui um tanque de 390 quilos de Jet-A1 e possui autonomia máxima de três horas.

Para executar a tarefa de inspecionar as LT de Furnas, o dirigível deve se posicionar a cinco metros acima do ponto mais alto da torre de transmissão, evitando assim que seja surpreendido por rajadas de vento que poderiam causar o choque entre a aeronave e a estrutura da torre. O deslocamento do dirigível será sempre paralelo à linha para que o inspetor possa fotografar/filmar/observar os itens elencados no manual técnico de campo.

Assim como no uso com helicópteros, as inspeções nas LT devem ser realizadas em condições meteorológicas favoráveis, ou seja, com o tempo bom, céu sem nuvens de preferência ou com poucas nuvens e sem ocorrências de chuva para que o dirigível consiga manter-se em voo sem que o vento de través o desvie do alinhamento da linha a ser

inspecionada; Não será realizada inspeção quando houver aviso de aeródromo¹ na região de voo da LT em que esteja previsto rajadas de vento ou mudanças significativas de tempo.

O mastreamento do dirigível, preferencialmente será definido com antecedência, em local plano e com raio de 70 metros sem obstáculos. O dirigível, quando mastreado, sempre estará com um guarda-campo que será o responsável pela segurança e comunicação com a tripulação. O abastecimento do equipamento será responsabilidade do mecânico de voo da missão. A tripulação será sempre composta de comandante e copiloto que se revearão em voo no comando do dirigível, usando de recursos de CRM para *pilot flying* e *pilot not flying*².

2.4 O CUSTO DAS OPERAÇÕES AÉREAS

Furnas, por ser empresa pública de economia mista, precisa abrir licitação para contratar serviços de inspeção de linhas de transmissão utilizando helicópteros. O último aditamento do contrato (ano de 2017) estipulou o valor de R\$ 6.887,38 (seis mil oitocentos e oitenta e sete reais e trinta e oito centavos)³ por hora de voo do helicóptero com garantia de quinze horas voadas por mês. Após a visita deste autor à fábrica da ADB em São Carlos – SP, a resposta dada pela fábrica foi que o custo de operação por hora do dirigível era de aproximadamente R\$ 1.600,00 (hum mil e seiscentos reais) uma economia de aproximadamente 76% em relação ao custo da hora voada pelo helicóptero.

1 Consiste em informações concisas sobre as condições meteorológicas adversas que possam afetar a segurança das aeronaves no solo (inclusive as estacionadas), as instalações e os serviços do aeródromo. Fonte: BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. ICA 105-1: divulgação de informações meteorológicas. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4332>. Acesso em: 23 out. 2018.

2 *Pilot Flying (PF)* e *Pilot not flying (PNF)* ou *Pilot Monitoring (PM)* significam Piloto responsável em voar e operar a aeronave em uma etapa específica do voo e Piloto responsável em monitorar os sistemas de energia e a rota programada, respectivamente. Fonte: USA. U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. SAFO Safety Alert of Operators. SAFO 15011. Date 11/17/15. Disponível em: https://www.faa.gov/other_visit/aviation_industry/airline_operators/airline_safety/safo/all_safos/media/2015/S_AFO15011.pdf. Acesso em: 23 out 2018.

3 PE.CSCR..A.00009.2013 2. Contrato nº 8000006476 - Aditamento nº 07. 3. Nome da Empresa: Helisul Táxi Aéreo Ltda. 4. Objeto: a alteração das cláusulas: 9 - prazo de execução, 10 - preços e 26 -valor do termo contratual. 5. Valor Aditamento: R\$ 3.138.605,36. 6. Novo Valor Contratual: R\$ 15.415.995,96. 7. Data de Assinatura:12/08/2017. Fonte: DOU 25-09-2017. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=3&pagina=97&data=25/09/2017>. Acesso em 23 out 2018.

3 CONCLUSÃO

O uso do dirigível no emprego da inspeção de linhas de transmissão de energia elétrica traz vantagem operacional e econômica para Furnas Centrais Elétricas, por possuir disponibilidade de voo três vezes maior do que o helicóptero. Além do ganho da autonomia, o custo por hora de voo também se mostrou bem mais atrativo, uma vez que é possível desligar o motor do dirigível ou simplesmente deixá-lo em marcha lenta em casos de vento de cauda. Mesmo que o uso do helicóptero envolva menos pessoal de apoio, o dirigível se torna mais econômico devido sua dinâmica de voo.

Com a extensa malha de linha de transmissão de mais de 29.000 km, o trabalho de inspeção de LT com o dirigível reduzirá o tempo de trabalho, otimizará a forma de manutenção preventiva e corretiva, gerando assim economia ao sistema e pronta resposta aos casos de emergência, pois conseguirá inspecionar em menos tempo e com menor consumo de combustível, a mesma extensão em km que o helicóptero realiza o trabalho.

As limitações da pesquisa foram causadas pela indisponibilidade de utilizar o dirigível para um ensaio de inspeção de LT, pois fora danificado em 14/02/2018 no Campos dos Afonsos – RJ após um forte temporal com ventos superiores a 100 km/h que o arrancou do mastro acionando o sistema de emergência do envelope que desinflou, deixando-o inutilizável. Uma nova aeronave estará disponível a partir de março de 2019 e assim, haverá a possibilidade de comprovar os estudos e pesquisas feitas por este autor.

REFERÊNCIAS

5258 km - **Distância Aérea entre Casablanca e Natal**. Disponível em <<https://www.adistanciaentre.com/ma/distancia-aerea-entre-casablanca-e-natal/AereaHistoria/422761.aspx>>. Acesso em 21 out 2018.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. **Departamento de Controle do Espaço Aéreo. ICA 105-1: divulgação de informações meteorológicas**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4332>>. Acesso em: 23 out. 2018.

BRASIL, **Resolução Normativa nº 669 – ANEEL**, disponível em <www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015669.pdf> Acesso em: 21 out. 2018.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **DOU SEÇÃO 3, pag 97, 25-09-2017**. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=3&pagina=97&data=25/09/2017>>. Acesso em 23 out. 2018.

FURNAS, **Manual Técnico de Campo, Módulo 14.03.ZZZ.00/01-R4 Inspeção aérea de linhas de transmissão utilizando helicóptero**, Rio de Janeiro, 1995.

FURNAS, **Manual Técnico de Campo, Módulo 14.04.ZZZ.00/01-R3 Inspeção Terrestre em Linhas de Transmissão**, Rio de Janeiro, 2015.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GODOY, A. S. **Pesquisa qualitativa - tipos fundamentais**. *Revista de Administração de Empresas*, v. 35, n. 3, p. 58, 1995.

INSTITUTO HISTÓRICO CULTURAL DA AERONÁUTICA. **História geral da aeronáutica brasileira**. Belo Horizonte: Editora Itatiaia, 1988.

JÚNIOR, Elias Leocádio da Silva. **O emprego de dirigíveis como uma alternativa para o transporte de carga na amazônia brasileira**. Rio de Janeiro: ESG, 2015.

LEMOS, Valmir, **História da aviação**. Livro didático. Palhoça. UnisulVirtual, 2012.

MACHRY, Telmo Roberto. **Dirigíveis: uma alternativa para o transporte de cargas especiais**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2005.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. D. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª. ed. Novo Hamburgo: Universidade Freevale, 2013.

USA. *U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration. SAFO Safety Alert of Operators. SAFO 15011. Date 11/17/15*. Disponível em: <https://www.faa.gov/other_visit/aviation_industry/airline_operators/airline_safety/safo/all_safos/media/2015/SAFO15011.pdf>. Acesso em: 23 out. 2018.