



**XXIII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GLT/30
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO - III

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT

DESENVOLVIMENTO DE PLATAFORMA AÉREA PARA CONFIGURAR UMA NOVA FORMA DE TRABALHO NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Wady Charone Júnior (*)
Eletronorte

Neusa Maria Lobato
Eletronorte

Marcelo Augusto Felippes
Airship do Brasil

Geraldo Bernadino Guedes
Airship do Brasil

Antonio Carlos Daud Filho
Airship do Brasil

RESUMO

Refere-se o presente trabalho a uma plataforma aérea, que utiliza como insumo um dirigível, a qual está em plena fase de desenvolvimento, para caracterizar novas formas de atuação de eletricitista de linhas de transmissão, bem como de uma nova logística de acesso e de construção de um sistema de linhas de transmissão.

O principal objetivo da plataforma aérea é resolver problemas em sistema de transmissão de energia elétrica, relacionados aos processos inspeções e de manutenções, que possuem custos crescentes e nível elevado de dificuldade para manter a produtividade, a qualidade de vida e a redução do tempo de execução dos serviços. O outro objetivo se refere a construção de novos sistemas de transmissão a um baixo custo e com menos impactos ambientais.

A plataforma aérea eliminará situações adversas quanto ao acesso terrestre na Região Norte, permitindo o acesso aéreo aos pontos para manutenção, dispensando grandes esforços físicos dos empregados, por não terem mais que escalar as torres para realização de seus serviços. Também existirá a vantagem do dirigível permanecer no local por horas ou dias, aumentando a eficiência do turno de trabalho e a segurança da equipe.

A plataforma aérea associa almoxarifado e oficina completa, aglutinando transporte, hospedagem, almoxarifado, oficina e guincho, potencializando ganhos incomensuráveis para manutenção das linhas, e para aumento da qualidade de vida dos colaboradores da empresa.

Este trabalho tem como objetivo apresentar o projeto de plataforma aérea que está sendo desenvolvido pela Airship do Brasil e Eletronorte (projeto de P&D), por meio de um dirigível, para resolver problemas em sistema de transmissão de energia elétrica.

PALAVRAS-CHAVE

Inspeção e Manutenção de LT na Região Amazônica, plataforma aérea por meio de dirigível, construção de LT

1.0 - INTRODUÇÃO

Em sistemas elétricos com predominância hidráulica, como é o caso do sistema brasileiro, as fontes geradoras (cerca de 80 % da geração de energia) estão localizadas distante dos grandes centros de cargas.

Para transportar a energia, são construídos longos sistemas de transmissão, compostos de torres e condutores de energia ou linhas de transmissão, que fazem o escoamento da energia elétrica das usinas para os centros de consumo residencial e industrial.

Na região amazônica encontramos o maior potencial hidrelétrico do Brasil e o escoamento da energia elétrica destas fontes geradoras se dá por meio de linhas de transmissão radiais, com comprimento médio na ordem de 350 km, em níveis de tensão elétrica iguais ou maiores de 230 kV.

Estas linhas de transmissão são os elos entre as fontes geradoras e os diversos mercados consumidores de energia. Ao longo do sistema de transmissão têm-se corredores de passagem (faixa de servidão) que possibilitam acessos a vários pontos. Desta forma, as linhas de transmissão têm um papel de alta relevância, pois possibilitam interligações entre vários centros de cargas, bem como trocas energéticas entre várias unidades geradoras de energia.

Um sistema de transmissão confiável é a garantia da continuidade de energia aos consumidores e para tanto, exige um sistema de manutenção com alta eficiência e qualidade.

O serviço de manutenção é realizado por equipes especializadas em linhas de transmissão, que iniciam os seus processos executando inspeções terrestres, percorrendo vários trajetos nos corredores de passagem das linhas de transmissão, monitorando vários pontos, como as cadeias de isoladores, os cabos para-raios, o estado das torres, o sistema de aterramento e a vegetação em volta do sistema de transmissão.

O processo de inspeção terrestre detalhada é feita através da escalada da torre pelo mantenedor para verificação de peças frouxas, corroídas, danificadas ou faltantes, além de observar na faixa de servidão as malhas de aterramento, possíveis erosões e verificação dos cabos.

Atualmente, a inspeção aérea ocorre de duas maneiras, visual ou instrumentalizada para se identificar defeitos antes que gerem desligamentos inesperados ou, em casos de emergência, encontrar os defeitos que causaram o desligamento. Para tanto, é necessária a utilização de helicópteros com mantenedores munidos de instrumentos ou não. Os instrumentos utilizados são basicamente Corona System, Termovisor, câmera de filmagens em alta resolução e o Scanner Laser.

Grande parte das inspeções são feitas com deslocamentos terrestres sobre os corredores de passagem ao longo do sistema de transmissão, trecho por trecho, ou seja, as equipes percorrem centenas de quilômetros, terminando as inspeções quando findar o último trecho do sistema de transmissão. Na região amazônica, muitos percursos são feitos a pé ou de barco, devido à existência de áreas permanentemente alagadas, que impossibilitam o tráfego dos veículos.

As inspeções geram os insumos para se realizar os serviços de manutenção. Um exemplo de manutenção é a troca de isoladores com a linha energizada. Para tanto, os eletricitistas escalam as torres para executarem os serviços em potencial (sistema energizado), munidos de vestimentas condutivas, de bastão de equalização de potencial, bem como de instrumentos, ferramentas e aparelhos de comunicação. O serviço tem vários fatores de segurança envolvidos, haja vista que é um trabalho executado em campo, em céu aberto, em alturas que variam de 20 a 100 metros, com temperatura ambiental entre 30 a 45 graus Celsius, e, geralmente, distante de cidades ou vilarejos. O serviço envolve um processo de escalada de estruturas, bloqueio de circuitos elétricos, comunicação de voz "online" com os centros de operação e com grande foco quanto aos cuidados com as ferramentas, com os campos elétricos, e com as distâncias de segurança conforme a tensão nominal da linha.

2.0 - PRINCIPAIS PROBLEMAS PARA INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO EM LT NA REGIÃO AMAZÔNICA

Os principais problemas que se apresentam na realização deste tipo de serviço de manobras são: as escaladas das estruturas, mais especificamente o deslocamento das cadeias de isoladores que variam de peso conforme a classe de tensão e a cadeira de traslado que possui um peso e tamanho que dificulta o manuseio e a saída do eletricitista. O grau de dificuldade aumenta ainda mais quando os serviços são realizados em locais dentro da floresta e em região tipo igapó ou alagadas que impossibilita a entrada de veículos. No caso de serviços em que não existe se quer possibilidade de construção de estradas de acesso, é utilizado helicóptero para deixar as equipes de eletricitista e os materiais necessários para manutenção. Neste caso específico, o helicóptero faz o devido transporte deixando as equipes em uma das fases laterais dos circuitos de energia. No entanto, tem-se um inconveniente, pois o helicóptero, após a entrega das pessoas e materiais, se retira da área e somente retorna na hora combinada prevista para o término dos serviços, ficando a equipe isolada no local da manutenção. Este inconveniente tem como causa a baixa autonomia de voo do helicóptero (média de 2,5 horas), não podendo permanecer no local. Outro ponto de destaque é a impossibilidade de se usar helicópteros para serviços a serem realizados na fase central da torre, por se constituir em operação de alto risco de acidente para este tipo de aeronave.

Mais dificuldades aparecem quando um sistema de transmissão percorrem longas distâncias, sem estradas próximas aos locais de manutenção. É o caso do sistema de transmissão de energia da Eletronorte que possui este tipo de configuração, em que 40 % dos trechos do sistema de transmissão estão em áreas alagadas, sem estradas no entorno do empreendimento, e as equipes de eletricitistas têm altas dificuldades para realizar as suas inspeções

e as suas manutenções nestes trechos de difícil acesso. Para realizar esses serviços, é utilizada logística para deslocamentos de pessoas e de materiais utilizando helicópteros ou barcos, gerando custos exponenciais ao processo de manutenção. Estradas de acesso e outros meios de abertura aos locais de manutenção, implicam em impactos ambientais e desatendimento as condicionantes estabelecidas pelos órgãos governamentais quando do licenciamento do empreendimento.

Uma dificuldade relevante é a ocorrência de sinistros, como queda de torre ou de um cabo. Se o sinistro ocorrer em pontos sem possibilidade de fácil acesso, o tempo de restabelecimento do sistema de transmissão sinistrado aumenta na média de 12 horas ao dia, pois os serviços são paralisados durante o período noturno por questão de segurança das equipes, haja vista que estariam isoladas no local do sinistro e sujeitas ao trânsito de animais peçonhentos ou ferozes. Além disto, a falta de possibilidade de iluminação adequada para se realizar os serviços em face das características do terreno impossibilita a instalação de geradores emergências, dificuldade impeditiva para realizar serviços noturnos.

Outra dificuldade importante se apresenta na realização do processo de lavagem de isoladores em linhas de transmissão em áreas de alta salinidade. Este serviço de limpeza é realizado com jatos de água tratada e os mantenedores ficam próximos à base das torres, presos nas estruturas da mesma, para realizar a lavagem de isoladores com jatos de alta pressão de água. Por fim, destaca-se que as atividades dos eletricitas de linhas de transmissão exigem altos esforços físicos. Os mesmos têm que escalar altas torres, içar equipamentos e pessoas para o alto das torres. Isso tudo, faz com que a vida média de trabalho destes eletricitas seja na ordem de 48 anos de idade, ou seja, após esta idade, os eletricitas deixam de executar os serviços, implicando na necessidade de realocá-los em outras atividades ou serem transformados em supervisores ou instrutores.

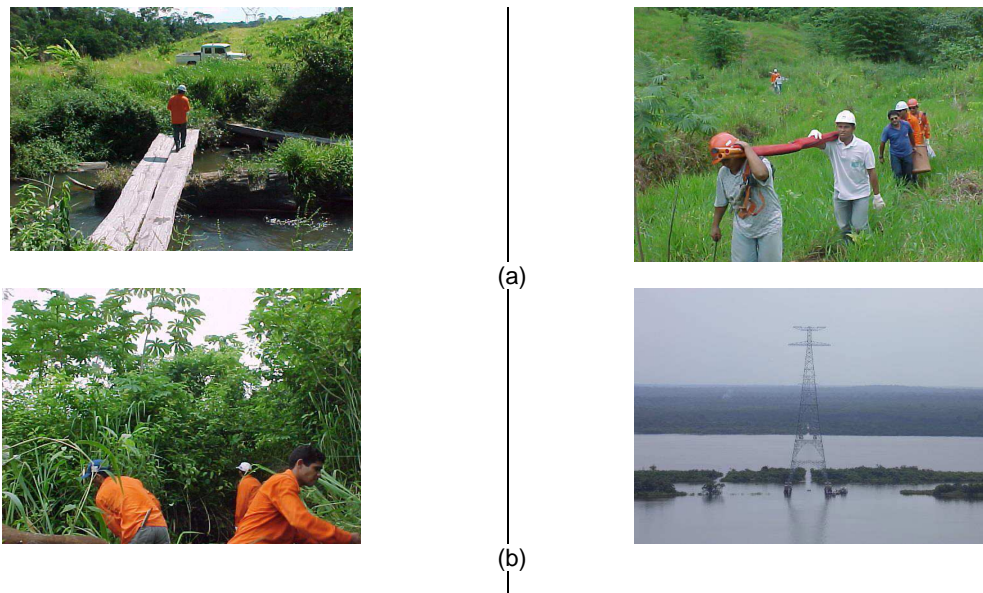


FIGURA 1 – Atuação das equipes de eletricitas em área de difícil acesso: (a) Situação de risco; (b) Abertura de acesso e torre em área permanentemente alagada

3.0 - PRINCIPAIS PROBLEMAS PARA CONSTRUÇÃO EM LT NA REGIÃO AMAZÔNICA

Na construção de um novo sistema de transmissão, um dos os maiores desafios enfrentados são as restrições ambientais e as dificuldades de obtenção de novos corredores de transmissão. Os estudos ambientais têm criticidade nos corredores de passagem das linhas, nos quais são identificadas as maiores complexidades para a implantação das instalações de transmissão, e isto reflete um aumento crescente dos custos, atualmente na ordem de 3 a 5 % do valor total do empreendimento, visto que os cortes das vegetações podem revelar a existência de sítios arqueológicos, implicando na interrupção da construção, novas exigências e atrasos no empreendimento, potencializando a redução da taxa de retorno aos acionistas.

4.0 - PROJETO DA PLATAFORMA AÉREA

O projeto da plataforma aérea utilizará como insumo um dirigível para resolver problemas em sistema de transmissão de energia elétrica, relacionados aos processos operacionais e de construção, os quais possuem custos crescentes e complexidade para manter a produtividade, a qualidade de vida e a redução do tempo de execução dos serviços de manutenção, inspeção e construção.

Definirá uma nova logística de acesso ao sistema de transmissão, minimizará o acesso terrestre, reduzirá, acentuadamente, os esforços físicos das equipes em escaladas nas estruturas das torres, bem como os de içamento de equipamentos pesados para o alto das mesmas, que via de regra estão em locais de difícil acesso, como em áreas alagadas ou sem estradas em volta do empreendimento.

Na construção de um sistema de transmissão, a plataforma transportará pessoas, materiais e equipamentos, bem como torres montadas, para os locais de instalação, eliminando os impactos ambientais para formar corredores de passagens, na vegetação existente ao longo do trajeto do sistema, configurando apenas impactos na região das bases das torres, com a vantagem de permanecer no local por horas ou dias. Fornece o acesso com facilidade, com maior segurança, sem provocar impactos ambientais e minimiza os atuais custos.

O dirigível está sendo construído sob os seguintes macros aspectos básicos:

- Autonomia de voo superior a 20 dias;
- Velocidade máxima de 150 km/h;
- Capacidade de transporte de carga (paga) maior ou igual a 30 toneladas;
- Concepção estrutural rígida, com formato convencional;
- Ter um almoxarifado interno para manutenção de LT;
- Ter um sistema de hospedagem de técnicos para atender, no mínimo, 15 pessoas;
- Sistema de controle de fluabilidade através de compressores elétricos de gás;
- Compartimento de carga e cabine de comando ligados a estrutura rígida de fibra de carbono.

4.1 Macros Etapas do Projeto

O projeto da plataforma aérea tem macros etapas definidas, conforme tabela abaixo:

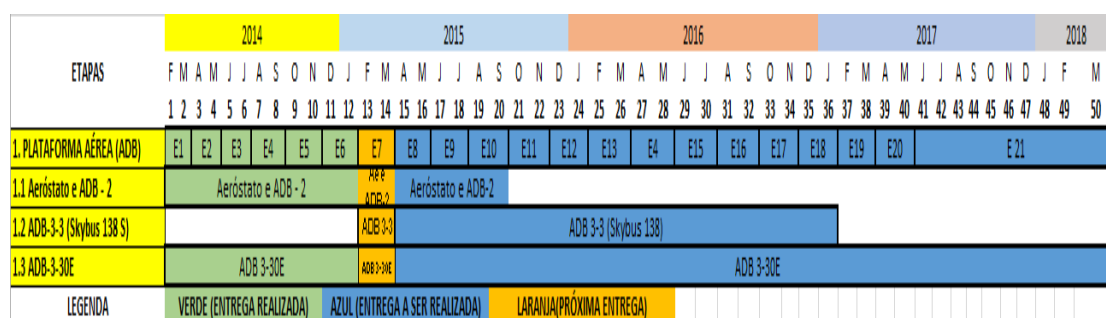


FIGURA 2 – Macros Etapas do Projeto

4.2 Macros Processos do Projeto

O projeto da plataforma aérea tem o seguinte macros processos:

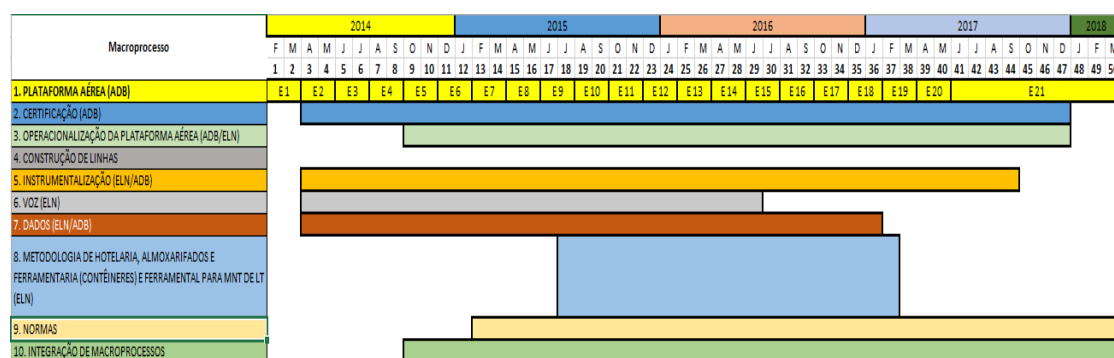


FIGURA 3 – Macros Processos do Projeto

Ressaltando o macro processo Voz, tem-se um destaque na implantação de um “backbone” de serviços para manutenção de linha de transmissão, projeto inicialmente concebido conforme ilustrado na figura 4.

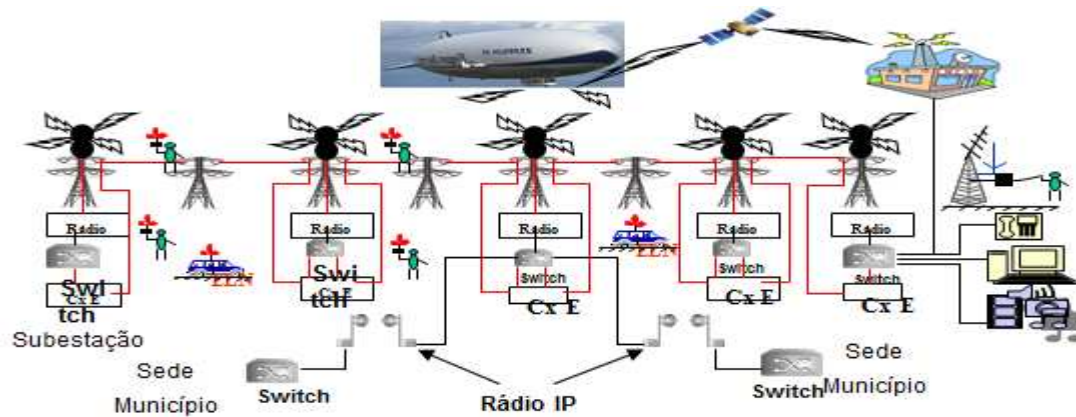


FIGURA 4 – “Backbone” da plataforma aérea

É uma nova alternativa de atendimento às equipes de linhas de transmissão, diminuindo o uso dos telefones convencionais, Celulares e via satélite Globalstar, durante a liberação de documentos pela operação para serviços de Inspeção, manutenção e de emergência com a equipe de linha. Além de possibilitar o atendimento ao programa de inclusão digital (informática, voz, imagens, etc.) às comunidades ao longo do sistema de transmissão de energia. Haverá uma rede de Wi-Fi, um transmissor de imagem portátil e acesso a rede convergente na plataforma aérea.

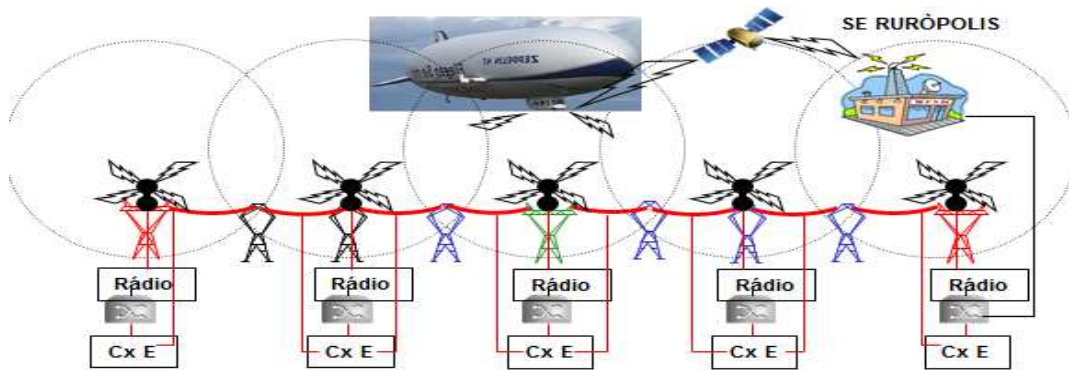


FIGURA 5 – Diagrama de irradiação para cobertura de rádio enlace

4.3 Corpo Técnico do Projeto

O projeto da plataforma aérea tem, até o presente ano, o seguinte corpo técnico:

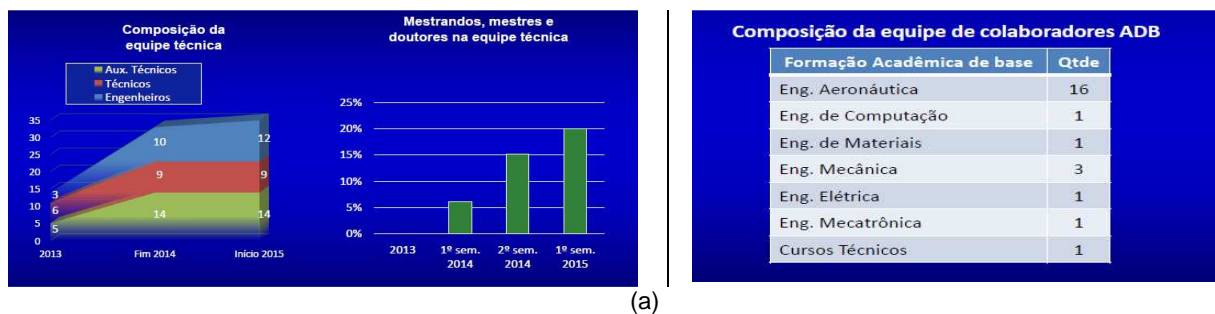


FIGURA 6 – Corpo Técnico do Projeto

4.4 Certificação do Projeto

O projeto incorpora ações paralelas para obtenção de certificação do dirigível (ADB3-30). A ANAC está diretamente atuando, desde o início do projeto, e a documentação da aeronave ADB3-30 é constantemente atualizada para refletir todas as evoluções do projeto que tem sido feitas, e apresentadas em reuniões com mesma. São seguidas as regras do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (número 21), que estabelece as regras para a

4.4 Fase Atual do Projeto

O projeto tem fases de construções como: aeróstatos (ADB-2: dirigível não tripulado para prova de conceito do ADB-3-30E), modelo denominado ADB-3-3 (modelo tripulado para 5 passageiros e 1 piloto), até chegar ao modelo do projeto final ADB-3-30, conforme demonstrado na figura abaixo:

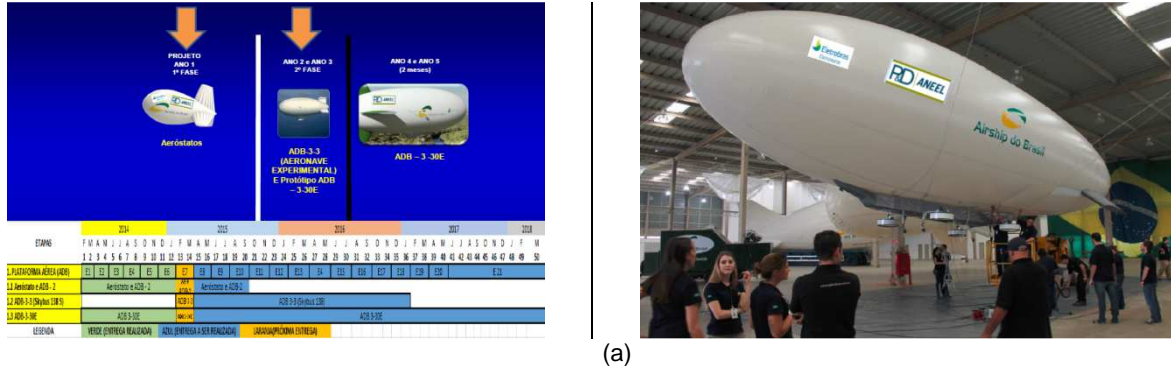


FIGURA 7 – Fase do projeto: (a) Cronograma executivo das provas; (b) primeira fase do projeto já executada como uma das provas de conceito (ADB-2).

Através destas fases o Projeto original é revisto para corrigir inconsistências técnicas, para redefinir o tipo de envelope, buscando-se o mais moderno e o mais cotado para fabricação.

No estágio atual do projeto, também, já definiu uma relação de materiais em análise de disponibilidade no mercado (cerca de 6 mil itens distintos, e mais de 35 mil unidades) e definiu os treinamentos de técnicos e engenheiros.

O ADB-3-3, dirigível tribulado para 5 passageiros e 1 piloto, é um Projeto já certificado pelo FAA (EUA). Ele está servindo para acelerar a curva de aprendizado e iniciar o desenvolvimento da doutrina de operações. Serão realizados voos para convalidação da certificação, junto à ANAC, a partir do início de 2016.

A figura 8 mostra o cronograma para a entrega da plataforma aérea que utilizará o modelo ADB-3-30.

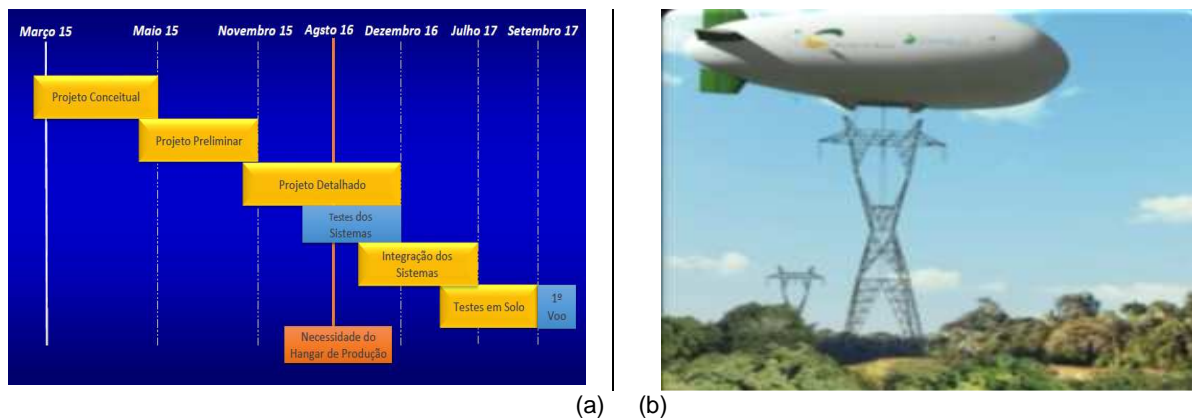


FIGURA 8 – Fase do projeto: (a) Cronograma para o ADB-3-30; (b) ilustração do ADB-3-30

O desenvolvimento do ADB 3-30E já está em fase de Projeto Conceitual. Estão sendo efetuadas avaliações de dimensionamento do envelope, para definição final do Projeto Conceitual da Estrutura da Gondola e dos sistemas diversos (Eletro/Eletrônico, Avionicos, Grupo Moto-Propulsor, Lastro, Balonetes, ...).

Dentro do Projeto Conceitual, está sendo desenvolvida a Plataforma Estabilizadora para os trabalhos de Inspeção e Manutenção de linhas energizadas.

5.0 - ROTAS DE OPERAÇÃO DA PLATAFORMA AÉREA

O projeto da plataforma aérea utilizará 8 (oito) rotas de operação, conforme indicadas na figura 9:

Com a utilização da plataforma aérea na Eletronorte, não existirá mais a necessidade de dois deslocamentos (um para inspeção e outro para realizar a manutenção) reduzindo acentuadamente o atual tempo de descasamento entre a anormalidade detectada na inspeção com o tempo de realização do reparo da anormalidade detectada. O custo de manter os diversos acessos para se chegar ao sistema de transmissão é também eliminado, pois o acesso passa a ser somente por cima. Quanto a construção de novos empreendimentos, existe uma grande perda a qual está relacionada ao problema socioambiental devido ao desmatamento e a violação de sítios arqueológicos. Com o novo processo, existirá uma nova forma de trabalho que mitigará uma boa parte dos impactos socioambientais, bem como promoverá uma acentuada redução de tempo para construir o empreendimento, haja vista que não será necessário criar vários pontos de acampamentos, balsas ou quaisquer outros veículos com estruturas de guindastes. Eliminará, também a abertura de corredores de passagem das linhas de transmissão para convecções de bases e de torres, bem como para o lançamento dos cabos condutores de energia.

Ressalta-se que a manutenção preventiva e corretiva terá uma inversão da lógica atual de trabalho das equipes de linhas de transmissão, ou seja, se terá uma nova logística de manutenção e de construção de novos empreendimentos em sistemas de transmissão elétrica.

É certo que o sucesso deste projeto terá, como consequência, inúmeras vantagens aos atuais modelos utilizados e/ou inexistentes, além de possibilitar maior segurança na execução dos serviços, maior confiabilidade e agilidade na execução de atividades.

Um destaque especial se refere ao baixo impacto ambiental nas expansões e no restabelecimento do sistema de transmissão na região norte do Brasil, além de colocar mais qualidade de vida aos eletricitistas de linha que terá a gravidade a seu favor nos seus serviços, um sistema de hospedagem confortável e um novo regime de trabalho por plataforma. No ponto de vista da empresa, tem-se a redução de custos de manutenção e maior qualidade no atendimento ao sistema elétrico.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Patente USPTO US4478312 – System and Portable Cage for Servicing power Transmission Lines
- [2] Patente USPTO US5328133 – System for Carrying Equipment and/or a Workman to a High Voltage Line or Installations
- [3] Patente USPTO US6231007 – Method for the Precise Setting Down or Picking Up of Cargo From Airships”

9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Wady Charone Júnior nasceu no Amapá, Brasil, em 1958. Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará, recebeu o título de Mestre em Engenharia Elétrica pela UNB. Como Engenheiro, trabalhou na Monasa Consultoria e Projetos, atuando na área de desenvolvimento de projetos de usinas hidrelétricas e de subestações. Na Themag Engenharia trabalhou desenvolvendo estudos de planejamento do sistema eletroenergético de Tucuruí. Em 1984 ingressou na Eletronorte como Engenheiro de Operação desenvolvendo estudos elétricos nas áreas de Fluxo de Potência, Transitórios Eletromagnéticos e Transitórios Eletromecânicos. Gerenciou o Centro de Operação da Eletronorte, e implantou o processo de efetuar estudos do sistema elétrico em ambiente de tempo real. Em 2005 assumiu a Diretoria de Operação da Eletronorte, estando nesta função até o presente momento.

Marcelo Augusto Felippes nasceu no Rio de Janeiro, Brasil, em 1957. Graduiu-se pela Academia Militar das Agulhas Negras, Graduação em Logística e Administração em 1978. Mestrado na Escola de Aperfeiçoamento do Exército, **Brazil**. Doutorado pela Escola de Comando e Estado-Maior do Exército, **Brasil**, ratificado na Universidade de Miami – EUA (revalidado pela UM). Mestre em Logística pela, Escuela Superior del Ejército, Venezuela. MBA em Gestão Estratégica, Política e Altos Estudos, Brasil, MBA em Gerência de Transporte pelo Instituto de Investigación y Postgrado, **Venezuela**. Fort Eustis, Transportation Advanced Course, **EUA**. Oficial da reserva do Exército Brasileiro. Membro da associação Internacional de Dirigíveis e Mentor do Projeto Dirigíveis do Exército Brasileiro desde 1990. Professor Doutor da Universidade Católica de Brasília e Professor Doutor convidado da Universidade de Miami – EUA. Autor de diversas publicações destacando: Airship in the Amazon, National Defense Review, **Brazil**, 1996, Airship in the Armed Forces, Revista Ejército de Tierra Español, **Spain**, 1998, Airship in the Amazon, Revista Transporte na Amazônia (several issues), **Brazil**, 1995 – 1996, Airship in Latin America, Scientiarium, **Venezuela**, 2001. Atuou em diversas áreas e atualmente é Diretor da Airship do Brasil e professor convidado da Universidade de Miami – Coral Gables – EUA.

Neusa Maria Lobato Rodrigues nasceu em Abaetetuba, Pará, Brasil, em 1957. Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará em 1979. Mestre em Engenharia da Energia pela Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, Pós Graduada em “O Novo Arcabouço Regulatório, Institucional e Organizacional dos Setores Elétrico e de Gás Natural” pela USP, UNICAMP e UNIFEI, e em Gestão da Tecnologia e Inovação pela UNICAMP. MBA Executivo com Especialização em Administração pelo Instituto COPPEAD - UFRJ. Funcionária da Eletronorte há 30 anos, atuando em diversas áreas. Há 12 anos atua na área de Inovação Tecnológica e Eficiência Energética. Atualmente é Superintendente de Gestão da Inovação Tecnológica e Eficiência Energética da Eletronorte.

Geraldo Bernardino Guedes nasceu em Malacacheta, Minas Gerais, Brasil, em 1951. Graduiu-se em Engenharia Elétrica pela Faculdade Estadual de Ituiutaba- MG em 1977. Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Fundação Mineira de Educação e Cultura – FUMEC em BH-MG em 1981. Trabalhou na Eletronorte durante 30 anos como engenheiro de Manutenção de Linhas de Transmissão, sendo responsável entre outros pela capacitação dos Eletricitistas de Manutenção em Linha Viva em extra e ultra alta tensão.

Antonio Carlos Daud Filho, nasceu em São Paulo, Brasil, em 1990. Graduiu-se em Engenharia Aeronáutica pela Universidade de São Paulo em 2013 e desde essa data é engenheiro aeronáutico da Airship do Brasil Indústria Aeronáutica Ltda.