



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2022

FELIPE AUGUSTO DA SILVA, Cap Esp Com

**Modernização da Casa de Força da Estação de Apoio ao Controle do Espaço
Aéreo de Floriano - PI**

Rio de Janeiro

2022

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2022

FELIPE AUGUSTO DA SILVA, Cap Esp Com

**Modernização da Casa de Força da Estação de Apoio ao Controle do Espaço
Aéreo de Floriano - PI**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Gestão Institucional

Orientador: Wellington Azevedo dos Santos,
Maj Inf

Rio de Janeiro

2022

FELIPE AUGUSTO DA SILVA, Cap Esp Com

**Modernização da Casa de Força da Estação de Apoio ao Controle do Espaço
Aéreo de Floriano - PI**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da
Aeronáutica.

Aprovado por:

Wellington Azevedo dos Santos, Maj Inf
EAOAR

Eduardo Mendes **Marcondes**, Maj Av
EAOAR

Rio de Janeiro

2022

RESUMO

O modelo de Casa de Força (KF) utilizado na concepção do projeto da Estação de Apoio ao Controle do Espaço Aéreo (EACEA) de Floriano-PI mostrou ser inadequado para aquela localidade, devido a ocorrência de instabilidades e quedas da energia elétrica comercial, ocasionando prejuízos para União, e impactos operacionais para a aviação civil. Nesse cenário, a energia solar surge como opção para modernização da KF daquela estação, e propõe-se que a implantação de um sistema fotovoltaico com armazenamento em baterias conectado à rede, na EACEA-Floriano, aumentará a eficiência do serviço de controle de tráfego aéreo prestado pelo Centro de Controle de Área (ACC) de Recife. A defesa desta tese baseia-se em dois argumentos, onde o primeiro afirma que haverá um aumento da confiabilidade do Serviço Móvel Aeronáutico, através da instalação de um sistema de energia equilibrada e estável na localidade, o que reduzirá a probabilidade de medidas de controle de fluxo aéreo naquele setor. O segundo argumento sustenta que haverá redução das despesas com a manutenção e substituição de equipamentos, bem como dos custos fixos com a energia elétrica daquela estação. Ao adotar essa solução, a FAB demonstra para sociedade preocupação com a garantia da qualidade do serviço prestado à sociedade, e também com a redução da emissão de poluentes no meio ambiente. Dessa forma, a estação de Floriano poderá ser usada como projeto-piloto para implementação desta solução em outras EACEA que estejam sujeitas a condições semelhantes.

Palavras-chave: Sistema Fotovoltaico. Controle de Tráfego Aéreo. Eficiência. Confiabilidade. Economia.

1 INTRODUÇÃO

O Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB) possui uma vasta infraestrutura composta por diversas Estações de Apoio ao Controle do Espaço Aéreo (EACEA), distribuídas em todo o território nacional. Tais estações dão suporte ao Serviço Móvel Aeronáutico (SMA), provendo cobertura das comunicações VHF (do inglês, *Very High Frequency* ou Frequência Muito Alta) entre aeronaves e os Centros de Controle de Área (ACC). Esses sistemas possuem necessidades específicas que exigem alta disponibilidade de seus meios de comunicação (BRASIL, 2011).

Cada estação causa diferentes impactos para o SISCEAB quando sujeita a indisponibilidade de meios técnico-operacionais, dependendo da quantidade de rotas e do volume de tráfego aéreo em sua área de cobertura. Nesse sentido, o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) busca correlacionar a arquitetura da Casa de Força (KF) de acordo com a disponibilidade esperada e a Estação com maior grau de importância para o sistema (BRASIL, 2019).

Em 2018 foi instalada a EACEA Floriano-PI, para melhorar a cobertura VHF do ACC Recife. O modelo de KF utilizado nesse projeto é indicado para localidades com baixo histórico de quedas e oscilações de energia da rede comercial, pois não dispõe de gerador a diesel como fonte emergencial de energia. No entanto, desde 2020 vem ocorrendo registros de diversas quedas e oscilações de energia comercial naquela localidade, que causaram perda de equipamentos e impactos operacionais para o controle de tráfego aéreo, conforme histórico do Módulo de Controle de Inoperâncias (MCI) do Sistema Integrado de Logística de Material e de Serviços (SILOMS). Isso demonstra que o modelo adotado no local não foi o mais adequado, e por esse motivo propõe-se a modernização da arquitetura da sua KF.

Nesse contexto, este trabalho defende a tese de que a implantação de um sistema fotovoltaico com armazenamento em baterias conectado à rede, na EACEA de Floriano-PI, aumentará a eficiência do serviço de controle de tráfego aéreo prestado pelo ACC Recife.

A defesa desta tese baseia-se em dois argumentos, onde o primeiro afirma que haverá um aumento da confiabilidade do SMA através da instalação de um sistema capaz de fornecer energia equilibrada e estável na localidade, o que reduzirá a probabilidade de medidas de controle de fluxo aéreo naquele setor.

O segundo argumento sustenta que haverá redução de despesas com a manutenção e substituição de equipamentos, bem como dos custos fixos com energia elétrica daquela EACEA.

2 DESENVOLVIMENTO

Segundo Câmara (2011), os sistemas fotovoltaicos são classificados em três tipos distintos: sistemas isolados (*off-grid*), conectados à rede (*on-grid*) e híbridos. Todos os sistemas geram energia através de módulos solares que captam a luz do sol e a transformam em energia elétrica. Os sistemas isolados utilizam baterias para armazenar a energia excedente gerada durante o dia, e alimentar as cargas durante a noite ou período sem insolação.

Ainda segundo o autor, os sistemas conectados à rede podem, ou não, possuir baterias para armazenar a energia excedente, e utilizam a energia comercial durante a noite ou períodos de pouca insolação. Eles injetam a energia excedente gerada durante o dia diretamente na rede, criando crédito energético que será abatido na fatura mensal. Já os sistemas híbridos são uma combinação de um sistema fotovoltaico com outra forma de geração, como eólica ou motor-diesel. Para Barbosa, Silva e Melo (2007), um sistema fotovoltaico conectado à rede, com baterias, é usado como *back-up* em situações emergenciais e/ou localidades onde a rede comercial não apresenta boa qualidade.

2.1 Aumento da confiabilidade do SMA

No âmbito do SISCEAB, o ACC Recife é o órgão operacional responsável pelo controle do tráfego aéreo na Região de Informação de Voo de Recife (FIR-RE). Para isto, a FIR "é subdividida em setores, cuja finalidade é distribuir os recursos necessários para o provimento do serviço de tráfego aéreo em função da demanda de cada área" (LIMA, 2019). Ainda segundo o autor, a cada setor são designadas duas frequências na faixa de VHF, denominadas canais primários e secundários, e a correspondente infraestrutura em terra, para que a comunicação ocorra naquela região. De acordo com Teixeira (2019), a transmissão rádio de uma aeronave deslocando-se ao longo do espaço aéreo pode ser recebida por mais de uma estação em terra, mas o equipamento central de comunicações do Centro de

Controle faz a seleção automática da Estação que recebe o sinal de melhor qualidade.

Conforme o Manual do Comando da Aeronáutica (MCA) 100-17/2014:

a capacidade ATC (do inglês *Air Traffic Control*, ou Controle de Tráfego Aéreo) é o número de aeronaves dentro de uma porção específica do espaço aéreo, em um dado período de tempo, levando-se em conta as condições meteorológicas, a configuração do órgão ATC, o efetivo operacional e os equipamentos disponíveis, bem como quaisquer outros fatores que possam afetar a carga de trabalho do controlador responsável pelo espaço aéreo (BRASIL, 2014, p.11).

Segundo Koroishi (2019), quando a demanda excede a capacidade ATC, são necessárias ações chamadas de Medidas ATFM (do inglês *Air Traffic Management*, ou Gerenciamento de Fluxo de Tráfego Aéreo). Seguindo o mesmo raciocínio, tais medidas precisam ser tomadas quando a capacidade ATC é reduzida por qualquer razão, como indisponibilidade de comunicações, o que pode gerar atrasos, aumento do espaçamento entre aeronaves, mudanças de rota e outros impactos negativos para a aviação.

Do exposto, percebe-se a importância de se garantir o perfeito funcionamento de cada EACEA, uma vez que falhas de energia elétrica implicaram na indisponibilidade ou degradação das comunicações VHF e, conseqüentemente, ocasionando impactos operacionais no serviço de controle de tráfego aéreo. Para evitá-los, é necessário que o sistema de energia das KF das EACEA sejam confiáveis. De acordo com Johann (2018), a confiabilidade pode ser entendida como a probabilidade de um sistema ou equipamento desempenhar seu propósito adequadamente, isto é, não apresentar falhas durante um período de tempo determinado. Segundo o autor, a confiabilidade é função do tempo e das condições ambientais de uso, uma vez que um mesmo equipamento pode apresentar desempenho diferente, de acordo com as condições a que seja submetido.

Para Vaccaro (1997), a confiabilidade de um componente é a probabilidade de que o mesmo não venha a falhar durante um intervalo de tempo, o que é equivalente a calcular a probabilidade de que o componente esteja em pleno funcionamento até determinado instante. No caso do SMA, para que o sistema tenha maior confiabilidade deve-se investir na infraestrutura adequada para garantir a maior disponibilidade possível a todos os equipamentos que dão suporte às comunicações.

No sistema atual, apenas os rádios são alimentados pela UPS (do inglês, *Uninterruptible Power System* ou Fonte de Força Ininterrupta), como fonte de energia emergencial. No caso de falta de energia comercial, a estação fica sem climatização, o que força os equipamentos a trabalharem em altas temperaturas até o retorno da energia, se o problema ocorrer durante o dia.

Desta forma, pode-se concluir que, devido ao histórico recente de problemas de energia elétrica naquela região, a modernização da arquitetura da KF da EACEA-Floriano aumentará a confiabilidade do SMA do ACC-Recife, uma vez que um sistema de energia fotovoltaica com armazenamento em baterias, interligado à rede, pode prover energia para todas as cargas daquela estação, reduzindo a probabilidade de degradação das comunicações VHF, e conseqüentemente, minimizando a possibilidade de adoção de medidas de controle de fluxo para o tráfego aéreo naquele setor da FIR-RE.

2.2 Redução das despesas

Conforme previsto na Instrução do Comando da Aeronáutica (ICA) 66-36/2019, o projeto utilizado na EACEA-Floriano utiliza uma KF tipo 0, tendo a alimentação de entrada fornecida pela concessionária local e possui uma UPS como fonte de energia emergencial (BRASIL, 2019). Essa UPS utiliza um banco de baterias chumbo-ácidas estacionárias seladas, com capacidade para alimentar os equipamentos de comunicação por algumas horas em caso de queda da energia comercial. Ressalta-se que, numa situação como essa, o sistema de climatização permanece desligado até o retorno da energia.

Medeiros, Cavalcanti e Duarte (2020) classificam o clima da região de Floriano-PI como tropical com estação seca de inverno, sendo a temperatura máxima média de 29,3°C. Foi verificado pela equipe técnica que esteve no local que a temperatura interna do *shelter* dos equipamentos pode ultrapassar os 50°C, caso o sistema de climatização esteja inoperante.

Segundo Copetti e Macagnan (2007), a operação sob altas temperaturas pode provocar danos irreversíveis à bateria devido ao efeito da corrosão. Segundo os autores, a temperatura de operação pode se tornar um fator do processo de envelhecimento das baterias, por isso tais equipamentos devem ser acondicionados em condições ambientais adequadas para seu correto funcionamento.

Além disso, "altas temperaturas potencializam o efeito avalanche térmica, que é um processo definido pelo aumento contínuo da temperatura e da corrente de carga da bateria, sem que seja alcançada uma condição de estabilidade, até sua destruição" (PISENTI, 2012). Dessa análise, percebe-se a importância de um sistema de energia confiável, de forma a garantir o pleno funcionamento do sistema de climatização da EACEA e, conseqüentemente, economia de recursos com a substituição de bancos de baterias da UPS danificados por operarem em condições de temperaturas excessivamente altas por longo tempo.

Para minimizar a possibilidade de ocorrência de novas situações desse tipo, a implantação de um sistema fotovoltaico com armazenamento em baterias conectado à rede surge como uma solução, visto que esse sistema pode suprir toda a carga da estação, incluindo o sistema de climatização, desde que bem dimensionado. Com isso, as baterias da UPS e do sistema fotovoltaico, bem como dos demais equipamentos sensíveis à temperatura operariam sempre em ambiente climatizado, mesmo em caso de falta de energia.

Outra análise que deve ser feita é em relação à possibilidade de redução do custo fixo com energia elétrica para a EACEA.

A partir de 2012 a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) deu início ao incentivo e regularização governamental, publicando a Resolução Normativa nº 482, a qual permitiu a instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede por consumidores de pequeno porte, criando o sistema de compensação tarifária e incentivando o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica (ARAÚJO et al, 2022, p.1).

Nesse contexto, os autores realizaram um estudo com o objetivo de simular o desempenho de um sistema fotovoltaico com sistema de armazenamento de energia interligado à rede para alimentar um hospital público. O resultado demonstrou que há viabilidade econômica para realização desse projeto, considerando o período de vida do sistema fotovoltaico e as possibilidades de variações econômicas. No melhor cenário, o investimento inicial teria o retorno em aproximadamente 5 anos para o projeto adotado.

Cunha (2021) corrobora com o estudo anterior, afirmando que a utilização de baterias em conjunto com o sistema fotovoltaico permite reduzir a variação da geração da fonte de energia renovável, e suprir a energia da carga durante falhas ou desligamentos. Além disso, permite consumir a energia armazenada nas baterias em períodos sem geração fotovoltaica, utilizando o mínimo de energia da

concessionária, e possibilita a injeção de energia excedente na rede elétrica comercial, acarretando desconto na fatura de energia elétrica. Todo o exposto traduz-se como aumento da eficiência do serviço de controle do espaço aéreo prestado pelo ACC Recife, pois, conforme Castro, Castro e Castro (2017), a eficiência é um dos princípios norteadores da Administração Pública, determinando que suas atividades sejam realizadas com presteza, perfeição, produzindo resultados que supram a necessidade da população, e sejam executadas de forma econômica, dentro dos critérios legais e morais necessários para melhor utilização dos recursos públicos.

3 CONCLUSÃO

O modelo de KF utilizado na concepção do projeto da EACEA-Florianópolis demonstrou ser inadequado para a realidade da localidade, a qual mostrou-se muito suscetível a instabilidades e quedas da energia elétrica comercial, o que tem ocasionado prejuízos para União e impactos operacionais para a aviação civil, demonstrando necessidade de se modernizar a KF da estação.

Nesse cenário, a energia solar surge como opção possível e propõe-se que a implantação de um modelo de sistema fotovoltaico com armazenamento em baterias conectado à rede, na EACEA de Florianópolis-PI, aumentará a eficiência do serviço de controle de tráfego aéreo prestado pelo ACC Recife.

Foi apresentado que haverá um aumento da confiabilidade do SMA através da instalação de um sistema capaz de fornecer energia equilibrada e estável na localidade, o que reduzirá a probabilidade de medidas de controle de fluxo aéreo naquele setor.

Também foi analisada a possibilidade de redução de despesas com a manutenção e substituição de equipamentos, bem como dos custos fixos com energia elétrica daquela EACEA.

Ao adotar um sistema de energia renovável em detrimento de sistemas tradicionais movidos a combustíveis fósseis, a Força Aérea Brasileira demonstra para sociedade preocupação com a garantia da qualidade do serviço prestado, e também com a redução da emissão de poluentes no meio ambiente. Assim, a EACEA-Florianópolis poderá ser usada como projeto-piloto para implementação desta solução em outras EACEA que estejam sujeitas a condições semelhantes.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, R. S.; RODRIGUES, M. J. S.; BRITO, A. U.; MACÊDO, W. N. Dimensionamento, simulação e análise econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede com armazenamento de energia, para um hospital em Macapá. 2022. **IX Congresso Brasileiro de Energia Solar**. Florianópolis, 23 a 27 mai. 2022. Disponível em: <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1136>. Acesso em: 15 out. 2022.
- BARBOSA, E. M. S.; SILVA, D. O.; MELO, R. O. Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede com Baterias Sistema UFPE-Brasil. **Revista Avances en Energias Renovables y Medio Ambiente**. V.11, 2007. Argentina. ISSN 0329-5184. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/92711>. Acesso em 31 out. 2022.
- BRASIL, Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria nº 79/DGCEA, de 10 de maio de 2011. Aprova a reedição dos Requisitos Básicos das Redes de Comunicações do COMAER (DCA 102-11). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n.098, f.3878, 24 mai.2011.
- BRASIL, Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria nº 81/SDOP, de 06 de agosto de 2014. Aprova a edição da Capacidade de Setor ATC (MCA 100-17). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n.160, f.7238, 26 ago.2014.
- BRASIL, Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Portaria nº 78/DGCEA, de 07 de junho de 2019. Aprova a edição da norma técnica para implantação ou substituição de sistemas de energia para o Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (ICA 66-36). **Boletim do Comando da Aeronáutica**, Rio de Janeiro, n.105, f.7818, 18 jun.2019.
- CÂMARA, C. F. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. 2011. Monografia (Pós-graduação *latu sensu* em Formas Alternativas de Energia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2011.
- CASTRO, M. M.; CASTRO, M. B. M; CASTRO, M. A. Princípio da eficiência da Administração Pública: Qualidade de serviços prestados à sociedade. **Revista científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, ano MMXVII, n. 000113, 16 out.2017. Disponível em <https://semanaacademica.org.br/artigo/principio-da-eficiencia-da-administracao-publica-qualidade-de-servicos-prestados-sociedade>. Acesso em : 01 nov. 2022.
- COPETTI, J. B.; MACAGNAN, M. H. Baterias em sistemas solares fotovoltaicos. 2007. **I Congresso Brasileiro de Energia Solar**. Fortaleza, 8 a 11 abr. 2007. Disponível em:<http://professor.unisinos.br/jcopetti/artigos/cbens2007.PDF>. Acesso em: 16 out. 2022.

CUNHA, A. M. C. **Aspectos de energia e potência vinculados a um sistema de armazenamento de energia através de baterias operando em conjunto com um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica.** 2021. Monografia (Especialização em Energias Renováveis: Geração, Operação e Integração) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2021.

JOHANN, T. E. **Análise de confiabilidade de sistemas alternativos de energia aplicados a uma estação retransmissora de televisão digital.** 2018. Projeto de Pesquisa (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade do Vale dos Sinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, 2018.

KOROISHI, G. O. **Otimização de medidas de controle de fluxo de tráfego aéreo para múltiplos elementos regulados.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, 2019.

LIMA, R. S. **Detecção de falhas no processo de comunicação e análise dos impactos sobre a segurança de voo pelo controle de tráfego aéreo.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, 2019.

MEDEIROS, R. M.; CAVALCANTI, E. P.; DUARTE, J. F. M. Classificação climática de Koppen para o Estado do Piauí-Brasil. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí.** V.9. N.3. 2020. ISSN 2317-3491. Disponível em: <https://doi.org/10.26694/equador.v9i3> . Acesso em: 06 out. 2022.

PISENTI, G. R. **Medição remota como estratégia de monitoramento de baterias estacionárias:** Estudo de caso de uma subestação de energia elétrica. 2012. Dissertação (Mestrado em Metrologia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012..

TEIXEIRA, J. N. M. **Cobertura VHF suportada por uma rede IP para o uso de VoIP.** 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Telecomunicações e Informática) – Departamento de Ciências e Tecnologia da Informação, Instituto Universitário de Lisboa, 2019.

VACCARO, G. L. R. **Modelagem e análise da confiabilidade de sistemas.** 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 1997.