

*Revista Eletrônica*

# ***AeroDesign***

*Magazine*



**Volume 15 - Número 1 – 2023**

**ISSN - 2177-5907**

## **Revista Eletrônica AeroDesign Magazine**

A Revista Eletrônica AeroDesign Magazine é um veículo de divulgação do site EngBrasil e do Núcleo de Estudos Aeronáuticos, com publicação anual.

Além dos trabalhos de produção científica de autoria do Prof. Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues, de estudantes sob sua orientação e de professores e estudantes de diversas instituições de ensino, faz divulgação de artigos técnicos, cursos, documentos, eventos e entrevistas de interesse acadêmico sobre aspectos relacionados diretamente com o desenvolvimento da engenharia aeronáutica.

## Sumário

ISSN - 2177-5907

Vol. 15, nº 1 (2023)

### Sumário

#### Editorial

#### Artigos Técnicos

##### **Ensaio de Fadiga no Alumínio-Lítio AA2050-T84 Utilizado na Embraer**

Driely Mouzinho de Oliveira Silva - IFSP Campus Salto

Gleiciane Rosa de Jesus Anjos - IFSP Campus Salto

##### **Jean Marie Le Bris**

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues - IFSP Campus Salto

##### **Os Planadores de Otto Lilienthal**

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues - IFSP Campus Salto

##### **Percy Sinclair Pilcher**

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues - IFSP Campus Salto

##### **John Joseph Montgomery**

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues - IFSP Campus Salto

##### **Lawrence Hargrave**

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues - IFSP Campus Salto

##### **Octave Chanute**

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues - IFSP Campus Salto

##### **Augustus Moore Herring**

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues - IFSP Campus Salto

## Editorial

É com grande honra e entusiasmo que a *Revista Eletrônica AeroDesign Magazine* apresenta ao público o Volume 15, Número 1, de 2023, reafirmando seu compromisso com a disseminação do conhecimento técnico, científico e histórico no campo da engenharia e da aviação. Ao longo de sua trajetória, a revista tem se consolidado como um espaço de diálogo entre diferentes áreas do saber, valorizando tanto a pesquisa experimental e aplicada quanto os estudos históricos que preservam a memória dos pioneiros do voo. Esta edição reflete plenamente essa proposta, reunindo artigos que transitam entre a engenharia de materiais aeronáuticos e a rica história da aviação pré-motorizada, compondo um volume coeso, profundo e intelectualmente estimulante.

Abrindo esta edição, o artigo “Ensaio de Fadiga no Alumínio-Lítio AA2050-T84 Utilizado na Embraer”, de Driely Mouzinho de Oliveira Silva e Gleiciane Rosa de Jesus Anjos, ambas do IFSP Campus Salto, representa uma importante contribuição técnica para a engenharia aeronáutica contemporânea. O estudo aborda um tema de elevada relevância industrial: o comportamento em fadiga de ligas avançadas de alumínio-lítio, amplamente utilizadas em estruturas aeronáuticas modernas. As autoras exploram os fundamentos do ensaio de fadiga, discutem as propriedades mecânicas do material AA2050-T84 e destacam sua aplicação em aeronaves produzidas pela Embraer. O artigo evidencia a importância da análise da vida útil dos materiais submetidos a carregamentos cíclicos, reforçando o papel da engenharia de materiais na segurança, eficiência e confiabilidade das aeronaves. Trata-se de um trabalho que dialoga diretamente com os desafios atuais da indústria aeronáutica, unindo rigor técnico e relevância prática.

Na sequência, esta edição convida o leitor a realizar uma verdadeira viagem pelas origens do voo humano, por meio de uma série de artigos históricos dedicados a figuras fundamentais do desenvolvimento da aviação. Esses estudos resgatam trajetórias muitas vezes pouco conhecidas do grande público, mas absolutamente essenciais para a consolidação do conhecimento aerodinâmico e estrutural que permitiu o surgimento da aviação moderna.

O artigo “Jean Marie Le Bris”, de autoria de Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues, apresenta a história de um dos pioneiros mais intrigantes do século XIX. Le Bris, marinheiro francês, desafiou os limites do conhecimento de sua época ao construir e testar planadores inspirados no voo das aves. O texto destaca sua ousadia, suas concepções aerodinâmicas e as dificuldades enfrentadas em um período no qual a ciência do voo ainda estava em seus primórdios. Ao resgatar essa trajetória, o artigo valoriza a experimentação empírica e a intuição técnica como motores fundamentais da inovação.

Dando continuidade, o artigo “Os Planadores de Otto Lilienthal” revisita a obra de um dos mais importantes nomes da história da aviação. Considerado por muitos como o “pai do voo planado”, Lilienthal contribuiu de forma decisiva para a compreensão da sustentação e do controle aerodinâmico. O texto apresenta suas pesquisas, seus experimentos sistemáticos e o impacto de seus planadores sobre gerações posteriores de inventores. A narrativa evidencia como o rigor científico aliado à coragem pessoal permitiu avanços significativos no entendimento do voo, mesmo diante dos riscos inerentes à experimentação.

Em “Percy Sinclair Pilcher”, o leitor é apresentado à trajetória de um engenheiro e inventor britânico cuja contribuição foi interrompida de forma trágica, mas cujo legado permanece relevante. O artigo discute seus projetos de planadores, suas influências teóricas e suas tentativas de avançar rumo ao voo motorizado. Ao destacar Pilcher, o texto ressalta como a história da aviação é também marcada por tentativas, erros e sacrifícios que pavimentaram o caminho para conquistas futuras.

O artigo “John Joseph Montgomery” amplia esse panorama histórico ao abordar a obra de um pioneiro norte-americano que desenvolveu pesquisas aerodinâmicas avançadas para sua época. Montgomery dedicou-se ao estudo científico do voo planado, contribuindo para o aprimoramento do controle e da estabilidade das aeronaves. O texto evidencia a importância de sua abordagem acadêmica e experimental, demonstrando como seus estudos influenciaram o desenvolvimento da aviação nos Estados Unidos.

Na sequência, “Lawrence Hargrave” apresenta a trajetória de um dos inventores mais criativos e visionários do século XIX. Hargrave destacou-se pelo desenvolvimento de pipas estruturais e pela introdução de conceitos fundamentais sobre estabilidade e sustentação. O artigo ressalta sua generosidade intelectual, ao optar por não patentear suas invenções, permitindo que seus estudos fossem livremente utilizados por outros pesquisadores. Essa postura colaborativa contribuiu de forma decisiva para o avanço coletivo do conhecimento aeronáutico.

O artigo “Octave Chanute” destaca um personagem singular na história da aviação: mais do que inventor, Chanute foi um grande sistematizador e divulgador do conhecimento. O texto apresenta sua atuação como engenheiro, pesquisador e mentor de diversos pioneiros, incluindo os irmãos Wright. Ao reunir, analisar e difundir informações técnicas sobre voo, Chanute exerceu um papel fundamental na consolidação da aviação como campo científico e tecnológico estruturado.

Encerrando esta edição, o artigo “Augustus Moore Herring” resgata a trajetória de um pioneiro frequentemente ofuscado por nomes mais conhecidos, mas cuja atuação foi decisiva nos primórdios da aviação norte-americana. O texto aborda suas experiências com planadores e aeronaves motorizadas, bem como sua participação em disputas técnicas e conceituais sobre a autoria do primeiro voo controlado.

Ao apresentar Herring, o artigo contribui para uma compreensão mais ampla e equilibrada da complexa história do nascimento da aviação.

O Volume 15, Número 1 (2023) da *Revista Eletrônica AeroDesign Magazine* se apresenta, portanto, como uma edição que harmoniza passado e presente, técnica e história, engenharia e humanidade. A coexistência de um estudo avançado sobre materiais aeronáuticos com uma série de artigos dedicados aos pioneiros do voo evidencia a importância de compreender a aviação não apenas como um conjunto de tecnologias, mas como uma construção histórica, científica e cultural.

A revista reafirma, com este volume, seu compromisso com a formação acadêmica, com a valorização da pesquisa e com a preservação da memória aeronáutica. Agradecemos aos autores que contribuíram para esta edição, bem como aos leitores que, a cada novo número, fortalecem este espaço de divulgação e reflexão.

Que este volume inspire novas pesquisas, desperte a curiosidade intelectual e reforce a admiração por aqueles que, com engenhosidade e coragem, ousaram sonhar com o voo.

*Prof. Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues*

# Artigos

## Ensaio de Fadiga no Alumínio-Lítio AA2050-T84 Utilizado na Embraer

**Driely Mouzinho de Oliveira Silva**  
Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de São Paulo  
[drielymouzinho@gmail.com](mailto:drielymouzinho@gmail.com)

**Gleiciane Rosa de Jesus Anjos**  
Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de São Paulo  
[gleicerosah@gmail.com](mailto:gleicerosah@gmail.com)

### Resumo

Este artigo busca de forma redundante introduzir e explicar os testes e ensaios de fadiga feitos no alumínio-lítio AA2050-T84, metal utilizado em aeronaves da Embraer. Este ensaio é de importância extrema principalmente quando temos o fator segurança em jogo pois este estipula a vida útil de um material que sofre diversos impactos, seja natural ou não, já que aviões estão em constante contato com diferentes densidades e umidades de ar além de imprevistos ao longo do voo.

### Palavras-chave

Ensaio de Fadiga, Metodologia, Ensaio de Materiais.

### 1 - Introdução

Não é novidade que as aeronaves são atualmente o meio de transporte mais utilizado no mundo, e por essas e outras que se faz necessário o teste de fadiga em suas peças já que é um meio de locomoção de grande porte e extremamente bem calculado. Qualquer peça cuja o desgaste ocorra antes do previsto pode comprometer inúmeras vidas.

Atualmente o grande enfoque no desenvolvimento de aeronaves está na busca de possibilidades para a redução de peso, empregando materiais de alta resistência e baixo peso, sendo assim possuindo um grande desempenho mecânico e baixo gasto de combustível.





Figura 1 – Aeronave Embraer 195.

Por isso o ensaio de fadiga é utilizado, para especificar limites de tensões e tempo máximo para uso de alguma peça ou elemento. Ele consiste em aplicar cargas ou deformações (geralmente senoidais) em componente ou corpo de prova.

As aeronaves feitas pela Embraer também utilizam o alumínio-lítio AA2050-T84 e este material foi ressignado a ensaios mecânicos de tração e tenacidade a fratura em criogenia e ensaios de propagação de trinca por fadiga em condições corrosivas, com nevoa salina e concentração de 3,5 e 5% NaCl para determinação do prelúdio da taxa de propagação de trinca por fadiga com razões de carga  $R=0,1$  e  $0,5$ .

## 2 – Falha por Fadiga

O processo de falha por fadiga ocorre em três estágios para propagação da trinca por fadiga: nucleação de um ou mais micro trincas, propagação da trinca nos planos de alta tensão de tração formando bandas de deslizamento e fratura final.

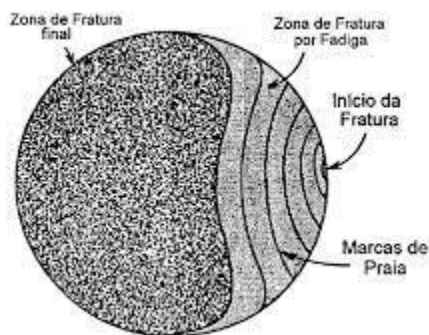


Figura 2 - Ruptura por fadiga.

### **Estágio I: Nucleação**

A falha em componentes mecânicos por fadiga geralmente se dá na superfície do material ou regiões de tensão máxima e influenciadas por micro trincas, riscos, entalhos e inclusões. A nucleação superficial se deve ao fato de os grãos superficiais não serem tão sustentados mutualmente quanto os grãos do interior, ocorrendo assim a deformação com maior facilidade.

Se o aumento de tensão é nulo, pequenas micros trincas surgem devido a amplitude da deformação. Quando há um deslocamento na superfície bandas de deslizamento são criadas em diversos planos que resulta em uma superfície rugosa, sendo assim, a falha de resistência por fadiga é abrangente em ligas que não estão sujeitas a deformação localizada.

O aumento da trinca em bandas de deslizamento segue a profundidade da trinca inicial nos planos de maior tensão de cisalhamento seguindo a orientação do grão de preferência. As alterações estruturais, como intrusões e extrusões, podem ser unicamente responsáveis, pelo início de trincas ou podem interagir com os defeitos estruturais ou geométricos existentes. Os danos estruturais que podem ser observados neste estágio podem ser removidos por tratamento térmico e mecânicos adeptos.

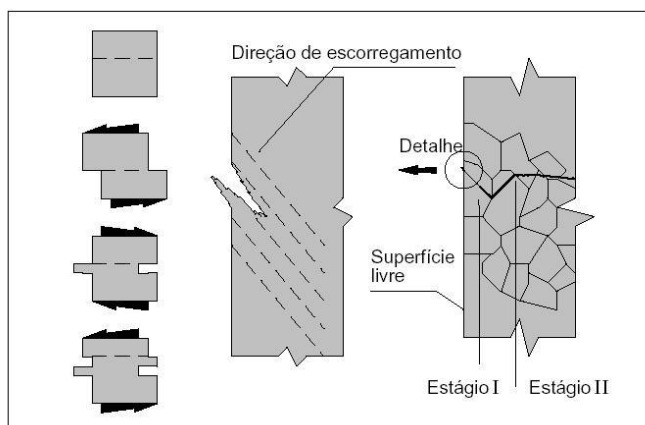


Figura 3 - Intrusões e Extrusões segundo Forsyth (1956-1958).

### **Estágio II: Propagação das trincas nos planos de alta tensão de tração.**

A mudança de estágio I para o estágio II ocorre devido á tensão de cisalhamento reduzir e a de tração aumentar na ponta da trinca. O crescimento da trinca nos planos de aumento da tensão de tração corresponde a propagação da trinca em um plano que é perpendicular a direção de máxima tensão de tração.

A propagação da trinca por fadiga no estágio II deixa estrias na superfície de fratura. Estas estrias são curvas mínimas perpendiculares à direção de propagação da trinca. Entretanto, variações na microestrutura e tensão local podem mudar a direção do plano da fratura e alinhamento das estrias.

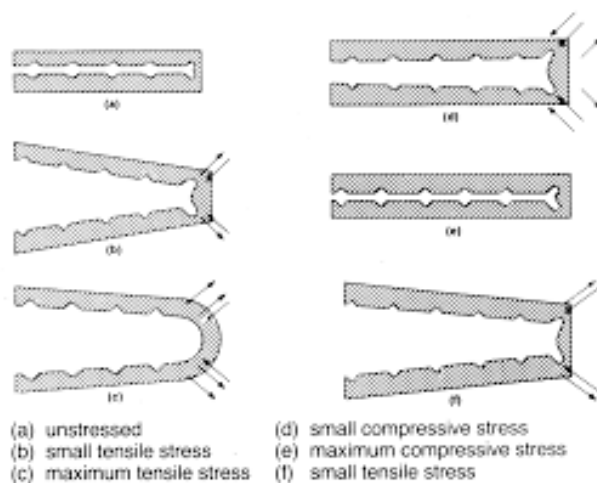


Figura 4 - Propagação de trinca por fadiga.

### Estágio III: Ruptura

Estágio final da fratura frágil, é quando o modo de formação das estrias por fadiga é deslocado para o modo de fratura estático, tal como ruptura dúctil. O  $K_{max}$  tem a tendência a se aproximar de  $K_{Ic}$  e essa região sofre grande influência da microestrutura, por conta de condições de carregamento e apresenta inclinação de planos a 45° com eixo cíclico.

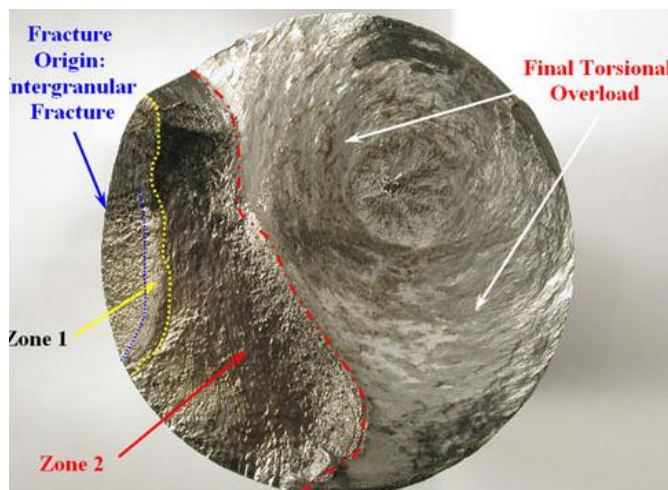


Figura 5 - Superfície da fratura por fadiga.

A fadiga pode se classificar de acordo com os níveis de baixo e alto ciclo. A de alto ciclo ocorre com número de ciclos acima de  $10^5$ , nessas condições as deformações elásticas são muito maiores que as deformações plásticas, pois a tensão que se aplica é menor do que a limitação de escoamento do material.

A de baixo ciclo possui magnitude elevada onde deformações cíclicas se estendem até a região plástica e a vida em fadiga é menor que  $10^5$ . Assim para a fadiga com níveis altos de tensão, o estágio de propagação predomina (CALLISTER JUNIOR, 2006).

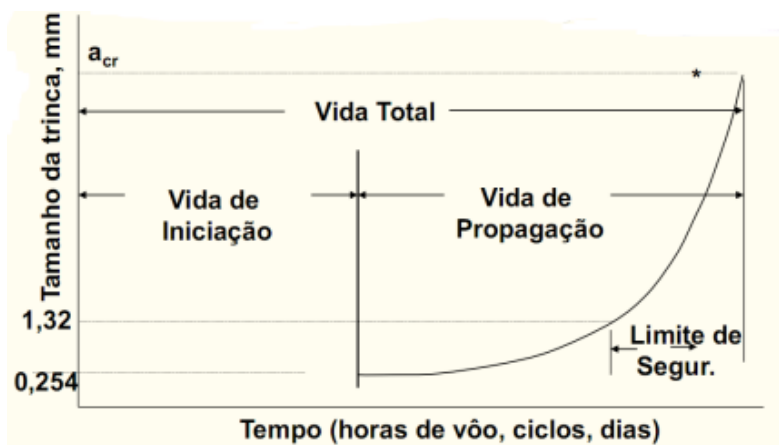


Figura 6 - Iniciação e propagação da vida em fadiga.

### 3 - Mecânica da Fratura Aplicada à Fadiga

A mecânica da fratura aplicada à fadiga, aceita a pré-existência e o crescimento de trincas em componentes estruturais. Em muitos casos, o material não pode ser considerado homogêneo, pois sempre existem defeitos oriundos do processo de fabricação. Nestes casos, a vida em fadiga depende só da resistência à propagação dos defeitos do material e a previsão da resistência mecânica deve levar em conta a propagação da trinca (ROSA, 2002).

A norma ASTM-647-13 tem o intuito de determinar a taxa de propagação de trinca por fadiga a partir da região de limite  $\Delta K_0$ , região limiar à região de instabilidade sob a ação de  $K_{MAX}$ . O método busca estabilizar a influência da propagação de trinca por fadiga na vida de elementos sujeitos a carregamentos cíclicos, fornecer dados gerados em condições representativas e associar seus resultados com o fator intensidade de atenção crítico do material.

O fechamento de trinca pode ter forte influência na taxa de propagação de trinca por fadiga. ( $da/dN$ ), principalmente na região do limiar, com baixos valores de razão de carga ( $R$ ). A compreensão do processo do fechamento de trinca é essencial para identificar a influência de pequenas trincas e da transição da taxa de propagação durante seu carregamento.

Para avaliar a propagação da trinca de fadiga se utiliza a relação em que a taxa de crescimento da trinca está em associação à variação do fator de intensidade de intenção na ponta da trinca:

$$\Delta K = K_{MAX} - K_{MIN} \quad (1)$$

De acordo com a mecânica da fratura linear elástica o fator de intensidade caracteriza o estado de atenção à frente de uma trinca aguda tendo relação com a tensão aplicada ( $\sigma$ ), ao comprimento da trinca ( $a$ ) e uma função ( $f(a/w)$ ) que depende da geometria e das condições de carregamento.

Segundo Ruchert (2007), se considerar um corpo de prova que está submetido a carregamentos cíclicos, de tensões remotas no modo I de carregamento e submetido a uma variação de tensão constante, a variação de intensidade de tensão  $\Delta K_I$  é definida como:

$$\Delta K_I = K_{IMAX} - K_{IMIN} \quad (2)$$

$$\Delta K_I = f\left(\frac{a}{W}\right) (\sigma_{IMAX} - \sigma_{IMIN}) \sqrt{\pi a} \quad (3)$$

$$\Delta K_I = f\left(\frac{a}{W}\right) \Delta \sigma \sqrt{\pi a} \quad (4)$$

Onde:

$f\left(\frac{a}{W}\right)$  – Fator geométrico;

W – Largura do corpo de prova;

A – Tamanho da trinca;

$\Delta \sigma$  – Tensão uniaxial perpendicular ao plano da trinca.

A razão de carga R pode ser dada como:

$$R = \frac{\sigma_{MIN}}{\sigma_{MAX}} = \frac{K_{MIN}}{K_{MAX}} = \frac{P_{MIN}}{P_{MAX}} = K_{MAX} - \frac{\Delta K}{K_{MAX}} \quad (5)$$

A relação funcional do crescimento da trinca pode ser dada como:

$$\frac{da}{dN} = f(\Delta K, R) \quad (6)$$

#### 4 - Efeito do Ambiente

A taxa de propagação da trinca é demasiadamente influenciada pelo ambiente e material. Estes ensaios podem ser conduzidos em inúmeros ambientes como em ar, em alta ou em baixa temperatura e em meios agressivos.

Para ensaios que tem sua realização em ar a velocidade do carregamento de forma alguma exerce grande influência na taxa de propagação da trinca com faixa de frequência entre 0,25 e 100Hz. Em um ambiente que não há corrosão, a visualização da frequência na taxa de propagação da trinca é extremamente difícil, pois com frequências baixas, o tempo que a trinca permanece aberta é maior do que altas frequências, e portanto o comprimento da superfície livre criada em cada ciclo será maior e ficará exposta ao meio, resultando no aumento da taxa de propagação da trinca (FROST, 1999).

Um corpo metálico que está sujeito a esforços em um meio atacá-lo química ou eletroquimicamente, possui uma camada protetora de óxido que produz resistência ao meio. As fraturas mecânicas sucessivas, durante a propagação da trinca, rompem continuamente as camadas de óxido expondo o material ativo a ação do ambiente corrosivo (GENTIL, 2003).

A mecânica da corrosão sob fadiga se acentua pelas condições corrosivas, pela frequência e período que o material é exposto a esforços. A mecânica de nucleação de trinca por fadiga pode estar associada à concentração de tensão em pites formados pelo meio corrosivo que funcionam como concentradores de tensão. Portanto, para redução de danos causados pelo ambiente devem ser utilizados materiais menos suscetíveis a corrosão do meio ou aplicação de proteção superficial.

## 5 - Aplicação

Neste tópico será apresentado o procedimento do ensaio de propagação de trinca por fadiga em atmosfera ambiente e em névoa salina.

### 5.1 - Propagação de Trinca por Fadiga em Ar e em Meio Salino

Para o ensaio foram necessários seis corpos de prova, todos foram lixados e polidos por uma extensão de 35mm de cada face, foram riscadas de 1 em 1mm auxiliado de um riscador tipo paquímetro.

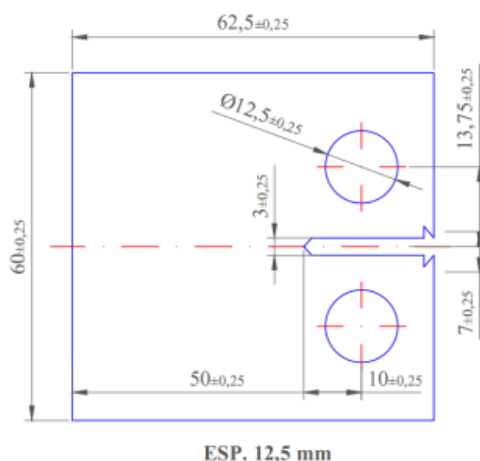


Figura 7 - Geometria do corpo de prova utilizado no ensaio.

O ensaio foi realizado no laboratório em um laboratório de propriedades mecânicas, conduzidos por uma máquina servo hidráulica MTS com capacidade de 100KN, em controle e amplitude constante de carregamento, onda de carga, em predominância de estado de deformação ( $B=12,5\text{mm}$ ). Para a realização dos ensaios de propagação de trinca por fadiga em névoa, salina, foi utilizado um dispositivo de geração e acondicionamento de névoa salina, que consiste em um compressor de ar, reservatório de solução salina, nebulizador, tubos de silicone e câmara ambiental de acrílico.

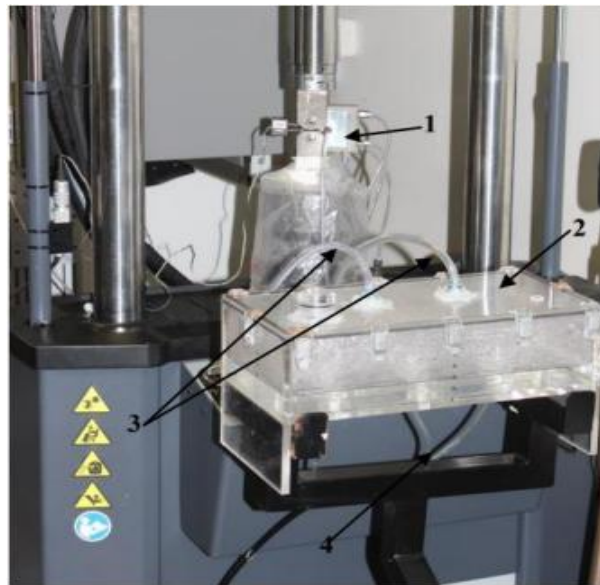


Figura 8 - Sistema de ensaio de propagação de trinca por fadiga em névoa salina. (1) corpo de prova e câmara acrílica. (2) reservatório de solução salina. (3) saída de névoa para a câmara. (4) entrada de ar comprimido nos nebulizadores.

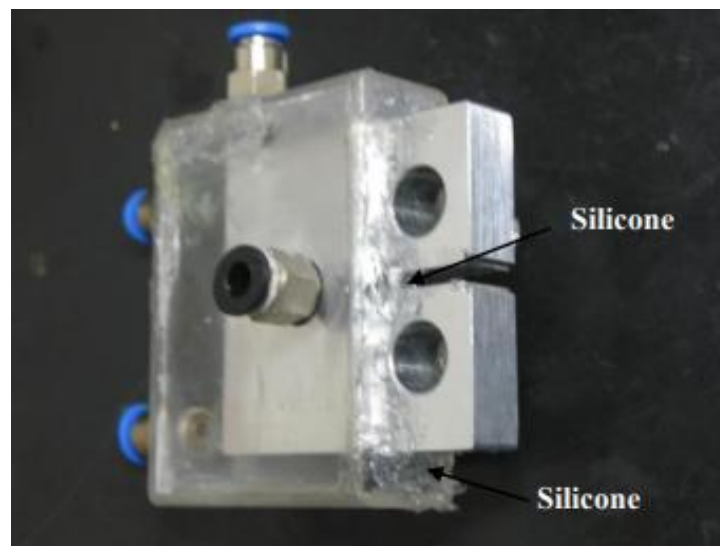


Figura 9 - Corpo de prova introduzido na câmara de acrílico selada com silicone.



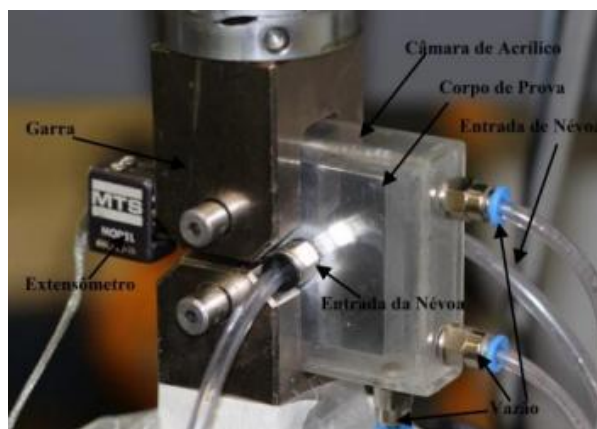


Figura 10 - Corpo de prova montado

Os valores do limiar para a variação do fator de intensidade tensão aplicada ( $\Delta K_0$ ) e para a variação do fator de intensidade de tensão efetivo ( $\Delta K_{0eff}$ ), em ar e em meio salino com 3,5% por 5% NaCl, foram estimados a partir de uma regressão linear da curva de taxa de propagação de trinca por fadiga em função da variação do fator de intensidade de tensão ( $da/dN \times \Delta K$ ), utilizando no mínimo 5 pontos entre as caixas  $10^{-6}$  e  $10^{-7}$  mm/ciclo, portanto, este procedimento foi adotado.

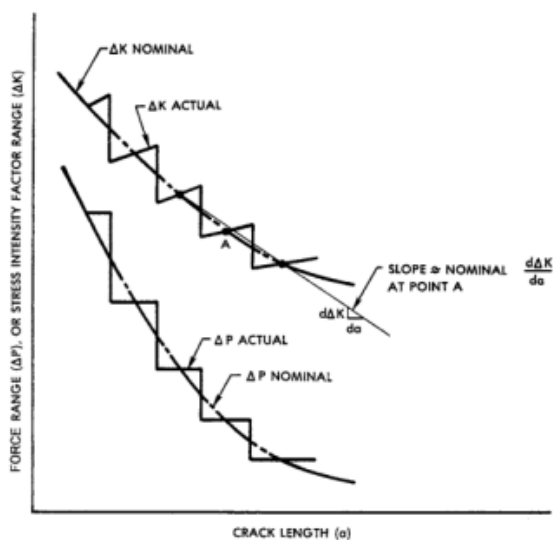


Figura 11 - Curava de decréscimo de intensidade de tensão

De acordo com ASTM E647-13 o limiar da propagação da trinca por fadiga é um valor que depende de fatores como razão de carregamento, condições de ambiente e tipo de material. Esse valor limiar  $\Delta K_0$  é o valor assintótico de  $\Delta K$  onde a taxa de propagação tende a zero. Por convenção esse valor da taxa pode ser considerado nulo quando a taxa de crescimento da trinca tiver próximo de  $10^{-7}$  mm/ciclo.



As seguintes propriedades mecânicas foram utilizadas para execução destes ensaios, limites de escoamento 472 Mpa, módulo de elasticidade 75 GPa, limite de resistência 511 Mpa, coeficiente de Poisson 0,33 e gradiente de intensidade de tensão  $C = -0,787$ .

Tabela 1 – Propriedades Mecânicas.

CP	R	Ambiente	$K_{MAX}$ (MPa $\sqrt{m}$ )	$K_{MIN}$ (MPa $\sqrt{m}$ )	$P_{MAX}$ (KN)	$P_{MIN}$ (KN)
01	0,1	Ar	8,89	0,89	5,89	0,59
02	0,5	Ar	16	8	10,6	5,3
03	0,1	3,5% NaCl	8,89	0,89	5,89	0,59
04	0,5	3,5% NaCl	16	8	10,6	5,3
05	0,1	5% NaCl	8,89	0,89	5,89	0,59
06	0,5	5% NaCl	16	8	10,6	5,3

## 6 - Resultados

### 6.1 Determinação da Região Limiar na Propagação de Trinca por Fadiga em Meio Salino

Para os ensaios de propagação de trinca por fadiga em névoa salina, a ação corrosiva se torna a variável mais influente, pois a ação do ambiente se sobrepõe a ação do carregamento e pode aumentar ou reduzir a velocidade de crescimento da trinca e a taxa de propagação.

O resultado das curvas da taxa de propagação de trinca por fadiga em função do fator de intensidade de tensão aplicado ( $\Delta K_{0ap(3,5\%)}$ ) em névoa salina de 3,5% NaCl indica que, assim como resultado dos ensaios conduzidos em ar, à medida que a razão de carga (R) aumenta a taxa de propagação de trinca por fadiga na região próxima ao limiar acelera e o limiar é resultante diminui.

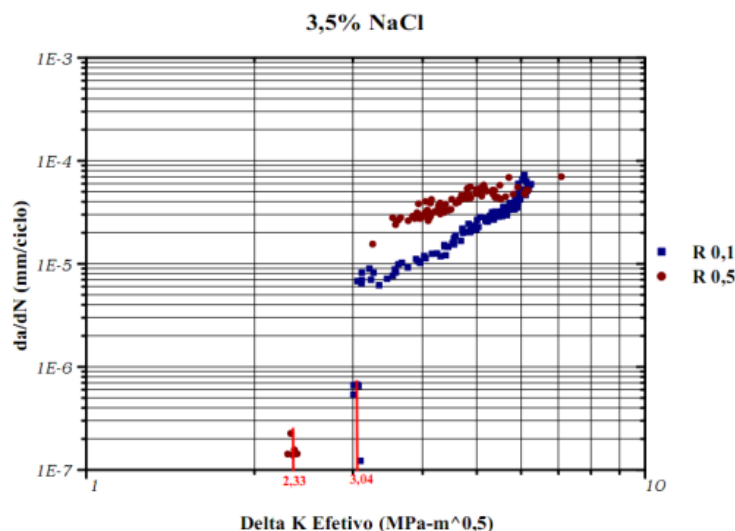


Figura 12 - Curva da taxa de propagação de trinca por fadiga em função do fator de intensidade de tensão aplicado em névoa salina de 3,5% de NaCl.

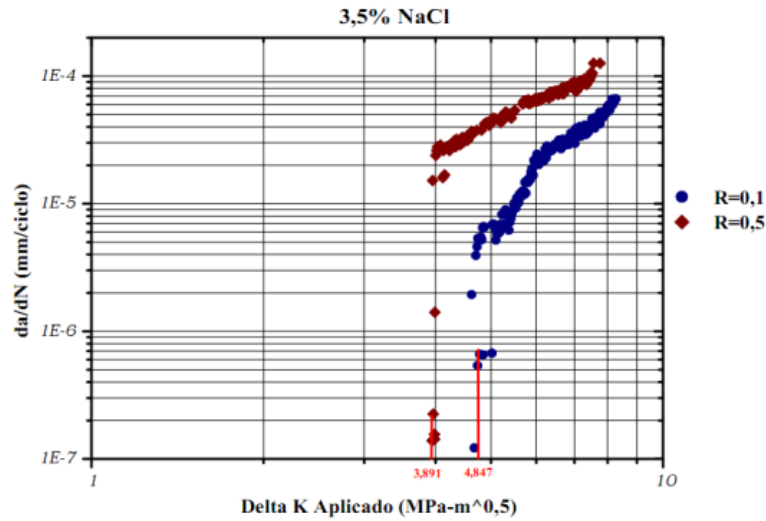


Figura 13 - Curva da taxa de propagação de trinca por fadiga.

Tabela 2 - Resultado do limiar dos ensaios de propagação de trinca por fadiga em névoa de 3,5% de NaCl.

Razão de Carga (R)	Limiar de tensão $\Delta K_{0(3,5\%)} (MPa\sqrt{m})$	Limiar de tensão efetivo $\Delta K_{0,eff(3,5\%)} (MPa\sqrt{m})$
0,1	4,847	3,04
0,5	3,891	2,33
Diferença (%)	19,72	23,35

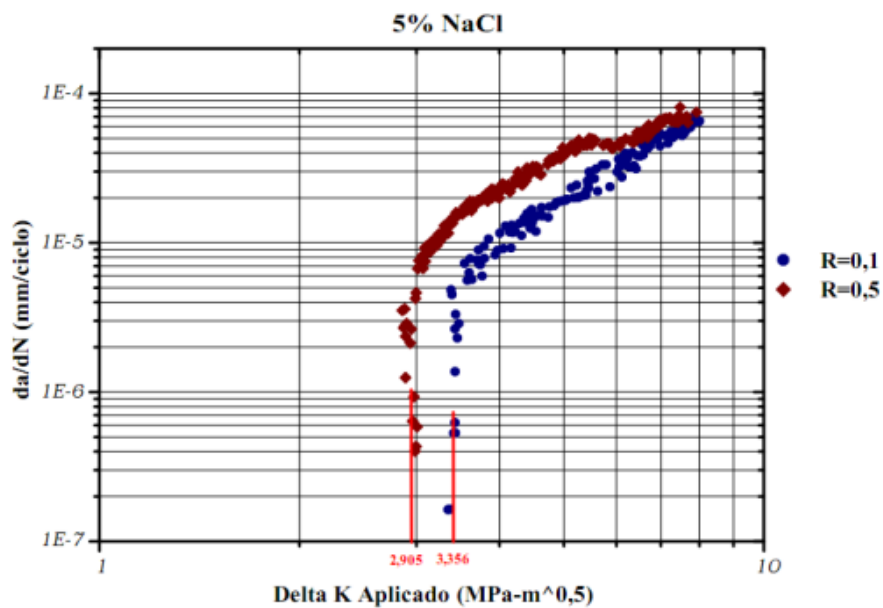


Figura 14 - Curva da taxa de propagação da trinca em função da névoa salina de 5% de NaCl na região próxima ao limiar.

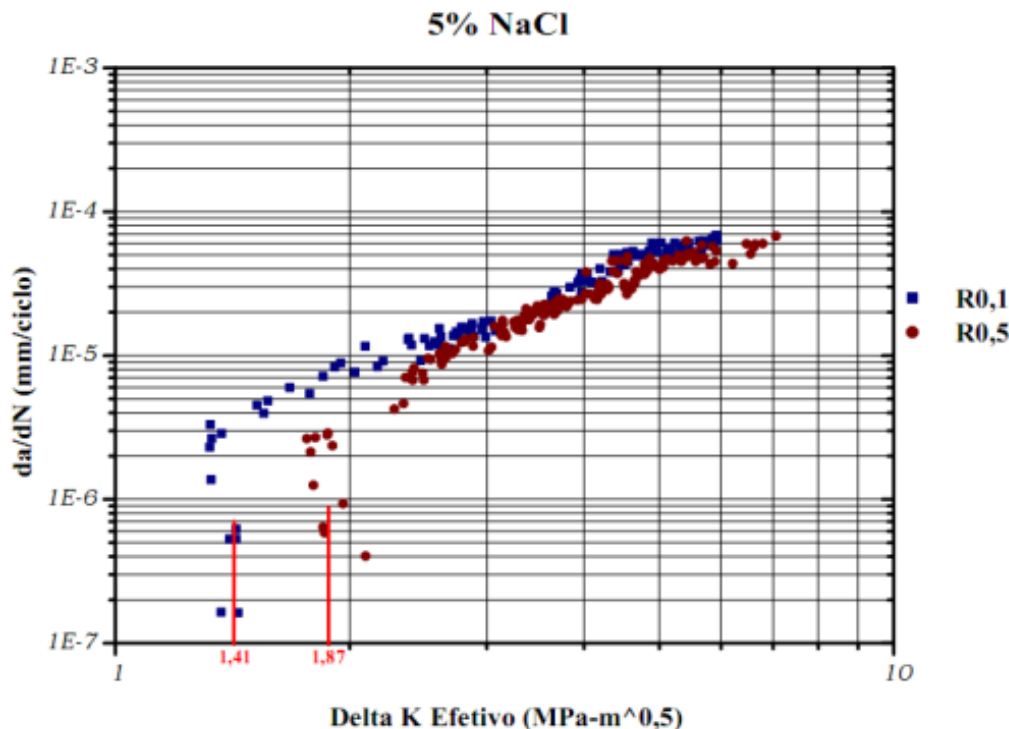


Figura 15 - Curva da taxa de propagação da trinca em função da névoa salina de 5% de NaCl.

Tabela 3 - Resultado do limiar dos ensaios de propagação de trinca por fadiga em nevoa de 5% de NaCl.

Razão de Carga ( <i>R</i> )	Limiar de tensão $\Delta K_{0,5\%} (MPa \cdot \sqrt{m})$	Limiar de tensão efetivo $\Delta K_{eff(5\%)} (MPa \cdot \sqrt{m})$
0,1	3,356	1,41
0,5	2,905	1,87
Diferença %	13,43	25,6

Ao aumentar o percentual de NaCl, a fragilização seria mais severa, porém as curvas mostraram o contrário, pois é possível observar que nos ensaios conduzidos a 3,5% NaCl, óxidos ou cristais de sal depositados na frente da trinca, possivelmente tenham influenciado a plasticidade, evitando a ação de fragilização, desacelerando o crescimento da trinca e resultando num limiar maior.

Tendo em vista que as curvas dos ensaios a 5% de NaCl aceleram discretamente a partir da região próxima ao limiar. É possível que a fragilização por hidrogênio e a dissolução anódica agiram preferencialmente no processo de crescimento da trinca, formando óxidos na superfície e aumentando a velocidade da taxa de propagação, reduzindo os valores de limiar.

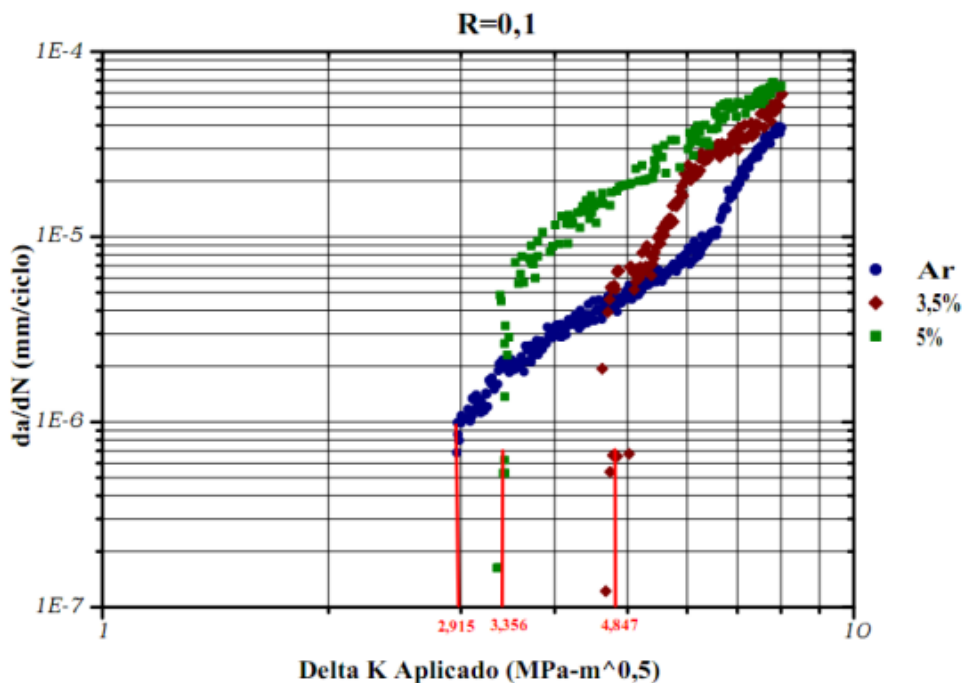


Figura 16 - Curva da taxa de propagação de trinca por fadiga em função do fator de intensidade de tensão aplicado na região, próxima ao limiar, com razão de carga  $R = 0,1$ .

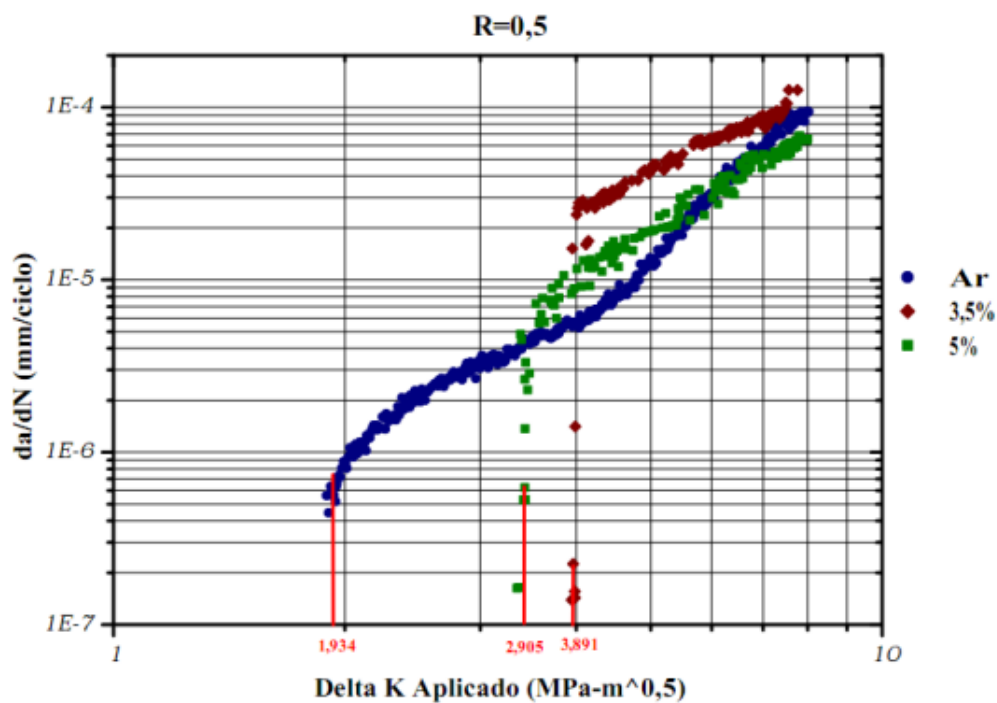


Figura 17 - Curva da taxa de propagação de trinca por fadiga em função do fator de intensidade de tensão aplicado na região, próxima ao limiar, com razão de carga  $R = 0,5$ .

É possível notar claramente no gráfico da Figura 18 o aumento considerável da taxa de propagação de trinca com o aumento da agressividade da névoa salina.

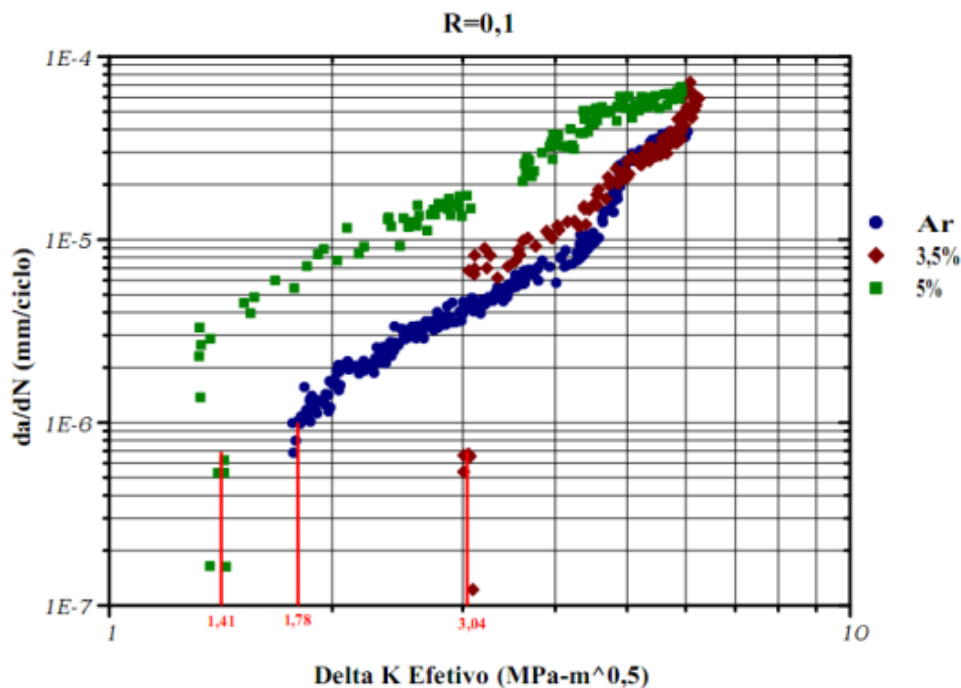


Figura 18 - Curva da taxa de propagação de trinca por fadiga em função do fator de intensidade de tensão efetivo com razão de carga  $R=0,1$ .

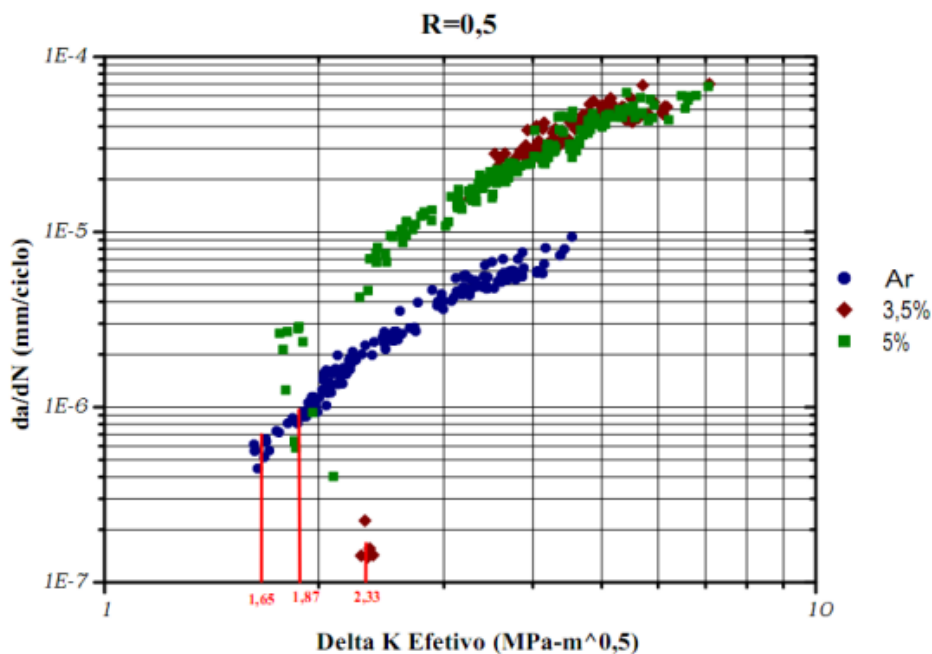


Figura 19 - Curva da taxa de propagação de trinca por fadiga em função do fator de intensidade de tensão efetivo com razão de carga  $R=0,5$ .

## 7 - Conclusões

No presente artigo foi possível observar alguns tópicos importantes:

À medida que a razão de carga aumenta o limiar diminui, devido á severidade do carregamento e ação da plasticidade.

A presença da névoa acelera a taxa de propagação de trinca na região próxima ao limiar devido à ação da fragilização por hidrogênio.

O aumento do teor de NaCl na névoa associada ao aumento da carga limiar menor.

## 8 - Referências

CALLISTER JUNIOR (2006). **Fundamentos da ciência e engenharia de materiais.**

GAMBONI, O.C. (2011) **Estudo feito do ambiente no comportamento em fadiga de novas ligas de ‘AL’ de grau aeronáutico.** (Mestrado)- Escola de engenharia de São Carlos.

BENNATINE, J.A. (1990). **Fundamentals of metal fatigue analysis.**

ASTM E399-09 – Standard test method for linear elastic plane strain fracture toughness. West Conshockem.

SILVA, BARBARA REZENDE LEITE. **Análise da propagação de trinca por fadiga submetida a carregamento cíclico com razão de carga negativa para a liga AA 6005** / Bárbara Rezende Leite Silva – Guaratinguetá, 2016.

## Jean Marie Le Bris

**Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues**  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
[luizeduardo@ifsp.edu.br](mailto:luizeduardo@ifsp.edu.br)

### Resumo

Este artigo apresenta de forma resumida uma breve história sobre a biografia e projetos desenvolvidos pelo pioneiro dos planadores Jean Marie Le Bris.

### Palavras-chave

História da Aviação, Planadores, Jean Marie Le Bris.

### 1 – Introdução

Jean Marie Le Bris, nasceu em Concarneau em 25 de março de 1817 e foi um marinheiro, capitão de cabotagem, dono de sua própria navios, conhecido por ter sido um pioneiro da aviação.

Ele também é conhecido por ter supostamente realizado um voo planado numa data não definida entre 1858 e 1861.

O voo teria ocorrido a partir das colinas da região de Sainte-Anne-la-Palud em Plonévez-Porzay, com cerca de 60 m de altura e de frente para o vento vindo da costa.

Todos esses testes, se é que existiram, são objeto de discussão e controvérsia até os dias de hoje, não havendo nenhuma evidência ou testemunho de qualquer voo decolando de solo nivelado (de uma praia no caso).

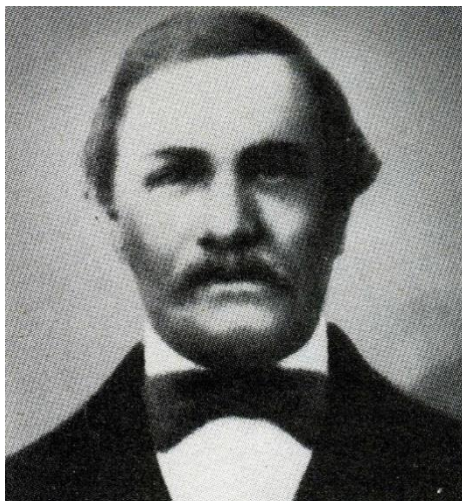


Figura 1 – Jean Marie Le Bris.



## 2 – A “Barca Alada”

A forma do seu primeiro planador, que ele denominou de “Barque Ailée” pode ter sido livremente inspirada no formato do albatroz, que ele tanto estudou no seu período de serviço militar no Pacífico, mas na verdade, a máquina pouco tinha a ver com o formato da ave, a não ser a grande envergadura das asas.

Como marinheiro e capitão de navios, Le Bris viajou por todo o mundo observando a forma de voar do albatroz. Analisou a maneira como as aves interagiam com o ar, e identificou a aerodinâmica da decolagem, constatando o fenômeno da sustentação que designou na época como sucção, que ocorria quando se variava o ângulo de ataque das asas.



Figura 2 – A “Barca Alada”.

Baseado no conhecimento e entendimento obtido durante suas observações, em 1857 Le Bris solicitou uma "patente do processo de voo", sugerindo a relação entre o ângulo de ataque das asas e a sustentação obtida.

Os alegados testes com esse modelo de planador, ocorreram entre 1857 e 1863. Partindo de vários pontos elevados ao redor da baía de Douarnenez.

Le Bris, portanto, renovou o que Cayley, Henson e Stringfellow já haviam feito antes dele na Inglaterra nos anos de 1848 e 1849, do qual ele foi visivelmente inspirado.

Existem relatos também que em uma dessas tentativas, com o planador montado sobre uma pequena carroça puxada por um cavalo, decolando da praia de Sainte-Anne-la-Palud em Finistère, Le Bris teria atingido cerca de 100m de altura, e percorrido uma distância de 200m.





Figura 3 – Ilustrações e Réplicas da “Barca Alada”.

### 3 – O Segundo Planador

Em 1868, com o apoio da marinha francesa, Le Bris construiu um segundo planador, que não atingiu o mesmo sucesso do primeiro.

A forma desse segundo planador, lembrava muito mais as formas de um albatroz, tanto que o nome atribuído pela imprensa da época foi de “Albatross”, sendo mais leve que o primeiro e possuindo um sistema de distribuição do peso.

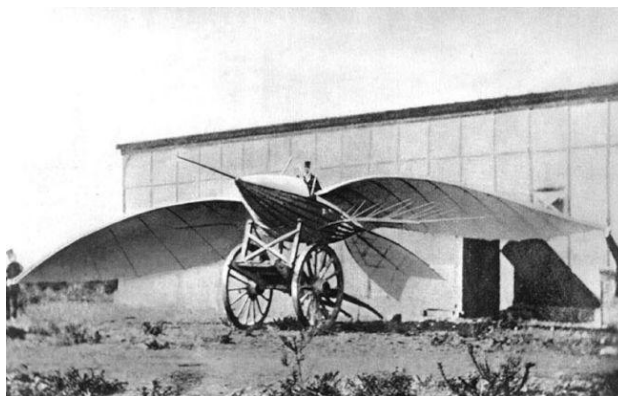


Figura 4 – O “Albatross”.

Construído em Brest, entre 1867 e 1868, o “Albatross” possuía envergadura de 16m, e com ele Le Bris teria conseguido realizar a façanha de um voo planado.

Novamente, os testes ocorreram em um monte, no campo de tiro da Marinha perto de Brest.

Além da façanha de ter feito uma máquina mais pesada que o ar pairar em Brest, sua contribuição mais original é ter proposto um sistema de controle de voo por torção das asas e utilização de uma cauda móvel.



Figura 5 – Réplica do “Albatross”.

#### 4 – Considerações Finais

Este artigo apresentou um breve histórico a respeito dos primeiros voos realizados em planadores, projetados e construídos pelo inventor Jean Marie Le Bris. Ao longo do texto foram abordadas uma breve biografia de Le Bris, sua contribuição com a evolução da engenharia aeronáutica e os projetos e estudos desenvolvidos.

#### 5 – Referências

**Rodrigues, Luiz Eduardo Miranda José.**, A Fascinante História da Engenharia Aeronáutica – Primeiros Planadores, Salto/SP: 2023 - 92 p.

## Os Planadores de Otto Lilienthal

**Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues**  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
[luizeduardo@ifsp.edu.br](mailto:luizeduardo@ifsp.edu.br)

### Resumo

Este artigo apresenta de forma resumida uma breve história sobre a biografia e projetos desenvolvidos pelo pioneiro dos planadores Otto Lilienthal.

### Palavras-chave

História da Aviação, Planadores, Otto Lilienthal.

### 1 – Introdução

Karl Wilhelm Otto Lilienthal foi um pioneiro alemão da aviação que ficou conhecido como o "homem voador". Ele foi a primeira pessoa a fazer voos bem documentados, repetidos e bem-sucedidos com planadores.

Jornais e revistas publicaram fotos de Lilienthal voando, influenciando favoravelmente a opinião pública e científica sobre a possibilidade de máquinas voadoras se tornarem práticas.

Em 9 de agosto de 1896, em um dos voos ele perdeu o controle do seu planador e caiu de uma altura de cerca de 15 m, no acidente ele quebrou o pescoço e faleceu no dia seguinte.



Figura 1 – Otto Lilienthal.

Otto Lilienthal nasceu em 23 de maio de 1848 em Anklam, província da Pomerânia, reino alemão da Prússia. Os pais de classe média tiveram oito filhos, mas apenas três sobreviveram à infância: Otto, Gustav e Marie.

Os irmãos trabalharam juntos durante toda a vida em projetos técnicos, sociais e culturais. Otto frequentou a escola primária e estudou o voo dos pássaros com seu irmão Gustav.

Fascinado pela ideia de voo tripulado, Otto e seu irmão fizeram algumas asas iniciais, mas falharam em suas tentativas de voar.

Ele frequentou a escola técnica regional em Potsdam por dois anos e treinou na “Schwarzkopf Company” antes de se tornar um engenheiro de design profissional, sendo que posteriormente frequentou a Royal Technical Academy em Berlim.

## 2 – Início da Carreira

Em 1867, Lilienthal iniciou experimentos para valer na força aérea, mas interrompeu o trabalho para servir na Guerra Franco-Prussiana.

Voltando à vida civil, ele foi engenheiro em várias empresas de engenharia e recebeu a sua primeira patente, de uma máquina de mineração. Ele também fundou sua própria empresa para fazer caldeiras e motores a vapor. Em 1889 publicou seu famoso livro “Birdflight as the Basis of Aviation”.

No livro Lilienthal realizou diversas pesquisas para descrever com precisão o voo dos pássaros, especialmente das cegonhas, e usou diagramas polares para descrever a aerodinâmica de suas asas. Ele fez muitos experimentos na tentativa de reunir dados aeronáuticos confiáveis.

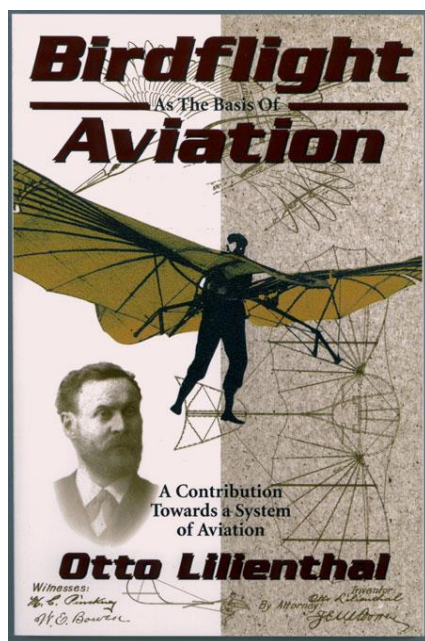


Figura 2 – Livro “Birdflight as the Basis of Aviation”.



### 3 – Contribuições e Voos Iniciais de Lilienthal

A maior contribuição de Lilienthal foi no desenvolvimento do voo mais pesado que o ar em planadores.

Ele realizava seus voos de uma colina artificial que construiu perto de Berlim e de colinas naturais, especialmente na região de Rhinow.

Trabalhando em conjunto com seu irmão Gustav, Lilienthal fez mais de 2.000 voos em planadores, começando em 1891 com o Derwitzer, sua primeira versão para planador.

No início, em 1891, Lilienthal conseguiu saltos e voos cobrindo uma distância de cerca de 25 metros.

Ele utilizava correntes ascendentes de ventos de 10m/s para permanecer estacionário em relação ao solo, e gritava para um fotógrafo no solo encontrar um melhor ângulo para uma foto.

Em 1893, nas colinas Rhinow, com os projetos mais aperfeiçoados, ele foi capaz de atingir distâncias de voo de até 250 metros.

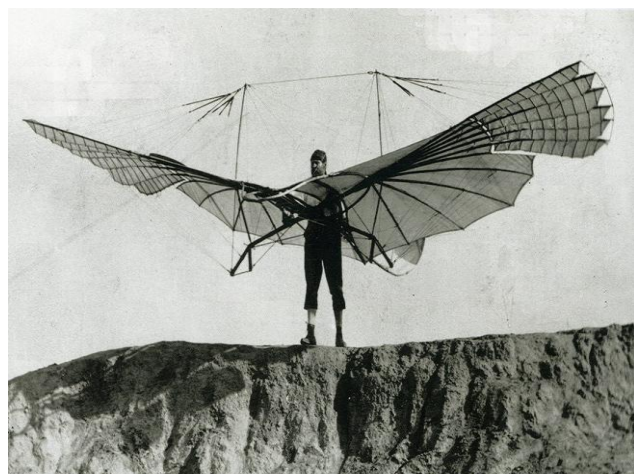


Figura 3 – Os primeiros voos de Lilienthal.

#### 4 – Projetos Desenvolvidos

Durante sua curta carreira de piloto, Lilienthal desenvolveu cerca de doze modelos de monoplanos e dois biplanos.

Seus planadores foram cuidadosamente projetados para distribuir o peso da maneira mais uniforme possível de modo a garantir um voo estável.

Lilienthal os controlava mudando a posição do centro de gravidade através de movimentos corporais, muito parecido com o controle das asas-delta modernas.

Porém, seus planadores eram difíceis de manobrar e tinham uma forte tendência para picar.

Uma das razões para essa tendência é que ele segurava seus modelos pelos ombros, em vez de se pendurar como uma asa-delta moderna.

Apenas suas pernas e parte inferior do corpo podiam ser movidos, o que limitava sua movimentação e o deslocamento correto do centro de gravidade do planador.

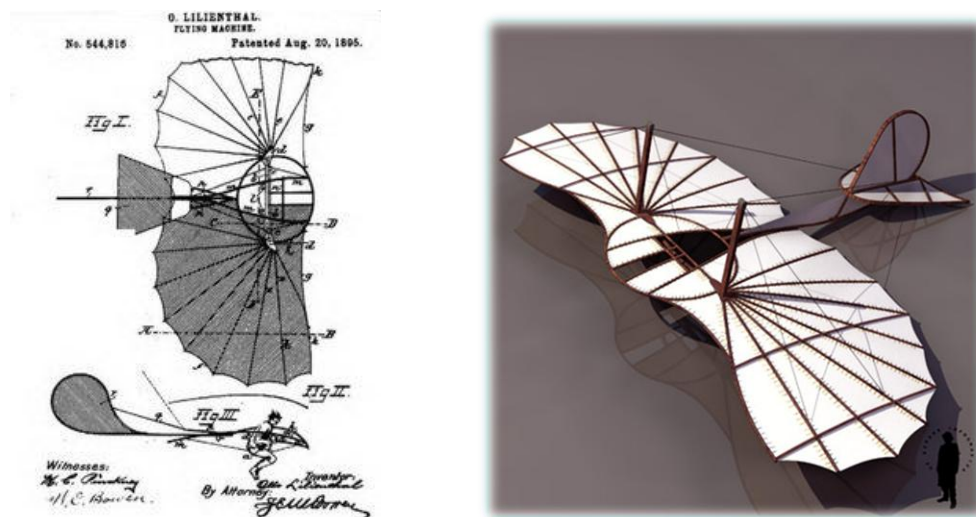


Figura 4 – Projetos de Lilienthal.

#### 5 – Estudos de Estabilidade

Lilienthal fez muitas tentativas para melhorar a estabilidade, obtendo muito sucesso em seus experimentos.

Dentre esses estudos ele realizou o projeto e fabricação de um biplano, no qual para uma determinada área de asa, foi possível reduzir pela metade a envergadura.

Esse biplano também possuía uma cauda com dobradiças que se movia para cima, alterando o ângulo de ataque, permitindo desse modo que ele percorresse uma maior distância na parte final do voo.

Nesses estudos realizados, ele também especulou que o bater das asas dos pássaros poderia ser necessário e começou a trabalhar em tal aeronave.

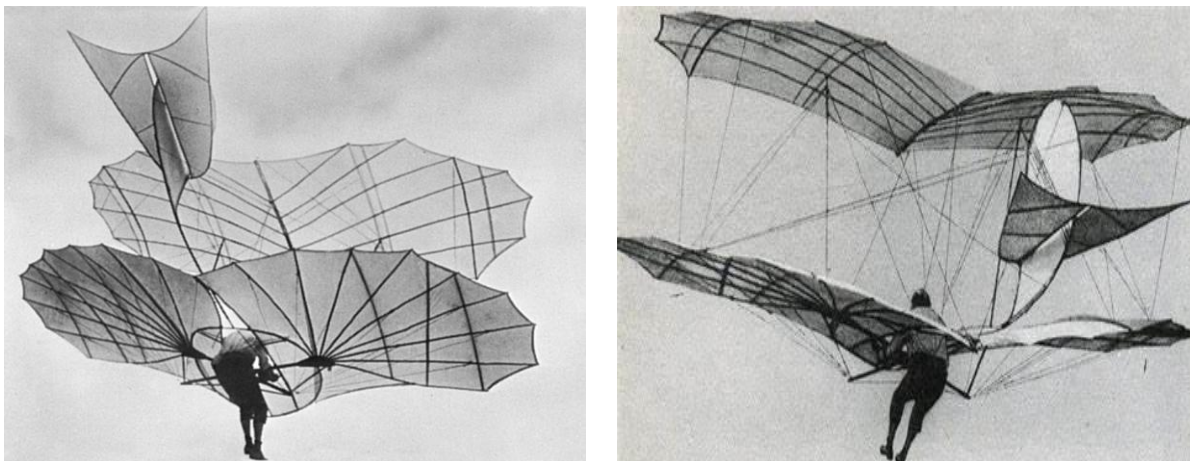


Figura 5 – Projeto do Biplano.

## 6 – Relatos e Divulgação dos Voos

Relatos dos voos de Lilienthal se espalharam pela Alemanha e em outros lugares do mundo, com fotos aparecendo em publicações científicas e populares.

Entre os que o fotografaram estavam pioneiros como Ottomar Anschütz e o físico americano Robert Williams Wood.

Ele logo se tornou conhecido como o "pai do voo", pois controlou com sucesso uma aeronave mais pesada que o ar em voo sustentado.



Figura 6 – Voos realizados.

Lilienthal era membro do “Verein zur Förderung der Luftschiffahrt” e regularmente detalhava suas experiências em artigos em seu jornal, o “Zeitschrift für Luftschiffahrt und Physik der Atmosphäre”, e na popular publicação semanal Prometheus. Estes artigos foram traduzidos nos Estados Unidos, França e Rússia.



Muitas pessoas de todo o mundo vieram visitá-lo, incluindo Samuel Pierpont Langley, dos Estados Unidos, o russo Nikolai Zhukovsky, o inglês Percy Pilcher e o austríaco Wilhelm Kress.

Zhukovsky escreveu que a máquina voadora de Lilienthal foi a invenção mais importante no campo da aviação.

Lilienthal também se correspondeu com muitas pessoas, entre elas Octave Chanute, James Means, Alois Wolfmüller e outros pioneiros do voo.

## 7 – O Último Voo

Em 9 de agosto de 1896, Lilienthal foi, como nos fins de semana anteriores, para as colinas Rhinow.

O dia estava muito ensolarado e não muito quente, sendo que os primeiros voos foram bem sucedidos, atingindo uma distância de 250 metros.

Durante o quarto voo, o planador entrou em um voo de mergulho, descendo rapidamente, sendo que Lilienthal não conseguiu recuperar o voo estável e ele caiu de uma altura de cerca de 15 metros.

Paul Beylich, mecânico de planadores de Lilienthal, o transportou em uma carruagem puxada por cavalos para Stölln, onde foi examinado por um médico.

Lilienthal teve uma fratura da terceira vértebra cervical e logo ficou inconsciente. Mais tarde naquele dia, ele foi transportado em um trem de carga para a estação ferroviária de Lehrter, em Berlim, e na manhã seguinte para a clínica de Ernst von Bergmann, um dos cirurgiões mais famosos e bem-sucedidos da Europa na época, Lilienthal faleceu ali algumas horas depois.

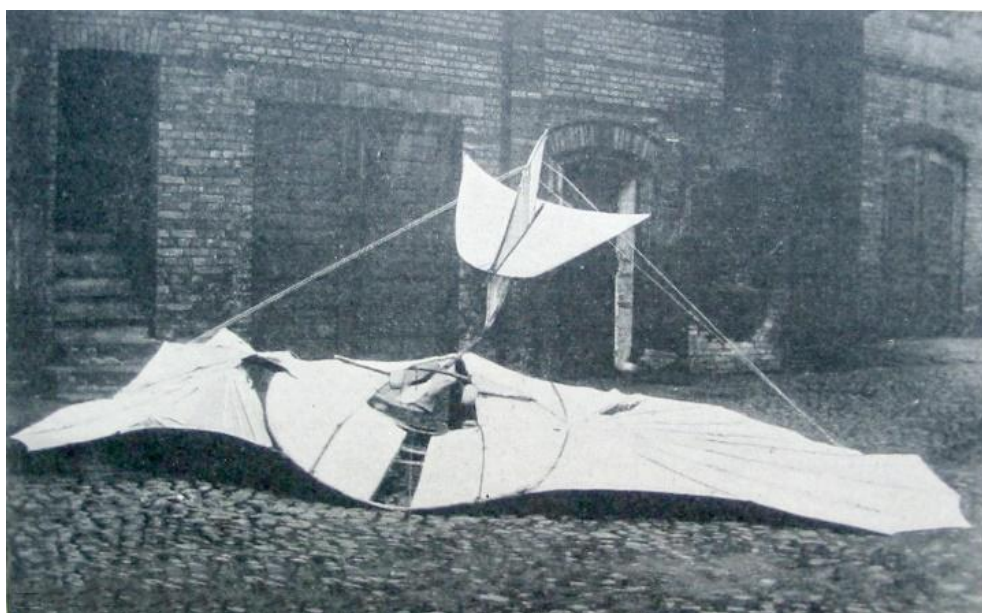


Figura 7 – O planador após o acidente.



## 8 – O Legado de Lilienthal

Até a data de sua morte em 1896, Lilienthal já havia completado mais de cinco horas de voo planados, um marco expressivo para a época.

Existem diferentes relatos sobre as últimas palavras de Lilienthal. Um relato popular, inscrito em sua lápide, é "Opfer müssen gebracht werden!" - Sacrifícios devem ser feitos!, frase que teria sido dita por ele enquanto o seu planador mergulhava em direção ao solo.

O diretor do Museu “Otto Lilienthal” duvida que essas tenham sido suas últimas palavras. Otto Lilienthal foi enterrado no cemitério público de Lankwitz, em Berlim.

A pesquisa de Lilienthal era bem conhecida dos irmãos Wright, e eles o creditaram como uma grande inspiração para sua decisão de perseguir o voo tripulado.

De todos os homens que atacaram o problema do voo de planadores no Século XIX, Otto Lilienthal foi facilmente o mais importante.

O aeroporto mais movimentado de Berlim leva o seu nome, Aeroporto Tegel "Otto Lilienthal".

Em 1972, Lilienthal foi introduzido no International Air & Space Hall of Fame. Em 2013, a revista de aviação americana “Flying” classificou Lilienthal como o número 19 em sua lista dos "51 Heróis da Aviação".

## 9 – Considerações Finais

Este artigo apresentou um breve histórico a respeito dos primeiros voos realizados em planadores, projetados e construídos pelo inventor alemão Otto Lilienthal. Ao longo do texto foram abordadas uma breve biografia de Lilienthal, sua contribuição com a evolução da engenharia aeronáutica, os projetos e estudos desenvolvidos e os diversos voos realizados pelo inventor alemão.

## 10 – Referências

**Rodrigues, Luiz Eduardo Miranda José.**, A Fascinante História da Engenharia Aeronáutica – Primeiros Planadores, Salto/SP: 2023 - 92 p.

## Percy Sinclair Pilcher

**Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues**  
**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo**  
[luizeduardo@ifsp.edu.br](mailto:luizeduardo@ifsp.edu.br)

### Resumo

Este artigo apresenta de forma resumida uma breve história sobre a biografia e projetos desenvolvidos pelo pioneiro dos planadores Percy Sinclair Pilcher.

### Palavras-chave

História da Aviação, Planadores, Percy Sinclair Pilcher.

### 1 – Introdução

Percy Sinclair Pilcher foi um inventor britânico que nasceu no dia 16 de janeiro de 1867 na cidade de Bath, é considerado um pioneiro da aviação e o maior cientista experimental de voos planados de seu país no final do século XIX.



Figura 1 – Percy Sinclair Pilcher.

Percy Pilcher serviu na Marinha Real por sete anos a partir de 1880. Posteriormente, ele se tornou um aprendiz com os construtores de navios “Randolph, Elder and Company”, de Govan em Glasgow.

Em 1891, Pilcher começou a trabalhar como professor assistente na Universidade de Glasgow e passou a se interessar cada vez mais pela aviação, onde construiu uma asa delta chamada “The Bat” O Morcego, que voou pela primeira vez em 1895.



Figura 2 – “The Bat”, o morcego.

## 2 – Percy Pilcher e Otto Lilienthal

Ainda em 1880, Pilcher conheceu Otto Lilienthal, que era o maior especialista em voo livre na Alemanha.

As trocas de ideias com Lilienthal levaram Pilcher a construir mais dois planadores, “The Beetle” O besouro e “The Gull” A Gaivota.

Baseado no trabalho de seu mentor Otto Lilienthal, em 1897 Pilcher construiu um planador chamado “The Hawk” O Falcão, com o qual quebrou o recorde mundial de distância ao voar 250m no terreno de Stanford Hall perto de Lutterworth em Leicestershire, Inglaterra.

Sua irmã Ella Pilcher também estava envolvida em seu trabalho, costurando as asas de tecido de seus planadores e auxiliando em seus experimentos e voos de teste, sendo que ela aparece em algumas fotos tiradas na época dos voos públicos de Pilcher.

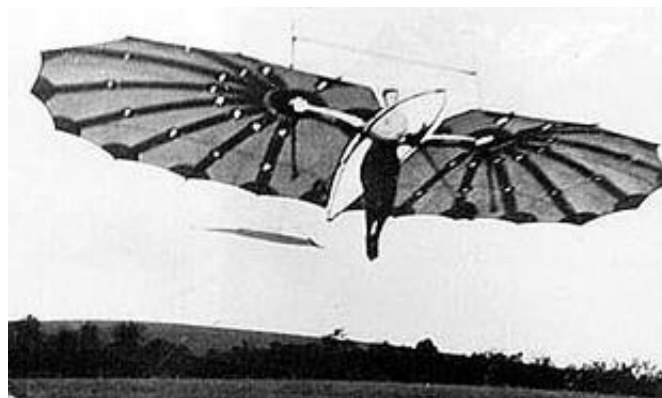
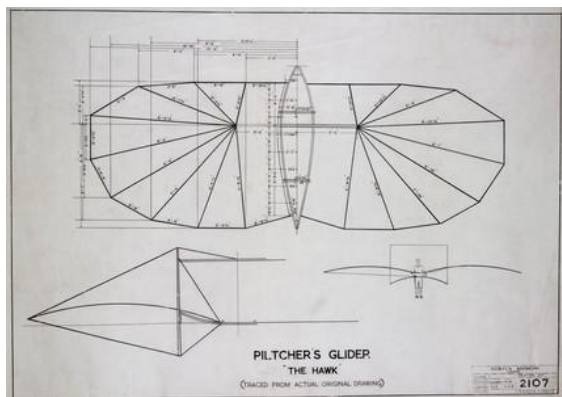


Figura 3 – “The Hawk”, o falcão.

## 3 – Planos para Realizar Voos Motorizados

Pilcher também planejava realizar voos motorizados, sendo que desenvolveu um triplano que deveria incluir um motor de 4 HP.

A construção do triplano o deixou muito endividado, e como necessitava de patrocínio para concluir seu trabalho, Pilcher formou uma empresa em sociedade com Walter Gordon Wilson, que mais

tarde se tornaria um engenheiro de motores de sucesso e creditado pela “Royal Commission on Awards to Inventors” de 1919 como o co-inventor do tanque de guerra, junto com Sir William Tritton.

Ao concluir a construção do triplano, Pilcher pretendia demonstrá-lo a um grupo de curiosos e potencial patrocinadores em um campo perto de Stanford Hall.

O voo ocorreria no dia 30 de setembro de 1899, porém, dias antes, o virabrequim do motor quebrou e a aeronave ficou impossibilitada de voar.

Como forma de não decepcionar seus convidados, ele decidiu voar com o planador “Hawk”, porém as condições climáticas não estavam satisfatórias, mesmo assim, às 16h Pilcher decidiu que o tempo estava bom o suficiente para voar.

Enquanto realizava o voo, a cauda quebrou devido aos fortes ventos e o planador “Hawk” realizou um mergulho rumo ao solo a partir de uma altura de 10m, onde na queda Pilcher ficou gravemente ferido, vindo a falecer dois dias após o acidente, sendo que o seu triplano nunca chegou a realizar a demonstração pública de seu voo.

Como forma de homenagear o pioneirismo de Pilcher, um monumento de pedra foi construído e ainda existe atualmente no campo perto de Stanford Hall, exatamente no ponto onde ele caiu, sendo que em 2011, Pilcher foi considerado um dos sete primeiros membros do Hall da Fama da Engenharia Escocesa.

Uma réplica em tamanho real de seu planador "The Hawk" também é exibida no Stanford Hall, o “The Hawk” original sobreviveu à queda e está nas coleções dos Museus Nacionais da Escócia.



Figura 4 – Réplica do triplano.

#### 4 – O Legado de Pilcher

Os planos de Pilcher se perderam por muitos anos, e seu nome também foi esquecido por muito tempo, exceto por alguns entusiastas. Próximo ao centenário do voo dos irmãos Wright, um novo esforço foi feito para encontrar o trabalho perdido de Pilcher, sendo que alguns estudos foram encontrados em uma coleção americana privada.

A partir desses estudos foi possível discernir a direção geral dos planos de Pilcher e da base de seu projeto.

Fundamentado no trabalho de Lilienthal, Pilcher entendeu como produzir sustentação usando estruturas semelhantes às atuais asas, mas nessa época uma descrição matemática completa estava bem distante de ser compreendida, pois muitos elementos teóricos ainda estavam faltando. Em particular, Pilcher estava tentando projetar uma asa que pudesse levantar o peso de um motor, da própria aeronave e do ocupante, porém ao aumentar a área da asa, o peso total aumentava muito, fazendo com que mais sustentação fosse necessária, exigindo assim uma asa maior, ou seja, um círculo aparentemente vicioso.

Graças às trocas de experiências com Octave Chanute, Pilcher descobriu que empilhar asas menores e mais leves, uma sobre a outra, em um arranjo que conhecemos hoje como biplano ou triplano, permitiriam que as asas gerassem muito mais sustentação sem um aumento significativo de peso.

Em 2003, um esforço de pesquisa realizado na Escola de Aeronáutica da Universidade de Cranfield, encomendado pela série de televisão "Horizon", mostrou que o projeto de Pilcher era mais ou menos viável, e se ele tivesse sido capaz de desenvolver seu motor, é possível que teria tido sucesso em ser o primeiro a voar em uma aeronave mais pesada que o ar com algum grau de controle.

A Universidade de Cranfield construiu uma réplica da aeronave de Pilcher e acrescentou um sistema para controle de rolagem. O projeto original de Pilcher não incluía controles aerodinâmicos, como ailerons ou profundor.

Após um voo de teste inicial muito curto pilotado pelo projetista de aeronaves Bill Brookes, a aeronave realizou um segundo voo com sucesso por um tempo de 1 minuto e 25 segundos, que foi comparado com os 59 segundos do melhor voo dos irmãos Wright em Kitty Hawk.

Pilcher poderia muito bem ter se tornado a primeira pessoa a realizar um voo controlado, potente e mais pesado que o ar, se não tivesse morrido tragicamente em um acidente de planador.

## 5 – Considerações Finais

Este artigo apresentou um breve histórico a respeito dos primeiros voos realizados em planadores, projetados e construídos pelo inventor britânico Percy Sinclair Pilcher. Ao longo do texto foram abordadas uma breve biografia de Pilcher, sua contribuição com a evolução da engenharia aeronáutica, os projetos e estudos desenvolvidos e os voos realizados pelo inventor britânico.

## 6 – Referências

**Rodrigues, Luiz Eduardo Miranda José.**, A Fascinante História da Engenharia Aeronáutica – Primeiros Planadores, Salto/SP: 2023 - 92 p.

## John Joseph Montgomery

**Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues**  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
[luizeduardo@ifsp.edu.br](mailto:luizeduardo@ifsp.edu.br)

### Resumo

Este artigo apresenta de forma resumida uma breve história sobre a biografia e projetos desenvolvidos pelo pioneiro dos planadores John Joseph Montgomery.

### Palavras-chave

História da Aviação, Planadores, John Joseph Montgomery.

### 1 – Introdução

John Joseph Montgomery nasceu em 15 de fevereiro de 1858 e foi um inventor, físico, engenheiro e professor americano na Universidade de Santa Clara em Santa Clara, Califórnia. Ficou conhecido por seus projetos de planadores controlados.

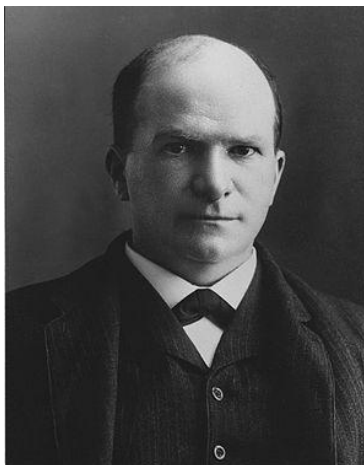


Figura 1 – John Joseph Montgomery.

Na década de 1880, Montgomery, fez experimentos de voo tripulado em uma série de planadores nos Estados Unidos, em Otay Mesa, perto de San Diego, Califórnia.

Embora não tenham sido divulgados na década de 1880, esses primeiros voos foram descritos pela primeira vez por Montgomery como parte de uma palestra proferida na Conferência Internacional sobre Navegação Aérea em Chicago, 1893.



Embora Montgomery nunca tenha reivindicado, seus experimentos de planagem da década de 1880 são considerados por alguns historiadores e organizações como os primeiros voos controlados de uma máquina voadora mais pesada que o ar na América.

Montgomery desenvolveu diferentes métodos de controle para seus planadores em 1884, incluindo a mudança de peso para realização de manobras de rolamento e um profundor para movimentos de arfagem.

Projetos subsequentes em 1885 e 1886 usaram flaps articulados no bordo de fuga da asa para controle de rolagem, e, posteriormente, entre 1903 e 1905, sistemas de empenamento de asa completa foram desenvolvidos para a execução desses movimentos.

## **2 – Estudos de Ornitologia**

No início da década de 1880, Montgomery começou a estudar a anatomia de uma variedade de grandes pássaros planadores para determinar suas características básicas, como área das asas, peso total e superfícies curvas.

Ele fez observações detalhadas de pássaros em voo, especialmente grandes pássaros voando como águias, falcões, abutres e pelicanos que voavam em terras perto da Baía de San Diego.

Ele inicialmente tentou realizar um voo tripulado com ornitópteros. Em 1883, construiu e experimentou uma série de três ornitópteros, mas descobriu que a força humana era insuficiente para gerar a sustentação necessária.

Assim, abandonou o voo de asas oscilantes, preferindo estudar aeronaves de asa fixa que fossem capazes de realizar voos planados, desenvolvendo o raciocínio que seria possível resolver a física de planar e voar alto para posteriormente adicionar um motor na aeronave.

## **3 – Planadores de Asa Fixa**

Montgomery primeiro testou seus conceitos de design, construção e controle de planadores com modelos de voo livre em pequena escala.

Seu primeiro planador, desenvolvido entre 1883 e 1884 possuía um aerofólio curvado baseado na curva da asa da gaivota.

O movimento de arfagem era controlado por um profundor operável e o rolamento era controlado pela mudança de peso do piloto, sendo que o controle direcional não existia.

Este projeto de aeronave serviu de base para três planadores desenvolvidos entre 1883 e 1886.

Na primavera de 1884, Montgomery fez voos de até 180m a partir da borda de Otay Mesa.

Durante esses experimentos, Montgomery descobriu que o planador não respondia bem a rajadas laterais.

Assim, voltou à ornitologia e notou como os abutres-peru tinham um diedro significativo e torciam suas asas como uma forma de equilíbrio lateral.



Figura 2 – O primeiro planador.

#### 4 – O Segundo Planador

Trabalhando com métodos de controle entre 1884 e 1885, Montgomery incorporou flapes articulados no bordo de fuga das asas de um segundo planador.

Esses flapes eram mantidos sob tensão de uma mola para equilíbrio automático em rajadas, mas também eram conectados por cabos ao assento do piloto para que pudessem ser operados mecanicamente para realizar o controle de rotação.

O segundo planador tinha um aerofólio de placa plana, considerável diedro para melhorar a estabilidade lateral e um profundor operável para controle de arfagem.

Montgomery também desenvolveu um sistema ferroviário inclinado para que o planador pilotado pudesse rolar do topo de uma colina e atingir a velocidade necessária para decolar.

Essa foi uma grande inovação para a época, pois permitia uma decolagem suave com o planador operando em uma velocidade segura após sair do solo.

#### 5 – O Terceiro Planador

Entre 1885 e 1886, Montgomery construiu um terceiro planador que possuía aerofólio curvado, modelado a partir das asas de um abutre, embora os bordos de ataque e de fuga estivessem ligeiramente virados para cima.

A asa, possuía o formato de uma "gaivota" e os controles permitiam ao piloto variar o ângulo de incidência da asa esquerda e direita em conjunto ou independentemente.



Após a realização de testes de voo, Montgomery concluiu que um melhor entendimento da aerodinâmica era necessário para o projeto de um aerofólio adequado.

## 6 – Relatos Sobre os Voos

Em um discurso de 1893, Montgomery disse que voos foram feitos nesses três planadores entre 1884 e 1886, com a assistência ocasional de pelo menos três amigos e dois irmãos mais novos.

Sobre as tentativas de voo com o segundo modelo, o relato de Octave Chanute em 1893 observou que “Várias tentativas foram feitas, mas nenhuma sustentação efetiva pôde ser obtida”.

Sobre o terceiro planador, Chanute escreveu “Este último aparelho provou ser um fracasso total, já que nenhum efeito de levantamento efetivo poderia ser obtido para carregar o peso que foi projetado para suportar.”

O próprio relato de Montgomery deixou claro que ele considerava a tecnologia do segundo e terceiro planadores de 1885 e 1886 como eficaz, mas os projetos do aerofólio foram uma decepção em termos de geração de sustentação, pois produziram voos planados muito mais curtos em comparação com o primeiro modelo de 1884.

Assim, percebeu que estava cada vez mais longe de compreender o mecanismo de sustentação e começou a realizar experimentos de laboratório para investigar aerofólios.

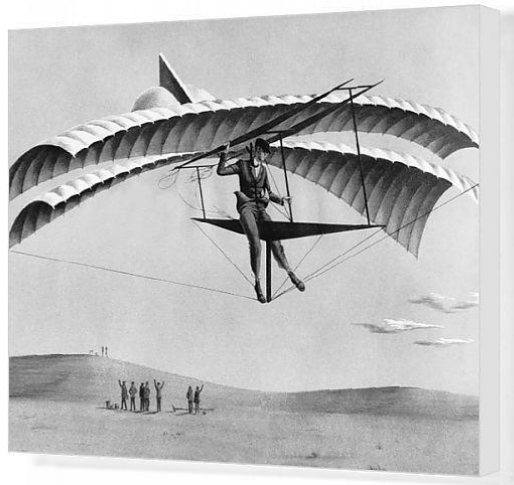


Figura 3 – Ilustração sobre os voos de Montgomery.

## 7 – Estudos de Aerodinâmica

Por volta de 1885, Montgomery começou uma longa série de experimentos com um dispositivo de braço giratório, uma câmara de fumaça e grandes superfícies de madeira inclinadas contra o vento para entender a física do fluxo em torno de superfícies curvas. Também usou asas de pássaros secas colocadas nas correntes de vento para observar o efeito.

Seu trabalho na década de 1880 confirmou que os sistemas mecânicos usados por um piloto podiam preservar o equilíbrio lateral e gerar algum grau de equilíbrio no voo planado.

Seus experimentos também confirmaram o valor de uma superfície curvada para a obtenção de sustentação.

Em 1893, Montgomery realizou duas apresentações na Conferência Internacional de Navegação Aérea. A primeira palestra foi relacionada aos seus experimentos com superfícies em correntes de ar e água. Esta palestra gerou um artigo que foi incluído nos anais da conferência. O artigo foi publicado posteriormente na edição de julho de 1894 da revista Aeronautics.

Na segunda palestra, ele discutiu o uso de seções de asa com dobradiças para controle lateral. Montgomery apresentou novamente sua segunda palestra para a Aeronautical Society of New York em 1910, e o conteúdo foi posteriormente publicado em vários periódicos e livros.

Entre 1893 e 1895, enquanto ensinava no Monte. St. Joseph's College em Rohnerville, Califórnia, Montgomery conduziu mais experimentos na física do fluxo ao longo de uma asa e geração de sustentação usando uma câmara de fumaça.

A partir desses experimentos, ele desenvolveu uma teoria de sustentação baseada na vorticidade, ou o que os aerodinamicistas modernos chamam de "teoria da circulação" ou "teoria da linha sustentadora".

Montgomery compilou seus resultados em um manuscrito de 131 páginas intitulado “Soaring Flight” e tentou publicá-lo por Matthias N. Forney e os editores da Scientific American com a ajuda de Octave Chanute.

Chanute estava relutante em endossá-lo devido a suas discordâncias com parte de seu conteúdo teórico e sugeriu que fosse editado para distinguir entre resultados experimentais e inferências teóricas.

A Scientific American rejeitou o manuscrito, mas posteriormente publicou um resumo. Chanute também orientou um de seus colaboradores, Augustus Herring, a estudar o manuscrito por considerá-lo instrutivo para a compreensão do "efeito solo".

## **8 – Planadores de Asa Tandem**

No início de 1903, o veterano balonista Thomas Baldwin buscou os conhecimentos de aeronáutica de Montgomery.

Baldwin também ajudava August Greth na construção e experimentação de uma aeronave (apelada de California Eagle) em San Jose, Califórnia.

Baldwin queria projetos de hélices aprimorados para dirigíveis.

Ele parou de trabalhar com Greth e veio para o Santa Clara College por um longo período para aprender aeronáutica com Montgomery. Seu trabalho conjunto incluiu testes em túnel de vento na faculdade.

Por sugestão de Baldwin, eles entraram em um acordo comercial em 1904 para fazer exposições públicas com planadores Montgomery tripulados que eram lançados em grandes altitudes a partir de balões Baldwin não tripulados.

No final de maio de 1904, Montgomery fez voos de teste com um novo planador, no entanto, Baldwin abandonou a colaboração e construiu seu próprio dirigível (o California Arrow) em San Jose, incorporando o projeto da hélice de Montgomery e um motor de motocicleta de 7 cavalos de potência.

No outono de 1904, Montgomery conduziu testes com seu planador de asa tandem, o “Montgomery Airplane” juntamente com Frank Hamilton e Daniel J. Maloney. .

Nos dias 16, 17 e 20 de março de 1905, em Aptos, Califórnia, Daniel Maloney fez vários voos bem-sucedidos nesse planador em um local chamado Rancho San Antonio, hoje conhecido como Seascape, após o lançamento de um balão de ar quente em grande altitude.

Os planeios resultantes foram bem controlados e os voos duraram até 13 minutos. Notícias sobre esses voos receberam atenção tanto nos Estados Unidos quanto na Europa.

Após este sucesso, Montgomery deu uma conferência de imprensa para contar pela primeira vez a história de seus esforços na aeronáutica e anunciou um pedido de patente para seu avião.

## **9 – O “Santa Clara”**

Em 29 de abril de 1905, Montgomery, Maloney e Hamilton fizeram uma demonstração pública do avião Montgomery, rebatizado naquele dia como “The Santa Clara” em homenagem ao Santa Clara College.

Diante de centenas de espectadores e membros da imprensa, Maloney saltou do balão a uma altitude aproximada de 1250 m acima do Santa Clara College.

Maloney realizou uma série de manobras pré-determinadas e fez um pouso suave próximo ao terreno da faculdade.

Esta exposição trouxe amplo reconhecimento para Montgomery e foi aceita como um marco na aviação.

Nos meses seguintes, Montgomery e Maloney fizeram muitas exposições com o “The Santa Clara” na área da baía de São Francisco.

Em 18 de julho de 1905, Maloney morreu quando uma corda do balão danificou o planador durante a subida, causando falha estrutural após o lançamento.

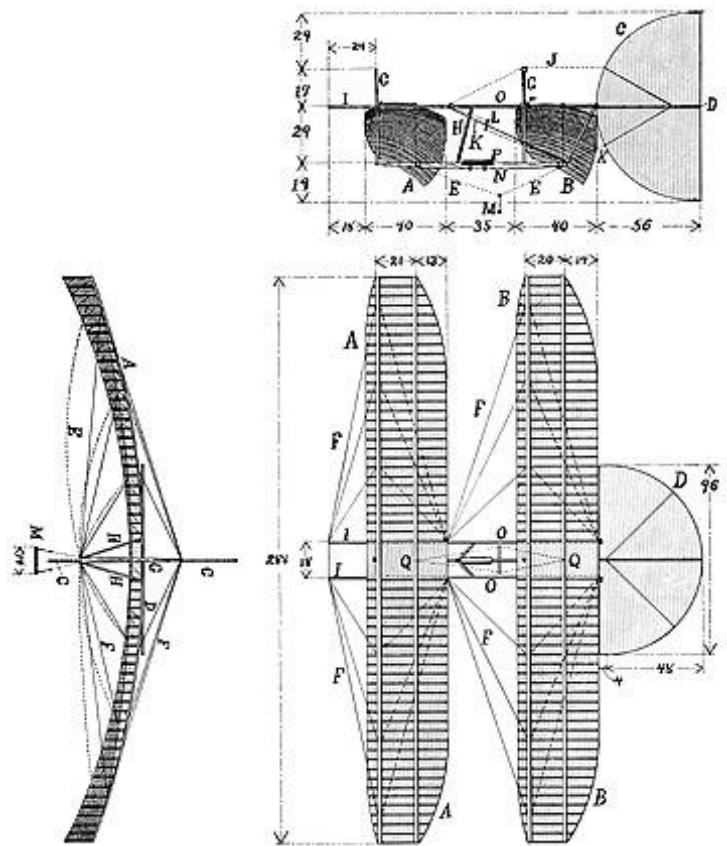
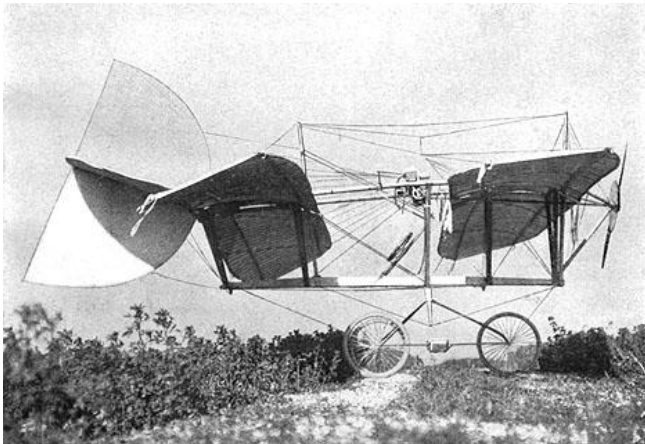
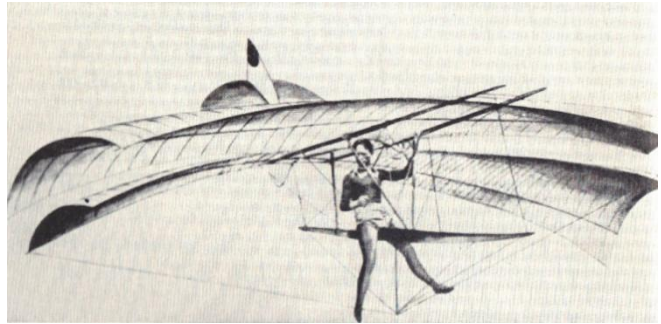
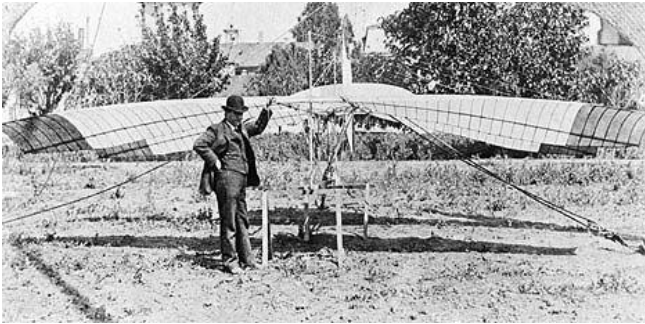


Figura 4 – “O Santa Clara”.



## 10 – O “Evergreen”

Após o catastrófico terremoto de San Francisco em 1906, os experimentos de planagem de Montgomery foram interrompidos até 1911.

Então Montgomery começou a experimentar um novo sistema de controle no qual a inclinação e rotação do planador eram gerenciadas pelo empenamento das asas, enquanto a montagem da cauda era fixada.

Este planador foi batizado de “Evergreen”, nome da região onde os testes de voo ocorreram nas encostas a leste de San Jose na Califórnia.

Foi pilotado por Montgomery, bem como outro aeronauta Reinhardt, mais de 50 vezes em outubro de 1911.

Em 31 de outubro Montgomery estava tentando pousar em baixa velocidade, porém encontrou turbulência, o que causou um estol, o planador caiu e Montgomery morreu no acidente.

A encosta onde o acidente ocorreu atualmente é conhecida como "Montgomery Hill" e fica logo atrás do “Evergreen Valley College”.

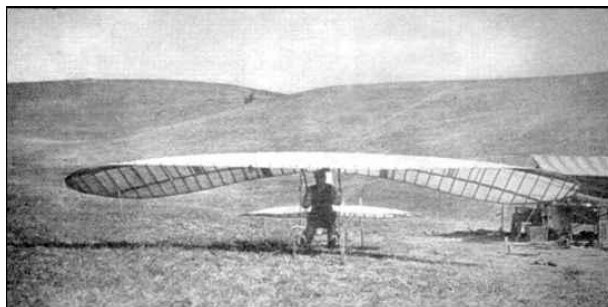
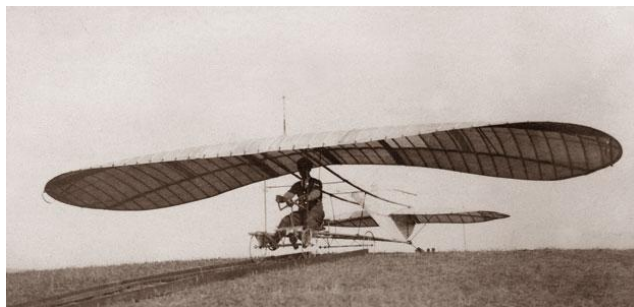


Figura 5 – O “Evergreen”.



Figura 6 – Réplicas do “Evergreen”.

## 11 – O Filme “Gallant Journey” e Homenagens para Montgomery

Em 1946, a Columbia Pictures lançou “Gallant Journey”, um longa-metragem baseado na vida e obra de John J. Montgomery.

O filme incluiu várias reconstituições históricas diferentes dos voos de planadores de Montgomery.

Gallant Journey estreou em San Diego, Califórnia, em 2 de setembro de 1946 e teve seu lançamento nacional completo em 24 de setembro de 1946.



Figura 7 – Cartaz do filme “Gallant Journey” de 1946.

Em 20 de maio de 1950, Montgomery Field em San Diego, Califórnia, um dos aeroportos de aviação geral mais movimentados do mundo, foi nomeado em sua homenagem.

O Esquadrão de Patrulha Aérea Civil 36 em San Jose, Califórnia, é chamado de "Esquadrão de Cadetes do Memorial John J. Montgomery 36" em sua homenagem e seu lema é "Supere o Desafio".

No campus da Universidade de Santa Clara, um obelisco foi dedicado pelos cidadãos da cidade à Montgomery no local dos voos de planadores de Maloney em 1905.

Na década de 1960, a National Society of Aerospace Professionals e o San Diego Aerospace Museum estabeleceram o Prêmio John J. Montgomery de excelência aeroespacial. Membros dos programas X-15, Mercury e Polaris receberam o prêmio, incluindo astronautas como Neil A. Armstrong.

## **12 – Considerações Finais**

Este artigo apresentou um breve histórico a respeito dos primeiros voos realizados em planadores, projetados e construídos pelo inventor americano John Joseph Montgomery. Ao longo do texto foram abordadas uma breve biografia de Montgomery, sua contribuição com a evolução da engenharia aeronáutica, os projetos e estudos desenvolvidos e os voos realizados pelo inventor americano.

## **13 – Referências**

**Rodrigues, Luiz Eduardo Miranda José.,** A Fascinante História da Engenharia Aeronáutica – Primeiros Planadores, Salto/SP: 2023 - 92 p.

## Lawrence Hargrave

**Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues**  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
[luizeduardo@ifsp.edu.br](mailto:luizeduardo@ifsp.edu.br)

### Resumo

Este artigo apresenta de forma resumida uma breve história sobre a biografia e projetos desenvolvidos pelo pioneiro dos planadores Lawrence Hargrave.

### Palavras-chave

História da Aviação, Planadores, Lawrence Hargrave.

### 1 – Introdução

Lawrence Hargrave nasceu em Greenwich na Inglaterra, foi o segundo filho de John Fletcher Hargrave.

Imigrou para a Austrália com sua família, chegando a Sydney em 5 de novembro de 1865 no navio La Hogue.

A partir de 1867 realizou seus estudos de engenharia na “Australasian Steam Navigation Company” em Sydney, onde descobriu que a experiência era de grande utilidade na construção de seus modelos.

Em 1878 tornou-se observador astronômico assistente no Sydney Observatory. Ocupou esse cargo por cerca de cinco anos, aposentou-se em 1883 e dedicou o resto da vida ao trabalho de pesquisa.



Figura 1 – Lawrence Hargrave.



## 2 – Estudos Aeronáuticos

Hargrave possuía interesse por experimentos de todos os tipos, em especial aqueles com aeronaves.

Quando seu pai morreu em 1885, e Hargrave recebeu sua herança, ele se demitiu do observatório para se concentrar na pesquisa em tempo integral, e por um tempo deu atenção especial ao voo dos pássaros.

Passou então a viver e experimentar suas máquinas voadoras em Stanwell Park, um lugar que oferece excelentes condições de vento, sendo que atualmente é o local mais famoso para os voos de asa-delta e parapente da Austrália.

Ao longo de sua carreira, Hargrave inventou muitos dispositivos, mas nunca solicitou a patente de nenhum deles. Ele precisava do dinheiro, mas acreditava apaixonadamente na comunicação científica como uma chave para promover o progresso.

“Os pesquisadores devem erradicar a ideia de que guardando para si os resultados de seu trabalho, uma fortuna lhes será assegurada. Taxas de patentes são muito dinheiro desperdiçado. A máquina voadora do futuro não nascerá totalmente desenvolvida e capaz de voar por 1000 milhas ou mais. Como tudo o mais, deve evoluir gradualmente. A primeira dificuldade é conseguir algo que voe. Quando isso for feito, uma descrição completa deve ser publicada como um auxílio a outras pessoas.

Excelência de design e mão de obra sempre desafiará a concorrência”.

*Lawrence Hargrave*

## 3 – Invenções de Hargrave

Entre muitas de suas invenções, três foram particularmente significativas:

O estudo de aerofólios curvos, particularmente projetados com um bordo de ataque mais espesso;

A pipa de caixa em 1893, que melhorou muito a relação entre sustentação e arrasto dos primeiros planadores;

O trabalho com o motor rotativo, que alimentou muitos dos primeiros aviões até cerca de 1920.

Hargrave realizou muitas experiências e criou vários modelos, sempre comunicando suas conclusões em uma série de artigos à “Royal Society of New South Wales”.

Dois artigos que são encontrados no volume de 1885 do “Journal and Proceedings” mostram que ele estava no início do caminho para o sucesso.

Outros documentos importantes são encontrados nos volumes de 1893 e 1895, que relatam suas experiências com motores de máquinas voadoras e pipas celulares.



Figura 2 – Estudos de Hargrave.

#### 4 – As Pipas de Hargrave

O trabalho realizado com as pipas foi de grande importância para os pioneiros que trabalhavam em direção ao voo motorizado.

Em 12 de novembro de 1894, Hargrave realizou um voo com sucesso sob um trem de quatro de suas pipas de caixa em Stanwell Park Beach.

Auxiliado por James Swain, o zelador de sua propriedade, a linha da pipa foi amarrada por meio de uma balança de mola a dois sacos de areia.

Durante o voo Hargrave carregava um anemômetro e um inclinômetro, utilizados para medir a velocidade do vento e o ângulo da linha da pipa.

Nesse voo a velocidade do vento medida pelo anemômetro era de 30km/h e ele subiu cerca de 5 metros, sendo o experimento amplamente divulgado e estabelecendo o “box kite” como uma plataforma aérea estável.



Figura 3 – As pipas de Hargrave.

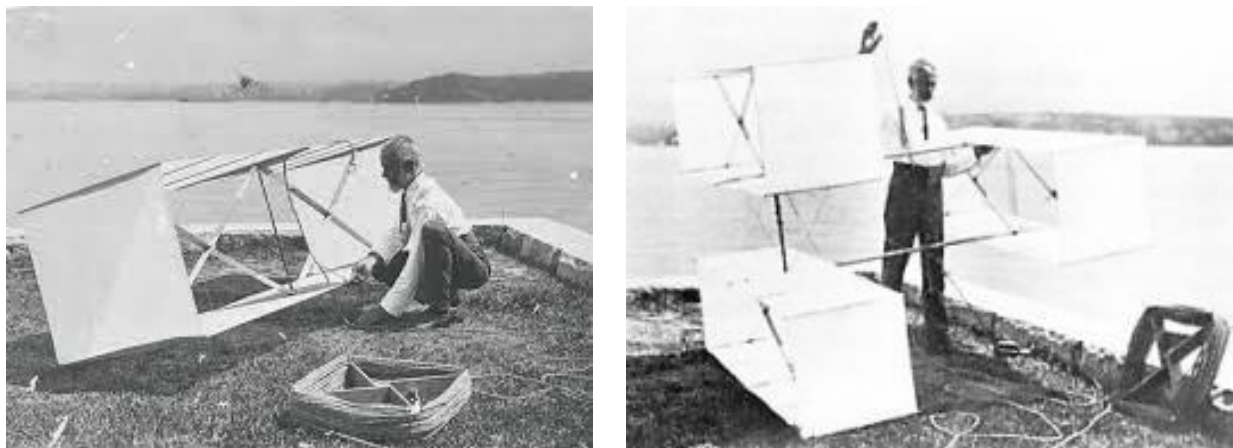


Figura 4 – Preparação das pipas para voo.

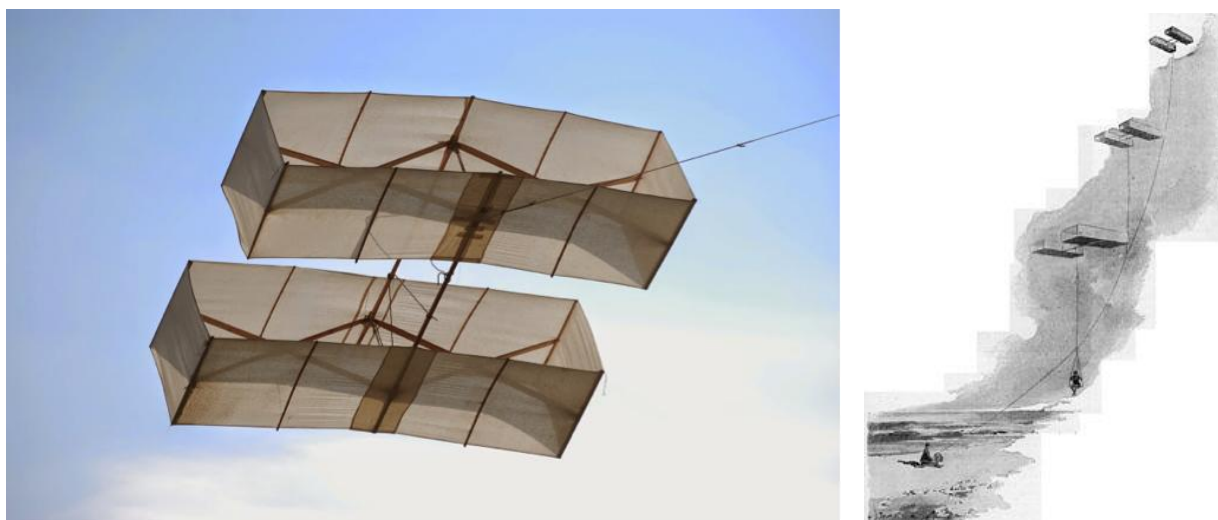


Figura 5 – Estrutura das pipas e ilustração do voo de Hargrave.

“As etapas particulares obtidas são a demonstração de que um aparelho extremamente simples pode ser feito, carregado e pilotado por um homem; e que um meio seguro de fazer uma subida com uma máquina voadora, de tentar o mesmo sem qualquer risco de acidente, e descida, está agora a serviço de qualquer experimentador que deseje usá-lo”.

*Lawrence Hargrave*

## 5 – Aplicações e Reconhecimento dos Projetos de Hargrave

As conclusões de Hargrave foram adotadas por Abbott Lawrence Rotch, do observatório meteorológico da Universidade de Harvard, que construiu uma pipa a partir dos detalhes do projeto.

Uma modificação foi adotada pelo departamento de meteorologia dos Estados Unidos e o uso de pipas de caixa para observações meteorológicas tornou-se generalizado.

O princípio foi aplicado a planadores e, em outubro de 1906, Alberto Santos-Dumont utilizou o princípio de “box kite” no 14-Bis para fazer seu primeiro voo.

O trabalho de Hargrave inspirou Alexander Graham Bell a começar seus próprios experimentos com uma série de designs de pipa tetraédrica.

No entanto, o trabalho de Hargrave, como o de muitos outros pioneiros, não foi suficientemente apreciado durante sua vida.

Seus modelos foram oferecidos ao premier de New South Wales como um presente para o estado, mas parece ter havido atrasos na aceitação e, nesse ínterim, cerca de 100 deles foram dados a alguns professores alemães visitantes que os entregaram ao Deutsches Museum em Munique.

## 6 – Estudos de Propulsão

Hargrave não se limitou ao problema de construir uma máquina mais pesada que o ar que voasse, pois dedicou muito tempo aos meios de propulsão.

Em 1889, ele inventou um motor rotativo que parece ter atraído tão pouca atenção que seu princípio teve de ser descoberto novamente pelos irmãos Seguin em 1908.

Este tipo de motor foi muito utilizado nos primeiros aviões até que foi substituído por invenções posteriores.

O desenvolvimento do motor rotativo de Hargrave foi frustrado pelo peso dos materiais e pela qualidade da usinagem disponíveis na época, e ele não conseguiu obter potência suficiente para construir uma máquina voadora independente.

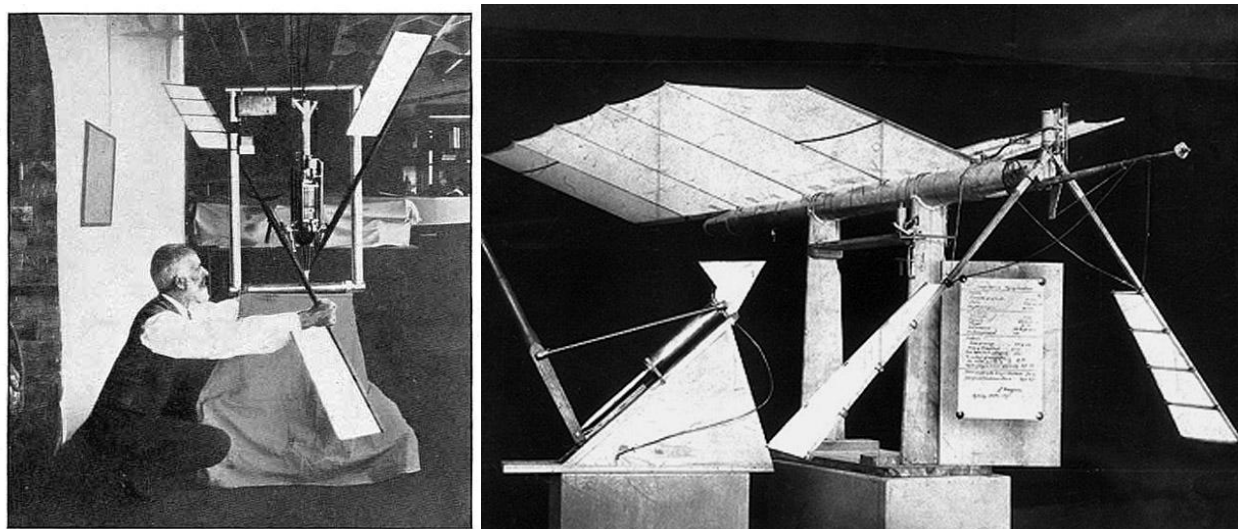


Figura 6 – Estudos de Propulsão.



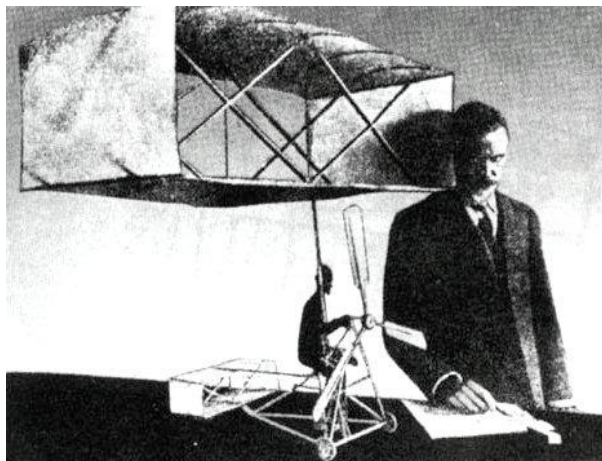


Figura 7 – A máquina voadora de Hargrave.

## 7 – O Legado de Hargrave

Hargrave foi um excelente experimentador e seus modelos eram bem elaborados. Teve o otimismo essencial a um inventor e a perseverança de não se deixar abater pelos fracassos.

Modesto, despretensioso e altruísta, ele sempre se recusou a patentear suas invenções, e estava apenas ansioso por conseguir aumentar a soma do conhecimento humano.

Muitos homens criticaram seus esforços e poucos tinham fé que algo sairia deles. Uma exceção honrosa foi o professor Richard Threlfall que, em seu discurso presidencial à Royal Society de New South Wales em maio de 1895, falou de sua forte convicção da importância do trabalho que o Sr. Hargrave fez para resolver o problema do voo artificial. “O passo que ele deu na conquista do ar pelo homem foi importante com consequências de longo alcance, e ele deve ser lembrado como um importante experimentador e inventor, que provavelmente fez tanto para a realização do voo quanto qualquer outro inventor”.

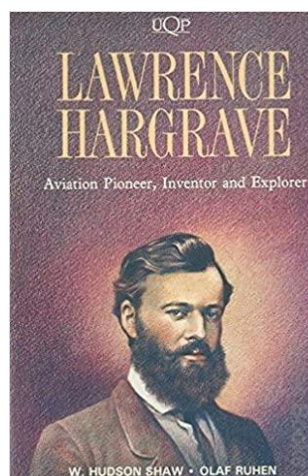
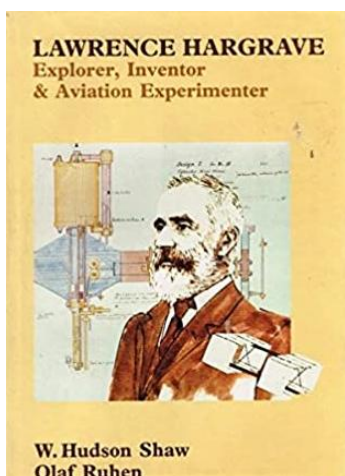


Figura 8 – Livros sobre Hargrave.

Entre 1966 a 1994, a nota australiana de 20 dólares exibia Hargrave no reverso.

Hargrave foi o tema da ópera Fly, de Barry Conyngham, que estreou em 1984 na Victoria State Opera.

Lawrence Hargrave Drive é uma rodovia australiana que se estende da Old Princes Highway em Helensburgh até a parte inferior do Bulli Pass em Thirroul.

A maior companhia aérea da Austrália, Qantas, nomeou sua quinta aeronave Airbus A380 (registro VH-OQE) em homenagem a Lawrence Hargrave.

Um novo edifício de tecnologia em sua antiga escola em Kirkby Lonsdale, Inglaterra, foi nomeado em sua homenagem em 2017.

Uma placa memorial foi colocada na antiga residência de Lawrence Hargrave em Point Piper, Sydney.



Figura 9 – Nota de vinte Dólares Australianos com Hargrave no reverso.

## 8 – Considerações Finais

Este artigo apresentou um breve histórico a respeito dos projetos desenvolvidos Lawrence Hargrave. Ao longo do texto foram abordadas uma breve biografia de Hargrave, sua contribuição com a evolução da engenharia aeronáutica e os projetos e estudos desenvolvidos.

## 9 – Referências

**Rodrigues, Luiz Eduardo Miranda José.,** A Fascinante História da Engenharia Aeronáutica – Primeiros Planadores, Salto/SP: 2023 - 92 p.



## Octave Chanute

**Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues**  
**Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo**  
[luizeduardo@ifsp.edu.br](mailto:luizeduardo@ifsp.edu.br)

### Resumo

Este artigo apresenta de forma resumida uma breve história sobre a biografia e projetos desenvolvidos pelo franco-americano pioneiro dos planadores, Octave Chanute.

### Palavras-chave

História da Aviação, Planadores, Octave Chanute.

### 1 – Introdução

Octave Chanute nasceu em Paris no dia 18 de fevereiro de 1832, foi um engenheiro civil franco-americano e pioneiro da aviação.

Ele foi uma referência para muitos estudiosos iniciantes da aviação, incluindo os irmãos Wright, com ajuda e conselhos, além de ajudá-los divulgar seus experimentos de voo.

Emigrou para os Estados Unidos da América em 1838, quando o seu pai foi nomeado vice-presidente do Jefferson College em Louisiana, sendo que Octave frequentou escolas particulares em Nova York.



Figura 1 – Octave Chanute.

Octave Chanute começou sua carreira na engenharia civil em 1848 e foi considerado brilhante e inovador na profissão de engenheiro.

Durante sua carreira, ele projetou e construiu os dois maiores armazéns dos Estados Unidos, o Chicago Stock Yards em 1865 e o Kansas City Stockyards em 1871.

Ele projetou e construiu a ponte Hannibal com Joseph Tomlinson e George Morison, que foi a primeira ponte a cruzar o rio Missouri em Kansas City, em 1869 e estabeleceu Kansas City como a cidade dominante na região.

Também projetou muitas outras pontes durante sua carreira ferroviária, além de estabelecer um procedimento para o tratamento de pressão de dormentes de madeira com um anti-séptico que aumentou a vida útil da madeira nos trilhos.

Como forma de rastrear a idade e longevidade de dormentes de ferrovias e outras estruturas de madeira, ele também introduziu o prego de data de ferrovia nos Estados Unidos.

## **2 – Interesse pela Aeronáutica**

Chanute começou a se interessar pela aeronáutica após assistir a um balão decolar em Peoria, Illinois, em 1856.

Quando se aposentou da carreira ferroviária em 1883, decidiu dedicar algum tempo de lazer ao desenvolvimento da ciência aeronáutica.

Aplicando sua formação em engenharia, Chanute coletou todos os dados disponíveis de experimentadores de voo ao redor do mundo e os combinou com o conhecimento adquirido como engenheiro civil no passado.

Chanute publicou suas descobertas em uma série de artigos no “The Railroad and Engineering Journal” entre os anos de 1891 e 1893, sendo que esses mesmos artigos foram então republicados no influente livro “Progress in Flying Machines” em 1894.

Esta foi a pesquisa global mais sistemática de pesquisas de aviação de asa fixa mais pesada que o ar publicada até então.

“Esperemos que o advento de uma máquina voadora bem-sucedida, agora apenas vagamente prevista e, no entanto, considerada possível, não traga nada além de bom ao mundo; que encurtará as distâncias, tornará todas as partes do globo acessíveis, aproximará os homens uns dos outros, promoverá a civilização e apressará a era prometida em que não haverá nada além de paz e boa vontade entre todos os homens.”

*Octave Chanute*

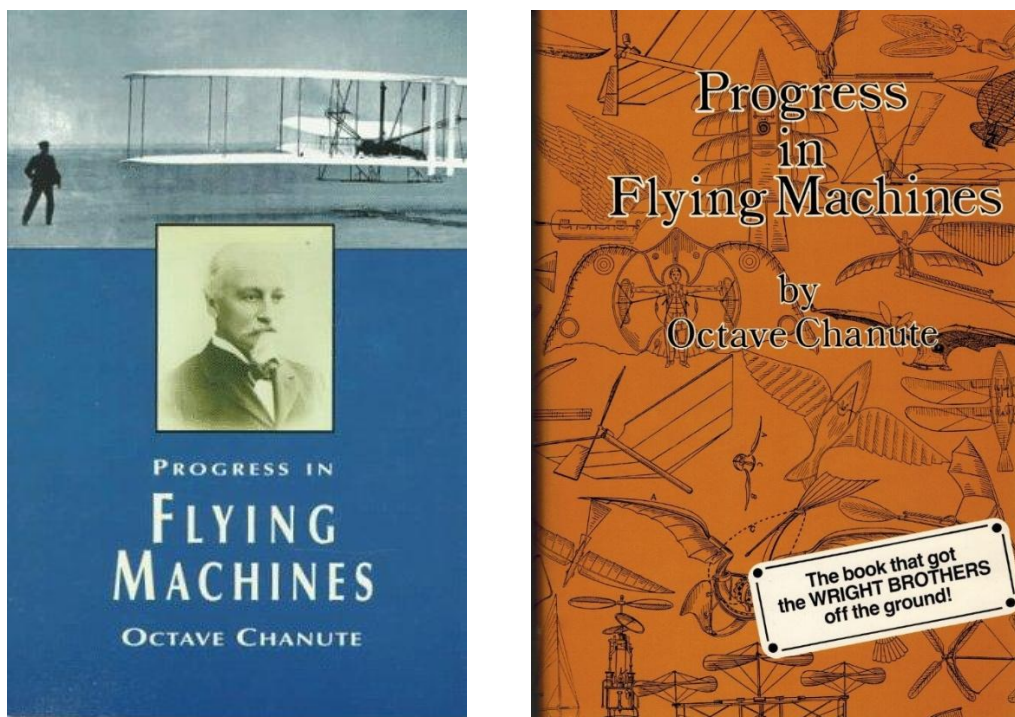


Figura 2 – O livro “Progress in Flying Machines”.

### 3 – Os Primeiros Experimentos

Na Exposição Colombiana Mundial em Chicago no ano de 1893, Chanute organizou em colaboração com Albert Zahm uma Conferência Internacional de Navegação Aérea de grande sucesso.

Chanute era muito velho para voar, então fez parceria com pesquisadores mais jovens, incluindo Augustus M. Herring e William Avery.

Em 1896, Chanute, Herring e Avery testaram um projeto baseado no trabalho do pioneiro da aviação o alemão Otto Lilienthal, bem como asas-delta de seu próprio projeto nas dunas ao longo da costa do Lago Michigan, perto da cidade de Miller Beach, Indiana.

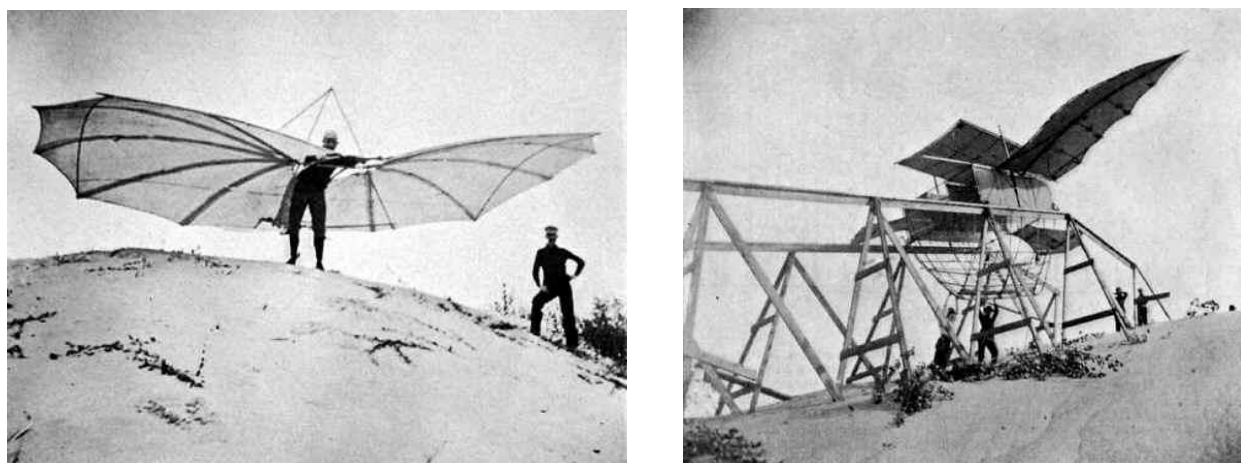


Figura 3 – Os Primeiros Experimentos.

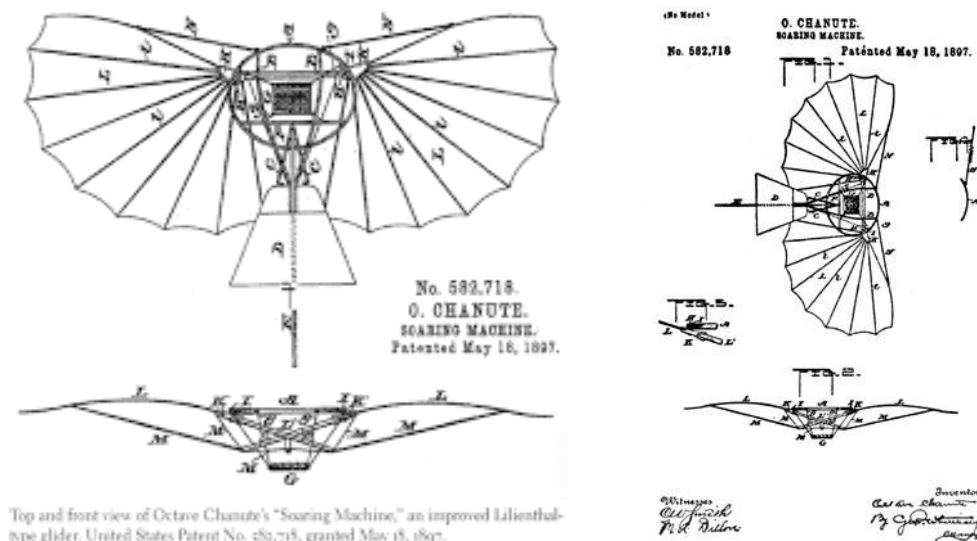


Figura 4 – O Planador de 1897.

Esses experimentos convenceram Chanute de que a melhor maneira de obter sustentação extra para colaborar com o peso transportado era empilhar várias asas uma sobre a outra.

Essa ideia havia sido proposta pelo engenheiro Francis Wenham em 1866 e testada com sucesso em voo por Otto Lilienthal na década de 1890.

#### 4 – A Estrutura de Asa Reforçada

A ideia de asas superpostas permitiu que Chanute introduzisse a estrutura de asa reforçada com "strut-wire" que seria usada em biplanos motorizados do futuro.

Chanute baseou seu conceito de "suportes interplanares" na treliça Pratt, que lhe era familiar devido ao seu trabalho de construção de pontes.

Os irmãos Wright basearam seus projetos de planadores no Chanute "de dois andares", como o chamavam.

Um novo projeto de planador biplano foi desenvolvido e pilotado em 1897.

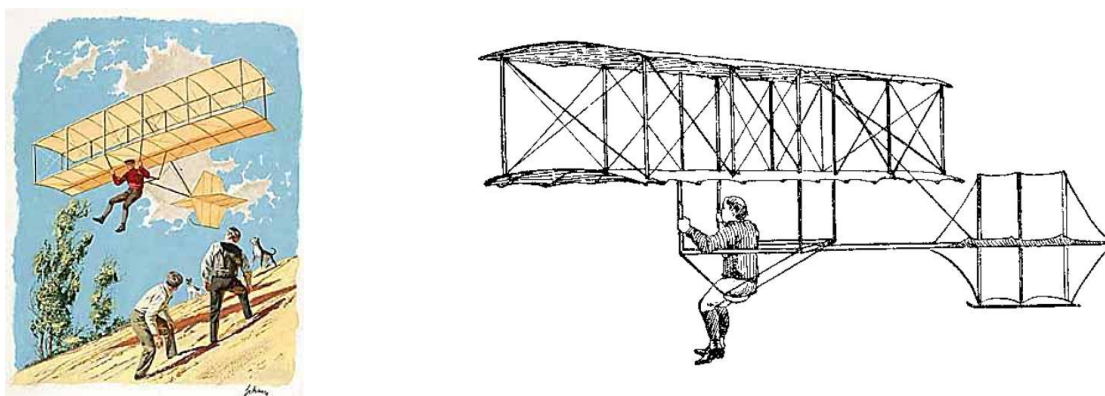


Figura 5 – O biplano de 1897.



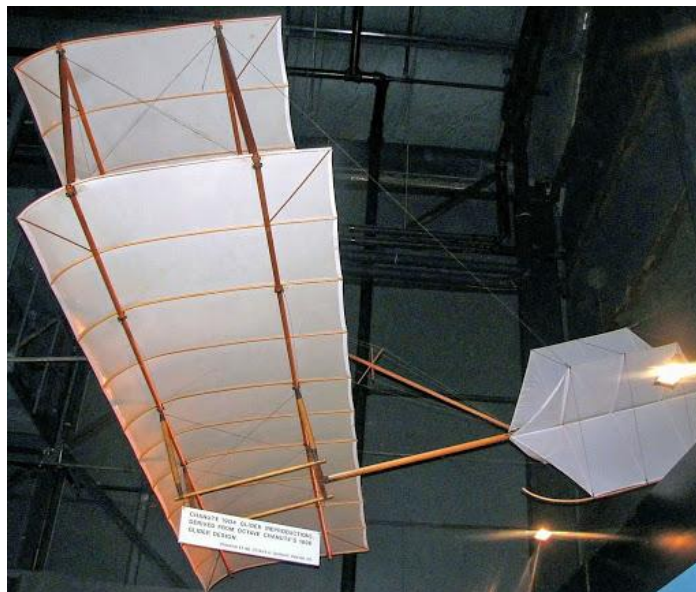


Figura 6 – Réplica do biplano de 1897.

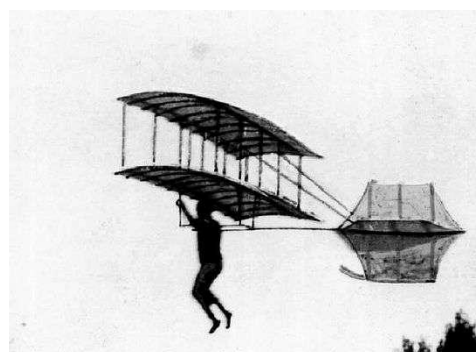
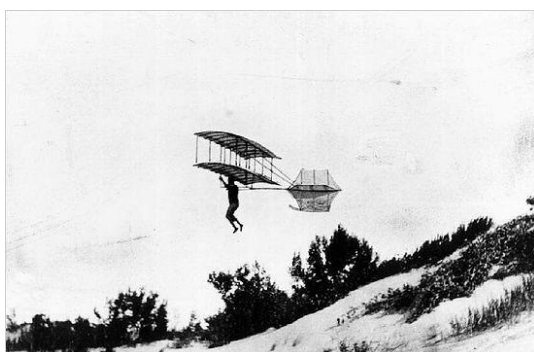


Figura 7 – Os voos do biplano de 1897.

## 5 – Contatos de Chanute

Chanute se correspondeu com muitos pioneiros da aviação, incluindo Otto Lilienthal, Louis Mouillard, Gabriel Voisin, John J. Montgomery, Louis Blériot, Ferdinand Ferber, Lawrence Hargrave e Alberto Santos Dumont.

Em 1897, ele iniciou uma correspondência com o aviador britânico Percy Pilcher.

Seguindo as ideias de Chanute, Pilcher construiu um triplano, mas morreu em um acidente durante um voo com um outro planador em outubro de 1899 antes de tentar voar o triplano.

Chanute ficou em contato direto com os irmãos Wright a partir de 1900, quando Wilbur escreveu para ele depois de ler “Progress in Flying Machines”.

Chanute ajudou a divulgar o trabalho dos irmãos Wright e forneceu incentivo consistente, visitando seu acampamento perto de Kitty Hawk, Carolina do Norte, em 1901, 1902 e 1903. Os Irmãos Wright e Chanute trocaram centenas de cartas entre 1900 e 1910.

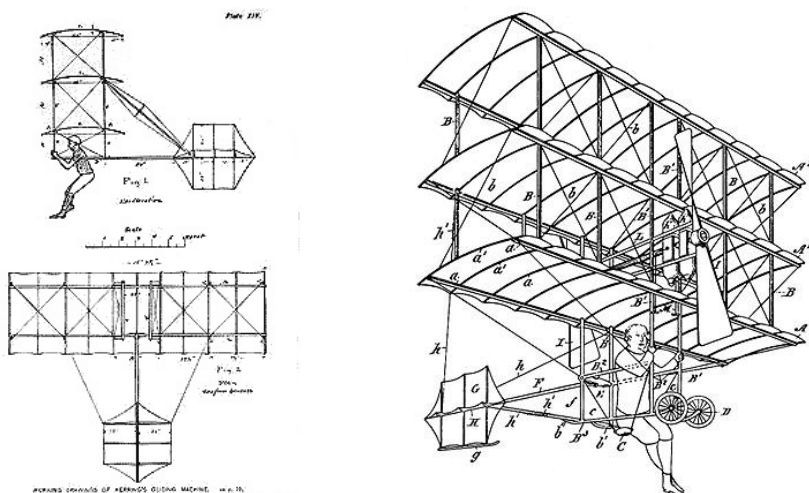


Figura 8 – O projeto do triplano.



Figura 9 – O voo do triplano.

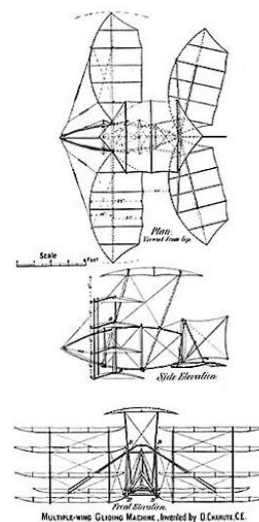
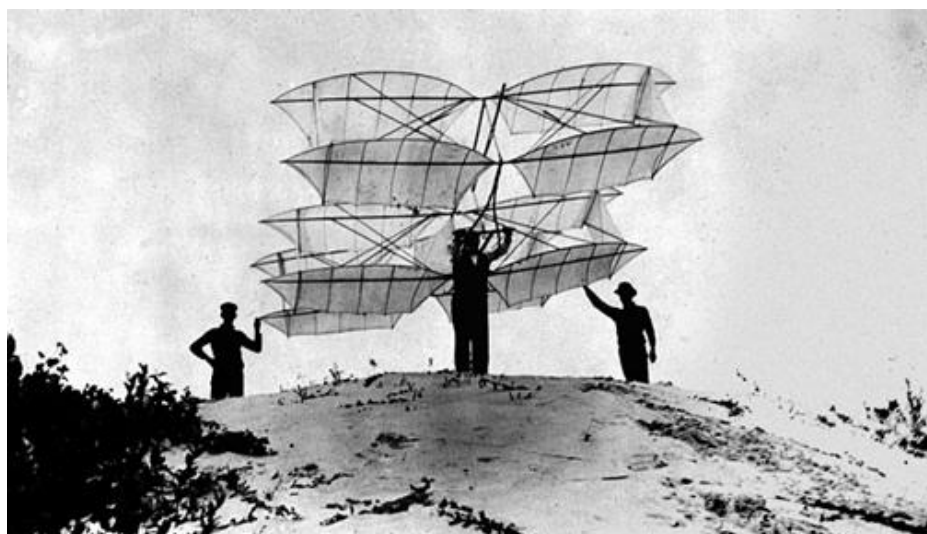


Figura 10 – O multiplano.



## 6 – O Compartilhamento do Conhecimento

Chanute compartilhou livremente seu conhecimento sobre aviação com qualquer pessoa que estivesse interessada e esperasse que outros fizessem o mesmo, embora tenha encorajado colegas a patentear suas invenções.

Sua abordagem aberta levou a atritos com os irmãos Wright, que acreditavam que suas ideias sobre o controle de aeronaves eram únicas e se recusaram a compartilhá-las.

Chanute não acreditava que a patente da máquina voadora Wright, com base no empenamento das asas, pudesse ser aplicada, fato que foi dito publicamente em uma entrevista ao jornal no qual ele disse que admirava os irmãos Wright, sentindo-se amigável com eles pelas maravilhas que haviam alcançado, mas que ao mesmo tempo se sentia frustrado em relação à atitude deles no momento, sendo que realizou um comentário sobre sua opinião a Wilbur Wright recentemente.

“Eu disse a ele que lamentava ver que eles estavam processando outros experimentadores e se abstendo de entrar em concursos e competições em que outros homens estão ganhando louros brilhantemente.”

“Também disse a ele que, em minha opinião, eles estão perdendo um tempo valioso com processos que deveriam se concentrar em seu trabalho. Pessoalmente, não acho que os tribunais sustentem que o princípio subjacente às pontas de distorção possa ser patenteado.”

## 7 – Homenagens à Chanute

A cidade de Chanute, Kansas, recebeu o nome de Chanute, assim como a antiga Base da Força Aérea de Chanute perto de Rantoul, Illinois, que foi desativada em 1993.

A antiga base, agora voltada para empreendimentos em tempos de paz, inclui o Museu Aeroespacial Octave Chanute, detalhando a história da aviação e da base da Força Aérea Americana.

Em 1902, a Western Society of Engineers começou a apresentar o Octave Chanute Award para trabalhos de mérito em inovações de engenharia.

De 1939 a 2005, o Instituto Americano de Aeronáutica e Astronáutica apresentou o Prêmio de Voo Octave Chanute por uma contribuição notável feita por um piloto ou pessoal de teste para o avanço da arte, ciência e tecnologia da aeronáutica.

Em 1974, Chanute foi introduzido no International Air & Space Hall of Fame.

Em 1978, o Serviço Postal dos EUA comemorou Octave Chanute com um par de selos de correio aéreo de 21 centavos.

Em 1996, o National Soaring Museum homenageou o 100º aniversário dos experimentos de voo de planador nas dunas de areia ao longo do Lago Michigan como “National Landmark of Soaring Number 8”.

A Embry-Riddle Aeronautical University, em Daytona Beach, Flórida, tem uma residência universitária fora do campus, o “Chanute Complex”.

O “Gary Bathing Beach Aquatorium”, em Gary, Indiana, abriga um museu dedicado a Octave Chanute e aos aviadores de Tuskegee.

A imagem de Chanute também está presente Rotunda do Capitólio em Whashington DC, onde da esquerda para a direita se pode observar Leonardo da Vinci, Samuel Pierpont Langley, Octave Chanute e os irmãos Wright.

## **8 – Considerações Finais**

Este artigo apresentou um breve histórico a respeito dos estudos e projetos desenvolvidos pelo pioneiro dos planadores, Octave Chanute. Ao longo do texto foram abordadas uma breve biografia de Chanute, bem como sua contribuição com a evolução da engenharia aeronáutica.

## **9 – Referências**

**Rodrigues, Luiz Eduardo Miranda José.**, A Fascinante História da Engenharia Aeronáutica – Primeiros Planadores, Salto/SP: 2023 - 92 p.

## Augustus Moore Herring

**Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues**  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
[luizeduardo@ifsp.edu.br](mailto:luizeduardo@ifsp.edu.br)

### Resumo

Este artigo apresenta de forma resumida uma breve história sobre a biografia e projetos desenvolvidos pelo pioneiro dos planadores Augustus Moore Herring.

### Palavras-chave

História da Aviação, Planadores, Augustus Moore Herring.

### 1 – Introdução

Augustus Moore Herring nasceu no dia 3 de agosto de 1867 em Covington, Geórgia. Filho de William F. Herring, um rico produtor de algodão, e sua esposa Cloe Perry Conyers.

Foi um pioneiro da aviação americana, que às vezes é reivindicado pelos promotores de Michigan como o primeiro verdadeiro aviador de uma aeronave motorizada mais pesada que o ar, fato que não existe nenhuma comprovação.



Figura 1 – Augustus Moore Herring.

Estudou na Suíça e na Alemanha, antes de sua família se estabelecer em Nova York em 1884.

Em 1885, como estudante no Stevens Institute of Technology, Herring já estava construindo modelos de máquinas voadoras.

Em 1893, construiu um primeiro planador que sofreu colapso total em sua primeira tentativa de voo. A partir de então começou a estudar o trabalho do especialista em planadores Otto Lilienthal.

Em 1894, Herring construiu um planador monoplano Tipo 11 baseado na patente alemã de Otto Lilienthal de 1893.



Figura 2 – O planador de Herring.

## 2 – Trabalhos com Chanute e Langley

Em 1894 Herring foi então contratado por Octave Chanute para projetar, construir e testar modelos de aeronaves desenvolvidos em parceria.

Em 1895, Samuel Pierpont Langley contratou Herring para ajudar em seus experimentos.

Herring foi recontratado por Chanute em janeiro de 1896, mas continuou fazendo experiências por conta própria.

Em dezembro de 1896, ele solicitou uma patente de uma “máquina voadora” que era motorizada e controlável, mas o pedido de patente foi rejeitado.

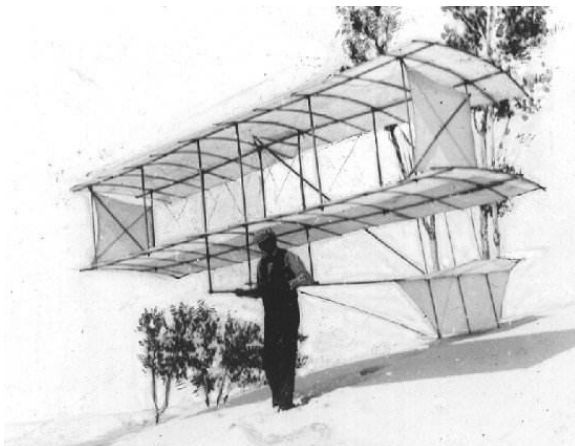


Figura 3 – Os voos de Herring.

### 3 – O Avião Motorizado

Em 10 de outubro de 1898, Herring telegrafou a Chanute o convidando para vê-lo voar em um avião motorizado.

O projeto desenvolvido por Herring era baseado na estrutura do biplano de Chanute, usava um motor de ar comprimido e o teste foi realizado no Silver Beach Amusement Park em St. Joseph, Michigan.

A aeronave não conseguiu voar, pois segundo relatos, a potência era muito baixa e a operação do motor não durava mais do que 30 segundos.

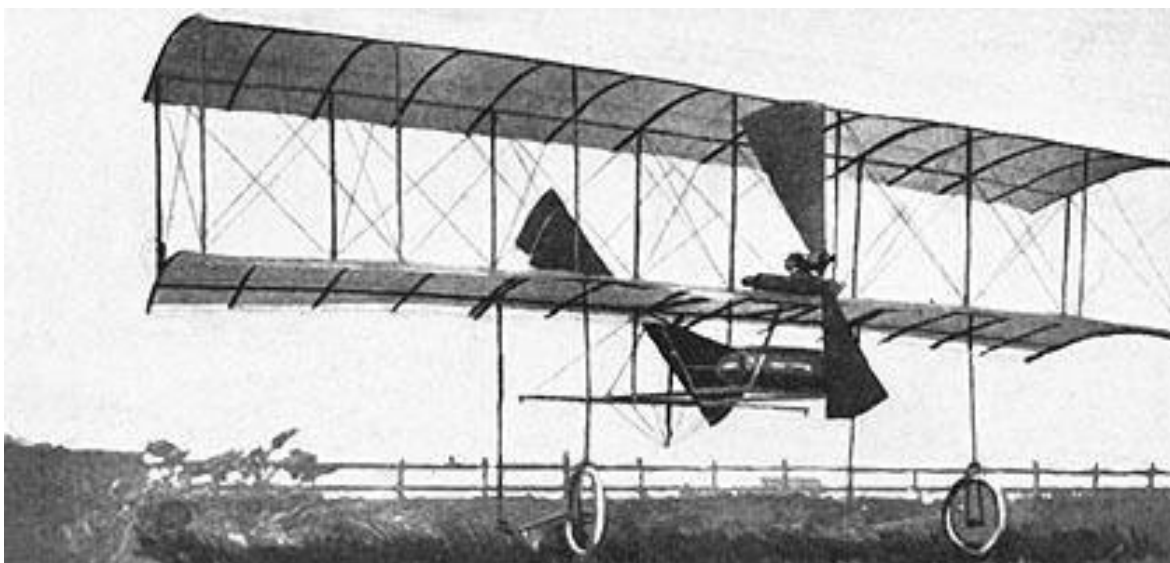


Figura 4 – O avião motorizado.

### 4 – Considerações Finais

Este artigo apresentou um breve histórico a respeito dos primeiros voos realizados em planadores, projetados e construídos pelo inventor americano Augustus Moore Herring. Ao longo do texto foram abordadas uma breve biografia de Herring, sua contribuição com a evolução da engenharia aeronáutica, os projetos e estudos desenvolvidos e os voos realizados pelo inventor americano.

### 5 – Referências

**Rodrigues, Luiz Eduardo Miranda José.**, A Fascinante História da Engenharia Aeronáutica – Primeiros Planadores, Salto/SP: 2023 - 92 p.

## Sobre a Revista

**ISSN - 2177-5907**

### Contato Principal

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues

Editor Científico

E-mail: luizaerodesign@gmail.com

### Editor

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues

### Conselho Editorial

Prof. Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues

Engenheiro, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus Salto, Orientador da Equipe Taperá AeroDesign.

### Administrador do Portal

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues

### Capa e Design

Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues

### Foco e Escopo

A Revista Eletrônica AeroDesign Magazine dedicar-se-á a publicação de artigos científicos diretamente relacionados ao desenvolvimento da engenharia aeronáutica. Haverá três âmbitos de abrangência: disciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar.

Os artigos serão submetidos à Comissão Avaliadora e sua revisão final caberá ao Conselho Editorial.

### Editorial

Esta seção visa apresentar as matrizes epistemológicas que orientam a revista a partir da proposta de interlocução entre diferentes áreas do conhecimento mediante sua interface com a ciência aeronáutica.

### Entrevistas

O objetivo principal desta seção corresponde à publicação de entrevistas relacionadas as experiências vividas na engenharia aeronáutica.

### Periodicidade

Publicação anual no mês de dezembro.

### Arquivamento

Esta revista utiliza arquivos permanentes para preservação e restauração.

### Revista Eletrônica AeroDesign Magazine

A Revista Eletrônica AeroDesign Magazine abrange temáticas relevantes à teoria e prática da ciência aeronáutica. Destaca-se seu compromisso com a contemporaneidade e a velocidade das informações em uma rede universal de interação comunicativa.



#### Declaração de Direito Autoral

Direitos Autorais para artigos publicados nesta revista são do autor, com direitos de primeira publicação para a revista. Em virtude da política adotada pela revista, o acesso é público, gratuito e os trabalhos pesquisados e entregues para a publicação são de responsabilidade de seus autores e representam o seu ponto de vista. Ficam reservados os direitos à propriedade intelectual do autor.

#### Política de Privacidade

Os nomes e endereços de e-mail neste site serão usados exclusivamente para os propósitos da revista, não estando disponíveis para outros fins.

#### Histórico da Revista

A Revista Eletrônica AeroDesign Magazine apresentou em 2009 sua primeira edição com o Volume 1, nº 1. Trata-se de uma revista virtual dedicada para o desenvolvimento da engenharia aeronáutica. A revista foi elaborada pela coletânea de produções científicas de professores e estudantes que se dedicam ao projeto de aeronaves e ao desenvolvimento da engenharia aeronáutica no Brasil.

O objetivo da Revista Eletrônica AeroDesign Magazine é um só: possibilitar a difusão e a democratização do conhecimento científico. Para tanto, em 2009, foi criado um sítio na Internet para permitir ampla acessibilidade, a tantos quantos necessitassem e/ou desejassem obter o conteúdo do periódico no site <http://www.engbrasil.eng.br>, onde se passou a depositar o arquivo completo das edições da revista em formato pdf.

O Conselho Editorial é responsável pelo desenvolvimento e acompanhamento das políticas e critérios de qualidade científica da revista, e a avaliação dos trabalhos enviados para análise e publicação, incumbido da verificação da linha editorial e da proposição de políticas e critérios de qualidade científica do periódico.

O nascimento de uma Revista Eletrônica é, sem dúvida, motivo de orgulho e comemoração, até porque “livros não mudam o mundo, quem muda o mundo são as pessoas. Os livros só mudam as pessoas”.

A Revista Eletrônica AeroDesign Magazine permanecerá para sempre, imune ao tempo, consolidando o saber e refletindo as funções que das pessoas que se dedicam ao estudo da engenharia aeronáutica se esperam, quais sejam, o ensino, a pesquisa e a extensão.

Prof. Luiz Eduardo Miranda José Rodrigues

#### Ficha Catalográfica

Revista Eletrônica AeroDesign Magazine – RODRIGUES, LEMJ

Ano 1, v.1, n.1 (2009). Santana de Parnaíba-SP: [www.engbrasil.eng.br](http://www.engbrasil.eng.br)

ISSN - 2177-5907

#### Periodicidade Anual

1. Engenharia Aeronáutica - Periódico. 2. Artigos. 3. Resenhas. 4. Notas de Aulas. 5. Entrevistas.

