

Ludwig Boltzmann e a arte de voar

(*Ludwig Boltzmann and the art of flying*)

Sílvia R. Dahmen¹

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil
Institut für Theoretische Physik III, Universität Würzburg, Alemanha

Uma das facetas pouco conhecidas de Ludwig Boltzmann diz respeito a sua fascinação pela aviação. Em 1894, em uma palestra de muita repercussão, na qual fez voar pelo auditório uma réplica de uma aeronave, Boltzmann defendeu veementemente investimentos na área. Discuto neste artigo o envolvimento de Boltzmann, a repercussão de sua palestra e sua correspondência com dois pioneiros da aviação, Otto Lilienthal e Wilhelm Kress.

Palavras-chave: História da Física, aeronáutica.

One of the less known sides of Ludwig Boltzmann was that of his passion for air travel. In a talk in which he even had a model airplane fly over the audience, Boltzmann vehemently defended further investments in the area. In this paper I discuss his involvement with the subject, how his talk was received as well as his correspondence with two flight pioneers, Otto Lilienthal e Wilhelm Kress.

Keywords: History of Physics, aeronautics.

1. A paixão por artefatos

Um dos aspectos da carreira científica de Boltzmann pouco explorados é aquele que diz respeito a seu envolvimento com a física experimental e a tecnologia. Uma das razões deste “esquecimento” deve-se obviamente a seu trabalho em mecânica estatística que, por questões óbvias, faz suas outras importantes contribuições, em particular seus trabalhos experimentais em eletromagnetismo, parecerem menores [1].

O envolvimento de Boltzmann com questões práticas não é de todo incomum para sua época, em particular se olharmos mais detalhadamente as circunstâncias em que ele assumiu seu primeiro posto acadêmico. Quando foi chamado para a cadeira de física matemática na Universidade de Graz em 1869, Boltzmann na verdade estava assumindo uma cadeira de física geral. Com a abertura da Faculdade de Medicina no ano de 1863, as autoridades universitárias se viram diante da necessidade de melhorar consideravelmente a oferta de disciplinas nas ciências naturais não só em quantidade mas principalmente em qualidade. A Física era então representada por apenas um professor, Karl Hummel, cuja habilidade face às novas exigências deixava muito a desejar. Optou-se assim por criar uma vaga de professor extraordinário² que,

por questões políticas, foi mascarada sob a rubrica de física matemática [2]. Depois de ocupada por apenas um ano, Ernst Mach, então professor do instituto de matemática, conseguiu que a vaga fosse transformada de *extraordinarius* para *ordinarius*, assumindo-a em seguida. Em 1867 Mach mudou-se para Praga deixando a vaga que viria a ser ocupado em 1869 por Boltzmann e com ela a responsabilidade, entre outras, de renovar os laboratórios do instituto. Porém o envolvimento mais direto de Boltzmann com pesquisa experimental ocorreu com suas visitas ao laboratório de Helmholtz em Berlim³. Helmholtz foi um dos primeiros defensores da teoria maxwelliana na Alemanha e inclusive o envolvimento de Hertz com o eletromagnetismo se deu quando este era seu assistente em Berlim. Boltzmann também havia se doutorado com Joseph Stefan, outro grande admirador de Maxwell, com uma tese sobre o movimento de cargas em superfícies curvas [1]. Não bastasse isso, Boltzmann gostava de “brincar” com aparelhos elétricos e chegou a construir uma máquina de costura elétrica para sua esposa [4].

Já a origem de sua fascinação pela aviação é difícil de se precisar. Talvez ela fosse fruto natural de seu envolvimento com questões do estado-da-arte da física teórica e experimental e os desafios científicos e tecnológicos aí envolvidos, como ele mesmo afirma [5]:

¹E-mail: silvio.dahmen@ufrgs.br.

²Ou seja, cujo salário era pago de mensalidades daqueles estudantes matriculados em seu curso.

³Entre 1870 e 1871 Boltzmann esteve aproximadamente por um ano em Berlim, somadas todas suas visitas neste período [3].

O mesmo se aplica, até em maior grau, ao problema de uma aeronave dirigível. Com este termo refiro-me a um aparelho capaz de transportar uma ou mais pessoas livremente pelo ar, através de longas distâncias, numa direção desejada. A quantidade de projetos fracassados nesta área é enorme, embora as mais brilhantes mentes de todas as diferentes épocas dele tenham se ocupado, do legendário Dédalo até Leonardo da Vinci. Na realidade é difícil achar outro problema que seja tão atraente para o espírito humano.

Uma outra possível origem seria uma paixão desde a infância com viagens por longas distâncias, como podemos depreender do seguinte trecho [5]:

Lembro-me ainda da minha estupefação quando criança por não entender porque se preferia abrir um caminho pelo istmo de Suez ao invés de ligar a Europa, a Ásia e a África com estradas de ferro. Eu não compreendia então a grande mobilidade dos navios sobre a superfície da água. Quais não seriam as vantagens que de imediato nos ofereceria o ar, tão móvel e tão onipresente?

Os desafios que a descoberta do avião representavam para Boltzmann e sua confiança na capacidade do espírito humano em vencê-los merecem sua atenção [5]:

Mas e quanto ao homem, cujas ferrovias são capazes de vencer os mais velozes cavalos de corrida? Cujos navios não obstante suas dimensões, com sua dirigibilidade e mobilidade tanto dentro quanto fora da água parecem rir da arte dos peixes? Não será ele algum dia capaz de seguir os pássaros pelo ar?

O envolvimento direto de Boltzmann com a aviação foi mais a de um grande defensor de investimentos e pesquisas na área. Como discuto abaixo, duas intervenções públicas de Boltzmann foram fundamentais para que as autoridades de seu país voltassem os olhos para o que estava ocorrendo em outros locais do mundo: uma palestra [5] e um artigo em jornal de grande circulação [6].

Em 1894 a Sociedade Alemã de Cientistas Naturais e Médicos⁴ realizou seu 66º congresso anual em Viena. Ciente de seu peso enquanto cientista renomado e do impacto de tão prestigioso congresso no mundo científico, Boltzmann achou por bem escolher como tema de sua palestra a aviação. Intitulada *Acerca das viagens aéreas* ela é um contundente libelo em defesa de investimentos na área, uma exaltação dos trabalhos do pioneiro alemão Otto Lilienthal⁵ e uma tentativa de chamar a atenção para o então pouco conhecido Wilhelm Kress, o único trabalhador ativo nesta área na

Áustria, cujo trabalho era bastante comprometido pela falta de recursos. Com um início onde ressalta os grandes benefícios que a aviação traria para a humanidade – até a possibilidade de seu uso militar, que hoje nos parece beirar uma profecia, tão clara é sua descrição das *velozes e inatingíveis máquinas de aço, que das alturas despejassem dinamite* [5] – Boltzmann faz primeiro um apanhado geral sobre os avanços progressos e os mais atuais. Ao longo de seu texto transparece um certo tom patriótico, exaltando os feitos de sua nação em outras áreas e perguntando: *...mas quanto os alemães já não conseguiram através da argucidade de suas idéias! Quem em Viena pode duvidar disso, o lugar onde a Flauta Mágica, a Missa Solemnis e a Nona Sinfonia foram compostas? Eles que tentem nos copiar mundo afora, se é que conseguem.* [5] Este patriotismo até certo ponto exacerbado não me parece um reflexo da personalidade de Boltzmann, um homem viajado e até certo ponto um cidadão do mundo, mas mostra de sua parte uma hábil tática para tentar convencer sua platéia da importância de uma área onde os austríacos até aquele momento pouco tinham feito.

A palestra foi um sucesso estrondoso, não apenas pela reconhecida qualidade de Boltzmann como orador mas principalmente pelo fato que ele fez voar, durante sua palestra, um protótipo encomendado ao próprio Kress que, segundo relatos da época, voou pelo grande auditório *pousando nos braços de uma dama* [7].

Boltzmann, a exemplo de poucos, tinha viajado para outros países do continente europeu e chegou a visitar os Estados Unidos em duas ocasiões diferentes, sendo que numa delas cruzou o país, chegando à Califórnia. Mais do que ninguém ele sabia o quanto uma aeronave representaria em termos do transporte de cargas e pessoas e podemos imaginar que ele se mantivesse informado sobre o que ocorria na área. Certamente ele conhecia os trabalhos de Lilienthal – não podemos nos esquecer que Boltzmann esteve por várias vezes em Berlim – e talvez conhecesse também seu livro que havia sido lançado em 1889 [8]. Isto se torna mais provável em função de uma carta de Lilienthal de 1894 a Boltzmann, na qual Lilienthal agradece o interesse do físico por seu trabalho e lhe envia algumas cópias de seus mais recentes artigos (v. discussão na seção 2). Como a carta de Lilienthal foi enviada após a palestra na qual Boltzmann discute detalhes do trabalho do engenheiro alemão, podemos concluir que Boltzmann teve acesso a seu livro ou ao menos a alguns de seus trabalhos publicados.

Do ponto de vista mais técnico, a partir de 1897 Boltzmann teve como assistente o jovem físico Gustav Jäger, que havia trabalhado com Stefan anteriormente. Boltzmann não apenas tomou-o sob sua asa como encaminhou o processo de nomeação de Jäger para uma vaga de professor extraordinário de Física. No ano de

⁴Que mais tarde foi separada e deu origem à atual Sociedade Alemã de Física.

⁵Ao final do artigo faço um breve relato biográfico dos nomes aqui citados.

sua chegada a Viena Jäger publicou um trabalho com o título *Zur Frage des Widerstandes, welchen bewegten Körper in Flüssigkeiten und Gasen erfahren*⁶. Esse trabalho, segundo Höflechner, recebeu a atenção do meio científico pelos elogios de Boltzmann, pois nele se refutava a posição de Helmholtz segunda a qual um corpo mais pesado que o ar não seria capaz de voar [9]. Um efeito interessante do envolvimento de Boltzmann com a aviação foi que seu filho, o físico e engenheiro Arthur Boltzmann, tornou-se balonista e chegou a publicar um trabalho intitulado *Über den Luftwiderstand gekrümmter Flächen*⁷. Em 33 páginas, A. Boltzmann discute uma extensiva série de medidas por ele feitas acerca da distribuição de pressão sobre superfícies de diferentes curvaturas e ângulos de ataque quando na presença de uma corrente de ar com velocidades entre 2,4 e 2,6 m/s. Os resultados deste trabalho foram por ele apresentados durante a seção da Real Academia de Ciências de Viena no dia 9 de junho de 1910, pouco menos de 4 anos depois da morte de seu pai, e publicados ainda no mesmo ano nos anais da Academia.

2. A correspondência de Boltzmann

A primeira correspondência que encontramos é uma carta de Otto Lilienthal endereçada a Boltzmann, em resposta a uma solicitação deste por informações acerca de seu trabalho [10]:

Caro Prof. Ludwig Boltzmann, Viena

Demorei em responder sua amável carta pois queria esperar até poder lhe mandar um cópia impressa de meus últimos experimentos na área da técnica de vôo. Justamente hoje li no jornal que o Sr. já preferiu a prometida palestra, cujo relato acompanhei com grande interesse. Neste meio tempo permito-me enviar-lhe 2 artigos meus nos quais também falo de hélices, sobre as quais os Sr. se refere no final de sua carta. A Prometeus⁸ também trará em sua edição de outubro um artigo meu com ilustrações de minha estação experimental de vôo nas cercanias de Berlim⁹.

O Sr. conselheiro von Stock, no hotel Kahlenberg, tem um planador de minha fabricação.

Cordialmente ... Otto Lilienthal.

Antes de escrever a Lilienthal novamente, Boltzmann enviou no dia 4 de outubro de 1894 uma carta de agradecimento a Lord Rayleigh, pelos artigos sobre o engenheiro H. Maxim que ele, pelo que se deduz, houvera solicitado [11]:

Meu caro Sr.,

agradeço profundamente o envio da nova edição de seu excelente livro sobre a teoria do som¹⁰, bem como pela sinopse do artigo do Sr. Maxim, que recebi quando ainda me encontrava em Munique.

Com grande respeito, atenciosamente ...
Ludwig Boltzmann.

Ainda no dia 6 de novembro de 1894 Lilienthal enviou uma resposta a outra carta de Boltzmann onde, pelo conteúdo da resposta, depreende-se que Boltzmann tenha mostrado interesse em adquirir um dos planadores de sua fabricação [12]:

Estimado Prof. Boltzmann, Viena

Ficaria muito feliz em poder atendê-lo com o envio de uma máquina leve. Necessito no entanto de informações mais detalhadas acerca do propósito da mesma. Os motores leves por mim construídos funcionam todos segundo o princípio do movimento para cima e para baixo pois movimento circulares na aeronáutica resultam, na minha opinião, em grande desperdício de potência. Mas imagino que o Sr. ainda queira um motor com movimento rotatório.

Caso se trate de uma tentativa de curta duração, em que alguns minutos bastem, eu lhe aconselharia o motor movido a gás carbônico líquido. Ele exerce uma pressão de 60 atmosferas e para grandes potências são necessários cilindros bem pequenos. Com isto se consegue uma grande concentração de força em tempos curtos.

Em agradecimento pelas tão estimadas notícias de Vossa parte, atenciosamente ...
Otto Lilienthal.

Com movimentos para cima e para baixo Lilienthal se refere a um novo protótipo, por ele desenvolvido, diferente dos planadores até então testados. No inverno de 1893/1894 ele concebeu uma aeronave com partes móveis que, à semelhança dos pássaros, movia-se pelo

⁶Acerca da resistência que corpos experimentam quando se movimentam por líquidos e gases.

⁷Acerca da resistência do ar em superfícies curvas.

⁸A revista *Prometheus: Semanário Ilustrado dos Progressos do Comércio, Indústria e Ciência* circulou entre os anos de 1890 e 1920 e era editada em Berlim.

⁹A estação era na verdade um morro artificial construído em Lichterfeld, um bairro na região sudoeste de Berlim, onde hoje há um monumento em homenagem a Lilienthal.

¹⁰O livro *The Theory of Sound* teve o primeiro volume lançado naquele ano em Londres. O segundo volume foi lançado dois anos depois.

bater de asas [13]. Neste ponto Boltzmann estava convicto que a melhor solução seria o uso de uma hélice (o movimento rotatório ao qual Lilienthal se refere), com a qual Kress já experimentava. Apesar disso parece que a intenção de Boltzmann em adquirir uma máquina era concreta, pois no mesmo mês de novembro, mais precisamente dia 21, Boltzmann enviou uma carta a Lilienthal solicitando que ele fizesse uma proposta [14]. No dia 10 de dezembro Lilienthal finalmente respondeu [15]:

Mui estimado Prof.,

em função de sua sua amável carta do dia 21, fiz um rápido cálculo sobre como uma máquina rotatória, ou melhor dizendo uma máquina com um motor rotatório poderia ser construída. Eu faria uma máquina com 3 cilindros, dos quais apenas um receberia diretamente gás carbônico, tal que a máquina consiga uma expansão tripla sem um ponto morto. Tal máquina, que em 10 ciclos por segundo produz um HP de potência efetiva, não pesaria mais do que 2 kg. Para funcionar por aproximadamente 2 minutos seria necessário 1 kg de gás carbônico. Uma garrafa de gás pesa aproximadamente 3 kg e junto a ela um aquecedor que evita o congelamento do gás e pesa algo como 1 kg. Disto resulta que temos 7 kg para 1 HP durante 2 minutos. Para a maioria dos experimentos um tempo de 2 minutos deve bastar. Para 10 minutos seriam necessários 5 kg de gás e todo o equipamento pesaria em torno de 25 kg. O preço da máquina eu estimo em aproximadamente 1000 marcos.

Respeitosamente ... Otto Lilienthal.

O motor ao qual Lilienthal se refere era composto por um pistão impulsionado pela pressão do CO₂ comprimido¹¹. Tratava-se de um motor de 3 tempos, razão pela qual Lilienthal se refere que utilizando três motores era possível obter uma *expansão tripla sem ponto morto*. É muito provável que Boltzmann não o tenha adquirido, pois nos arquivos de vendas da empresa de Lilienthal não consta o nome de Boltzmann entre seus clientes [13] e seria improvável que a compra de algo tão incomum passasse despercebida por seus biógrafos. De qualquer modo após esta data também não há correspondências entre as duas partes que possam documentar que tal venda tenha realmente ocorrido.

A próxima manifestação pública de Boltzmann com relação ao tema foi sua carta enviada à redação do jornal *Neues Wiener Tagblatt*, publicada na edição número 139 de 10 de julho de 1896, na qual ele se refere à sua palestra em 1894. Não foi possível descobrir qual o

motivo que tenha levado Boltzmann a escrever ao jornal quase 2 anos depois de sua primeira intervenção pública, mas pode-se imaginar pelo conteúdo de sua carta que críticas quanto à viabilidade do protótipo de Kress em escala real tenham surgido, o que também pode-se depreender pela carta de Kress [6]:

Já havia expressada minha forte convicção durante o congresso de cientistas naturais em Viena que, de entre todas as aeronaves manobráveis até o momento, os chamados planadores são aqueles que têm as maiores chances de sucesso. Maxim conseguiu construir um planador que realmente levantou vôo levando várias pessoas consigo, mas ele simplesmente não conseguiu resolver o problema da estabilidade [do aparelho] no ar. Sua aeronave despencou subitamente, colocando em risco a vida de todos a bordo.

Porém a solução deste difícil problema já havia sido encontrada há muito tempo pelo Sr. Kress de Viena, fato do qual só tomei conhecimento imediatamente após completar minha palestra. A bem da verdade ele a conseguiu para um modelo em menor escala, que foi inclusive por ele demonstrado com grande sucesso durante minha palestra. Crescem as dúvidas se esta estabilidade poderia também ser transportada para escalas maiores. Contra isso gostaria de expressar a opinião de que a obtenção da estabilidade em um modelo maior deve ser ainda mais fácil, desde que os recursos necessários para a fabricação e teste do aparelho se façam disponíveis. Esta minha opinião foi confirmada pelos mais recentes experimentos de Langley. Ele construiu um modelo de planador que, embora ainda não carregue um homem, é muito maior que o modelo de Kress – isso foi possível pois ao invés de usar elásticos como o último, ele usou uma fantástica máquina a vapor, leve e com 1 1/2 HP de potência. De acordo com seus próprios relatos e os de Alexander Graham Bell, o inventor do telefone, não podemos duvidar que ele realmente conseguiu uma estabilidade suficiente. O modelo parece não ser muito diferente do de Kress. Creio que o Sr. Kress ainda chegará, de maneira racional, a um aparelho estável. Langley já planeja de imediato construir um aparelho ainda maior. Uma vez que depois destes resultados e da minha palestra não mais se poderá questionar a possibilidade de conseguirmos motores mais leves e potentes bem como construir aparelhos estáveis, acredito

¹¹Segundo Nitsch, garrafas deste gás eram artigo corriqueiro no século XIX e facilmente encontradas em lojas [13].

que no máximo em cinco anos o primeiro homem fará um longo vôo para um local pré-escolhido – e isto certamente na América caso meu apelo pelo apoio aos inventores austríacos seja tão bem sucedido como o foi por ocasião da conferência de cientistas naturais.

Para evitar mal entendidos gostaria de chamar a atenção ao fato que, independente do que se consiga, ele ainda não será um aeroplano manobrável de uso prático, mas será o mais importante e fundamental passo para este objetivo. Só quando um homem conseguir voar por mais tempo, surgirão posteriores melhorias... Professor Ludwig Boltzmann.

A intervenção de Boltzmann parece ter surtido efeito, pois como o próprio Kress diz em seu livro [16], ele pôde, a partir de 1895, contar com incentivo dos militares e financiamento do próprio Boltzmann. No entanto é difícil saber se Boltzmann tomou conhecimento de um relatório de seu colega Franz Exner no qual manifestou-se de modo pessimista com relação à possibilidade que uma máquina mais pesada que o ar voasse – o que certamente tornou o clima para o trabalho de Kress mais difícil.

A última carta que comprova o envolvimento de Boltzmann com os pioneiros da aviação é um agradecimento de Kress, datada de 12 de agosto de 1896. Kress agradece mas não deixa de censurá-lo por aquilo que, na sua opinião, seria uma cautela excessiva de Boltzmann para com a área. Nota-se também, ao final da carta, um certo tom apelativo de Kress, reclamando da falta de recursos [17]:

Mui estimado Sr. Conselheiro¹²,

Gostaria de agradecer imensamente o seu artigo claro e muito favorável aos meus esforços [publicado] no dia 10 do corrente mês no *Neues Wiener Tagblatt*. A última frase “para evitar mal entendidos etc.” porém mostra novamente sua cautela e coloca um freio, desnecessariamente, num possível crescimento do entusiasmo por planadores. Essa fase não lhe vem do mais íntimo, pois nota-se nela uma rigidez que distoa do tom inflamado anteriormente usado. Justamente nestas últimas palavras os oponentes dos planadores ou aqueles que crêem poder fazer melhor podem se ater. Por outro lado eventuais financiadores podem com isto ficarem receosos, pois quem doa nos dias de hoje dinheiro para objetivos puramente

idealistas? Acabo de ler na revista francesa *L'Aeronaute*¹³ que M. Kane de Chicago produz 3 tipos de motores a gasolina segundo o modelo de Denington:

1 HP e peso de 13 kg.

2 HP e peso de 18 kg ou 1 HP de 9 kg.

4 HP e peso de 22 kg ou 1 HP de 5 kg.

O interessante nestes modelos é que eles não necessitam de resfriamento a água e consomem apenas 1/2 litro de gasolina por hora e por HP. Vou me informar melhor com Chanutte em Chicago. Aliás gostaria mais uma vez de dizer que se eu dispusesse dos meios [financeiros] necessários, adquiriria o mais rapidamente possível um motor muito mais leve que o necessário para voar um planador.

Mui respeitosamente seu ... Wilhelm Kress.

Não é possível saber se esta carta foi respondida. Boltzmann faleceu em 1906 e, caso a morte tão precoce não o tivesse tirado do nosso meio, certamente hoje poderíamos saber o que ele teria dito dos feitos de um Santos Dumont ou de tantos outros pioneiros que se seguiram.

3. Pessoas

Alguns dos nomes citados ao longo deste trabalho são rapidamente apresentados nesta seção.

Otto Lilienthal (1848-1896): engenheiro mecânico alemão, iniciou os primeiros estudos teóricos e experimentais em 1867, principalmente através da observação do vôo de aves. Trabalhou em várias empresas até conceber uma pequena máquina a vapor, sucesso de vendas, que lhe permitiu fundar a própria firma em 1874 e utilizar os recursos assim obtidos no estudo e construção de planadores. Em 1889 publicou o livro *O Vôo dos Pássaros como Fundamento da Arte de Voar* [8]. Através de exaustivos estudos experimentais chegou, junto a seu irmão Gustav (1849-1933), à importância do perfil curvo das asas como condição para sua sustentação, embora tenha dado para este fato uma interpretação errônea. Isto porém não lhe tira o mérito dos resultados experimentais muito confiáveis e que só foram superados após desenvolvimento de túneis de vento por Nikolai Zhukovski (1847-1921), algumas décadas depois [18]. Publicou vários artigos em jornais e revistas especializadas em aviação da época. Lilienthal era um mestre na arte de construção de estruturas fortes e leves – para tanto usou principalmente os ramos

¹²A Boltzmann tinha sido conferido o título honorífico de *Hofrat*, literalmente *conselheiro da corte*, que corresponde ao *privy counsellor* britânico. A este título não estavam ligados quaisquer benefícios materiais, apenas um grande prestígio na sociedade.

¹³Publicada em Paris entre 1868 e 1906.

de salgueiros (*salix*) e construiu planadores de 20 kg capazes de transportar cargas de 80 kg. Especialistas como Nitsch atribuem seu sucesso primordialmente ao seu meticuloso trabalho de desenvolvimento gradual de modelos, que ia aperfeiçoando após exaustivos testes de campo [13].

Wilhelm Kress (1836-1913): fabricante de pianos de origem austríaca nascido em São Petersburgo. Em 1864 deu início aos primeiros testes com planadores mas em função do insucesso dos mesmos, estabeleceu-se em 1873 em Viena como especialista em pianos. Retomou os testes em 1876 e desenvolveu modelos com asas e controles de superfície (lemes, ailerões, etc.). Em 1880 demonstrou publicamente com sucesso um de seus modelos com hélice movida por um elástico. Devido a impossibilidade de conseguir um “motor de elástico” que fosse leve o suficiente, suas tentativas de fabricar modelos maiores não teve sucesso, motivo pelo qual ele se matriculou num curso de engenharia mecânica para poder estudar e construir motores. Em 1898 com auxílio financeiro (entre outros de Boltzmann) pôde fabricar um hidroavião que no entanto caiu devido a uma rajada forte de vento. Seus trabalhos posteriores foram infrutíferos em função da falta de recursos e, segundo Höflechner [19] também em função do relatório negativo de Franz Exner no ano de 1906 acerca da possibilidade de se conseguir um aparelho mais pesado que o ar, relatório este que recebeu bastante atenção na época.

Samuel Pierpont Langley (1834-1906): engenheiro e arquiteto americano que após tornar-se secretário da Smithsonian Institution voltou-se ao estudo de aeronaves. No dia 6 de julho de 1896, poucos dias antes da carta de Boltzmann ao *Wiener Neuer Tagsblatt*, testou com sucesso um aparelho com um motor a vapor. Lançado de uma catapulta, a aeronave voou (sem tripulante) por uma distância de 1000 metros antes de cair no solo. Entre outubro e novembro de 1903 testou sem sucesso um aparelho maior, embora em 1914 tenha se mostrado que a aeronave era capaz de voar [20].

Octave Chanute (1832-1910): engenheiro civil francês que emigrou ainda pequeno para os Estados Unidos. Considerado um engenheiro brilhante, trabalhou em diversas empresas ferroviárias até se tornar engenheiro-chefe da empresa ferroviária do Estado de Nova Iorque, onde era responsável principalmente pela construção de pontes. Inspirado entre outras coisas pelos trabalhos de Lilienthal, construiu e realizou vários testes. Antes coletou todas as informações possíveis sobre todos os construtores e experimentos até então e publicou, em 1894, a *Progress in Flying Machines*, considerada a primeira coletânea de trabalhos de pesquisa em aeronáutica. Teve papel importante como professor e mentor dos irmãos Wright, ajudando a divulgar o trabalho destes [21].

Hiram Stevens Maxim (1840-1916): engenheiro americano que mudou-se para a Inglaterra em 1861, onde dirigiu a empresa Vickers, fabricante de aviões. Entre outras coisas foi inventor da metralhadora (1883). Desenvolveu um avião de aproximadamente 3600 kg para 2 tripulantes, com dois motores a vapor (movidos a gasolina) que tinham uma potência de 180 HP cada. A aeronave ficava presa a um trilho que por sobre ela passava e durante o primeiro teste um acidente quase matou os tripulantes, motivo pelo qual Maxim abandonou a pesquisa na área. Boltzmann discute a tentativa de Maxim em sua palestra [23].

Alexander Graham Bell (1847-1922): engenheiro escocês, inventou entre outras coisas o telefone e o detector de metais. Grande incentivador de pesquisas em aeronáutica, conduziu ele próprio experimentos com pipas tetrahédricas, semelhantes às asas de aviões biplanos.

Arthur Boltzmann (1881-1952): filho de L. Boltzmann, iniciou seus estudos na Universidade Técnica de Berlim, concluindo o curso de Física em Viena. Doutorado-se sob a orientação de Franz Exner (1849-1926) com uma tese sobre *Observações sobre Eletricidade Atmosférica na Superfície do Mar*. Parte deste trabalho foi realizado quando acompanhou o pai aos EUA e em outra viagem pelo Mediterrâneo, onde desta vez foi L. Boltzmann quem acompanhou o filho. Após o doutorado em Física concluiu o curso de engenharia também em Viena [22].

Quanto a Kane e Denington, citados por Kress em sua carta, não foi possível achar qualquer informação.

Agradecimentos

Gostaria aqui de expressar meu agradecimento ao Prof. Nelson Studart pelas inúmeras discussões e ao Dr. Bernd Lukasch, diretor do Museu Otto Lilienthal em Anklam, Alemanha, por ter-me gentilmente enviado uma cópia do trabalho de A. Boltzmann bem como algumas importantes informações sobre Lilienthal. À Fundação Alexander von Humboldt agradeço pelo apoio financeiro que permitiu a realização deste trabalho.

Referências

- [1] S.R. Dahmen, *A obra de Boltzmann em Física*, Rev. Bras. Ens. Fis. **28**, 281 (2006).
- [2] W. Höflechner (ed.), *Ludwig Boltzmann: Leben und Briefe* (Akademische Druck-u. Verlagsanstalt, Graz, 1994). Esta obra, que deveria constituir os volumes 9 e 10 da coletânea de escritos de Boltzmann concebida por Roman U. Sexl, acabou sendo publicada em um único volume separadamente, uma vez que a idéia original de Sexl não foi completada.
- [3] W. Höflechner, op. cit., p. I-164 e I-315.

- [4] E. Broda, *Ludwig Boltzmann: Mensch, Physiker, Philosoph* (Franz Deuticke Verlag, Viena, 1983). Este livro foi lançado em inglês com o título *Ludwig Boltzmann: Man, Physicist, Philosopher* (Ox Bow Press, Nova Iorque, 1983).
- [5] L.E. Boltzmann, *Über Luftschiffahrt*, Verhandlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte 1894, Allgemeiner Theil, Verlag von F.C.W. Vogel, Leipzig, 1894. Este texto foi posteriormente incluído na edição original das *Populäre Schriften* [23] mas não na reedição de 1983 a cura de Engelbert Broda. A edição brasileira também não o traz. Uma tradução de minha autoria pode ser encontrada nesta edição da RBEF, na p. 327.
- [6] W. Höflechner, doc. 429, op. cit., p. II-257.
- [7] W. Höflechner, , op. cit., p. II-257.
- [8] O. Lilienthal, *Der Vogelflug als Grundlage der Fliegenkunst (O Vôo dos Pássaros como Fundamento da Arte de Voar)*, Editora Dr. Martin Sändig oHG, 4^a ed., Wiesbaden, 1965, com uma introdução de Ludwig Prandtl. Reprodução da edição original lançada em Berlim em 1889 pela editora R. Gaertners Verlagsbuchhandlung.
- [9] W. Höflechner, op. cit., pp. II-312,313.
- [10] W. Höflechner, doc. 377, op. cit., p. II-220.
- [11] W. Höflechner, doc. 384, op. cit., p. II-224.
- [12] W. Höflechner, doc. 385, op. cit., p. II-224.
- [13] S. Nitsch, *Vom Sprung zum Flug (Do Salto ao Vôo)* (Brandenburgisches Verlagshaus, Berlim, 1991).
- [14] W. Höflechner, doc. 387, op. cit., p. II-225.
- [15] W. Höflechner, doc. 390, op. cit., p. II-226.
- [16] W. Kress, *Aviatik. Wie der Vogel fliegt und wie der Mensch fliegen wird (Aviática: Como Voa o Pássaro e como Voará o Homem)*, Viena, 1905, p. 32. Citado em [3].
- [17] W. Höflechner, doc. 436, op. cit., p. II-263.
- [18] L. Prandtl, prefácio à Ref. [8].
- [19] W. Höflechner, op. cit., p. II-257.
- [20] W. Höflechner, op. cit., p. II-258.
- [21] W. Höflechner, op. cit., p. II-264.
- [22] W. Höflechner, op. cit., p. I-9091.
- [23] L.E. Boltzmann, *Populäre Schriften* (Ambrosius Barth Verlag, Leipzig, 1905) (*Escritos Populares*, tradução e notas de A.A. Passos Videira, Ed. Unisinos, Novo Hamburgo, 2005).