

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

MARIA FERNANDA CARDOSO GOMES

**CONSTRUINDO A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA UTILIZANDO OS
PRINCÍPIOS BÁSICOS DA FÍSICA NA AVIAÇÃO**

ITAQUI

2021

MARIA FERNANDA CARDOSO GOMES

**CONSTRUINDO A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA UTILIZANDO OS
PRINCÍPIOS BÁSICOS DA FÍSICA NA AVIAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Caroline Jaskulski Rupp
Coorientador: Paulo Roberto Cardoso da
Silveira

**ITAQUI
2021**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

G633c Gomes, Maria Fernanda Cardoso
Construindo a alfabetização científica utilizando os princípios básicos da física na aviação / Maria Fernanda Cardoso Gomes.
67 p.
Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2021.
"Orientação: Caroline Jaskulski Rupp".
1. Alfabetização Científica. 2. Aviação . 3. Física . I. Título.

MARIA FERNANDA CARDOSO GOMES

**CONSTRUINDO A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA UTILIZANDO OS
PRINCÍPIOS BÁSICOS DA FÍSICA NA AVIAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 28 de setembro de 2021.

Banca examinadora:



Prof. Dra. Caroline Jaskulski Rupp
Orientadora
(UNIPAMPA)



Prof. Dr. Paulo Roberto Cardoso da Silveira
(UNIPAMPA)



Prof. Dr. Rolando Larico Mamani
(UNIPAMPA)

Dedico este trabalho a minha Família que sempre acreditou no meu potencial e incentivou-me.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de estar concluindo o curso Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, pela oportunidade de ser discente da Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA, campus – Itaqui.

Além disso, sou imensamente grata a minha Família por me proporcionar essa oportunidade em todos os aspectos, não poderia deixar de mencionar o meu pai Rochelane Gomes e a minha mãe Raimunda Francisca que sempre me motivaram e apoiaram e que me sustentaram até aqui. Não poderia deixar de mencionar também os meus irmãos Antônio Marcos, Maria dos Reis e Isaque Emanuel que sempre me apoiaram e ajudaram de todas as formas possíveis. Todas as colocações aqui colocadas não são suficientes para agradecer a minha Família e ao meu Deus.

Agradeço pelo incentivo e conselhos da minha avó Ana Muniz (*in memoriam*) e a minha tia Raimunda que sempre se fez presente nessa minha jornada.

O TCC é a etapa mais temida e esperada pelos discentes, um paradoxo, eu sei, mas é um trabalho que certamente requer muita atenção e dedicação, assim não poderia deixar de agradecer a minha Orientadora Profa. Dra. Caroline Rupp, agradecer a sua compreensão, amor e dedicação e cooperação, que sempre esteve disponível com suas orientações e sua total disponibilidade em ajudar-me.

De forma alguma poderia esquecer-me de agradecer ao Prof. Dr. Paulo Silveira que também sempre esteve disponível em ajudar-me, com a sua total disponibilidade e compreensão sempre presente na minha trajetória acadêmica.

Ademais, agradeço também ao Prof. Dr. Rolando Mamani que prontamente aceitou ao convite de fazer parte da minha banca, agradeço pelo seu empenho e dedicação, pelas excelentes aulas de Física Geral.

Outrossim, sou imensamente grata pelos amigos que Deus me concedeu na tão cidade amada de Itaqui, não citarei nomes, pois erroneamente corro o risco de esquecer de alguém, desta forma agradeço a todos os meus amigos de Itaqui que de forma direta ou indiretamente sempre estiveram presentes na minha trajetória acadêmica.

Agradeço mais uma vez a Deus e a todos que sempre estiveram presentes seja na minha vida acadêmica ou pessoal, que sempre me ajudaram, obrigada.

Família, conseguimos! Amo vocês!

“Haverá hoje, talvez, quem ridicularize minhas previsões sobre o futuro dos aeroplanos. Quem viver, porém, verá”.

Alberto Santos Dumont

RESUMO

Desde muitos anos atrás, o fascínio pelo voo e por voar estão presentes no imaginário da humanidade e despertam explicações e teorias de como praticar e tornar possível. Com ideias embasadas na Física e na Matemática, temos que diversos personagens contribuíram com o avanço do que chamamos hoje de Aviação (conjunto das técnicas e atividades relativas ao transporte aéreo) como Leonardo da Vinci e Alberto Santos Dumont. As bases necessárias para entender os princípios físicos da Aviação, isto é, o que é necessário do ponto de vista da Física para que um objeto possa voar foram evoluindo ao longo dos anos. Deste modo, podemos explicar o fenômeno de voar e a compreensão dos princípios básicos da Física na aviação como uma forma de Alfabetização Científica. A alfabetização científica envolve o conjunto de conhecimentos que facilitam aos homens e mulheres fazerem uma leitura do mundo onde vivem; cooperando para a compreensão da ciência e fazendo-se presente em todas as esferas do ensino (fundamental, médio e superior). Para viabilizar esta alfabetização aplicamos inicialmente um questionário aos discentes da UNIPAMPA, de forma a levantar os conhecimentos prévios e as curiosidades deles a respeito da Aviação. Este questionário foi formado por vinte e uma perguntas e construído usando o *Google Forms*. A partir das respostas, construímos cartilhas informativas utilizando o *Canva* de forma a responder as principais curiosidades sobre Aviação dos discentes. Além disso, neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentamos uma revisão dos conceitos de Física que envolvem a possibilidade de um avião alçar voo relacionando com a Alfabetização Científica. Nesse sentido, aspiramos que a alfabetização científica seja não só compreendida, mas também adepta pelo público alvo, de forma que o mesmo entenda os Princípios básicos da Aviação e temas inerentes à Aviação ou até mesmo temas distintos.

Palavras-Chave: Alfabetização Científica; Aviação; Física.

ABSTRACT

Since many years ago, the fascination with flight and the ability to fly are present in the imaginary of humanity and arouse explanations and theories of how to practice and make possible. With ideas based on Physics and Mathematics, we have several scientists contributed to the advancement of Aviation (set of techniques and activities related to air transport) such as Leonardo da Vinci and Alberto Santos Dumont. The necessary principles to understand the Aviation physical laws so that an object can fly have evolved over the years. Thus, we can explain the phenomenon of flying and the understanding of the physics basic principles in aviation as a form of Scientific Literacy. Scientific literacy involves the set of knowledge that makes it easier for men and women to read the world in which they lives; cooperating for the understanding of science and making itself present in all spheres of education. To enable this literacy we initially applied a survey to UNIPAMPA students, in order to raise their previous knowledge and curiosities about Aviation. This survey has been built by Google Forms and has been formed with twenty-one questions. From the answers, we built informative booklets using Canva in order to answer the main curiosities about the students' aviation. In addition, in this work we present a review of the concepts of Physics that involve the possibility of an airplane flying relating to Scientific Literacy. In this sense, we aspire that scientific literacy is not only understood, but also adept by the target audience, so that it understands the Basic Principles of Aviation and themes inherent to Aviation or even different themes.

Keywords: Science literacy; Aviation; Physics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tubo de Venturi.	30
Figura 2 – Asa do avião e princípio de Bernoulli.	30
Figura 3 – Forças que atuam em um avião.	31
Figura 4 – Forças que atuam em um avião no procedimento de subida com velocidade constante e taxa de ascensão constante.	32
Figura 5 – Forças que atuam em um avião no procedimento de descida com velocidade constante e taxa constante.	33
Figura 6 – Gráfico da relação “ângulo de ataque x sustentação”.	34
Figura 7 – Centro de Gravidade (CG) de um avião.	35
Figura 8 – Principais estruturas de um avião.	36
Figura 9 – Fuselagem.	37
Figura 10 – Asa do avião.	37
Figura 11 – Trem de pouso.	38
Figura 12 – Estruturas de um avião.	38
Figura 13 – Tipos de empenagem.	38
Figura 14 – Estabilizador horizontal.	39
Figura 15 – Estabilizador vertical.	39
Figura 16 – Três eixos e superfícies de comando.	40
Figura 17 – Spoiler e Flap.	40
Figura 18 – Sidestick e Manche.	41
Figura 19 – Aileron.	41
Figura 20 – Profundor.	42
Figura 21 – Leme.	42
Figura 22 – Gráfico da pergunta 1. <i>Idade.</i>	47
Figura 23 – (a) Gráfico da pergunta 3. <i>Você possui interesse ou curiosidade sobre aviação?</i> (b) Gráfico da pergunta 4. <i>Você já teve a experiência de viajar de avião?</i>	48
Figura 24 – Gráfico da pergunta 6. <i>Qual é agência reguladora de Aviação Civil no Brasil?</i>	50
Figura 25 – Gráfico da pergunta 9. <i>Em que ano foi realizado o primeiro voo sem ajuda de qualquer outro recurso (catapulta ou rampa) em público?</i>	53
Figura 26 – Gráfico da pergunta 10. <i>Em que país, você acha que foi realizado o primeiro voo público?</i>	53

Figura 27 – Gráfico da pergunta 12. <i>Na sua opinião, quais desses fatores interferem na decolagem de um avião?</i>	55
Figura 28 – Gráfico da pergunta 13. <i>Quais as quatro forças importantes que atuam em um avião?</i>	56
Figura 29 – Gráfico da pergunta 16. <i>Quais dos fatores climáticos abaixo você acha que favorecem os pousos e decolagens de um avião?</i>	57
Figura 30 – (a) Gráfico da pergunta 18. <i>Além das Leis de Newton, observa-se também outras leis/princípios que explicam o fenômeno do voo, como exemplo o princípio de Bernoulli que está relacionado com:</i> (b) Gráfico da pergunta 19. <i>Por quê ocorrem as turbulências?</i>	58
Figura 31 - Gráfico da pergunta 20. <i>Os aviões podem andar de ré?</i>	59
Figura 32 - Gráfico da pergunta 21. <i>Qual fase do voo apresenta mais riscos à segurança dos passageiros e da aeronave?</i>	60
Figura 33 – Cartilhas informativas.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Superfícies primárias e secundárias de comandos.	39
Tabela 2 – Formulário aplicado aos discentes da UNIPAMPA sobre Curiosidades da Aviação.	43
Tabela 3 – Resumo das respostas da questão 5. <i>Se você já viajou de avião, o que o fascinou durante a viagem?</i>	49
Tabela 4 – Resumo das respostas da questão 11. <i>Na sua opinião, o que faz um avião voar? Escreva com as suas palavras.</i>	54

LISTA DE SIGLAS

C&T – Ciência e Tecnologia

SI – Sistema Internacional de Unidades

CG – Centro de Gravidade

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil

DETRAN – Departamento Estadual de Trânsito

ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ANCINE – Agência Nacional do Cinema

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquaviários

FAB - Força Aérea Brasileira

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Justificativa	18
1.2 Objetivos	19
2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 Alfabetização Científica	20
2.2 Ciência e Física	22
2.3 Aerodinâmica	24
2.3.1 Conceitos básicos de Física	26
2.3.2 Forças que atuam em um avião	30
2.3.3 Estruturas de um avião	36
2.3.4 Controles de voo	41
3 METODOLOGIA	43
4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	47
4.1 Análise do questionário	47
4.2 Cartilhas informativas	61
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66

1 INTRODUÇÃO

O voo de um pássaro é deslumbrante e desperta um fascínio ao ser humano, ao ponto do mesmo ter cogitado a possibilidade de voar. Fernandes (2018) ressalta que, durante muito tempo, o homem acreditou que, para voar, bastava acrescentar asas a seu corpo imitando o movimento dos pássaros. Existem diversas lendas relacionadas com o voo, como por exemplo, na mitologia grega há a lenda de Ícaro, onde o mesmo com o auxílio de seu pai Dédalo construiu asas com penas de gaivota (unidas com cera de abelha) para fugir da ilha de Creta ao qual estavam presos, após a morte do Minotauro causada por Teseu (RICON, 2016). Dédalo, por sua vez, advertiu seu filho a não voar tão próximo do Sol para não ocasionar o derretimento da cera e nem tão baixo para que as penas não molhassem e ficassem mais pesadas. Todavia, Ícaro deslumbrado com a magnífica dádiva de voar, voou cada vez mais alto, aproximando-se erroneamente demais do Sol, desfazendo assim as asas e imergindo ao mar (RICON, 2016).

Desde muitos anos atrás, o fascínio pelo voo e por voar estão presentes no imaginário da humanidade e despertam explicações e teorias de como praticar e tornar possível. Com ideias embasadas na Física e na Matemática, temos diversos personagens que contribuíram com o avanço do que chamamos hoje de Aviação (conjunto das técnicas e atividades relativas ao transporte aéreo). No Renascimento, podemos citar Leonardo da Vinci como o precursor da aviação que desvendou conceitos da Aerodinâmica, sendo que em 1498 construiu e desenvolveu uma primeira tentativa de uma máquina voadora (ISAACSON, 2017). Em 1505, escreveu e ilustrou o *Codex sobre o Voo dos Pássaros* (MACHADO, 2014), dando os primeiros passos na Engenharia Aeronáutica ao traçar projetos para um planador (aeronave em forma de pássaro e o esboço de um helicóptero) (FERNANDES, 2018).

Ao longo da história houveram diversas contribuições para a aviação como os balões tripulados e os dirigíveis, como o dirigível brasileiro de Augusto Severo, o “Bartolomeu de Gusmão”. Também, não poderíamos deixar de citar Alberto Santos Dumont, o “pai da aviação” que nos remete ao histórico voo do 14-bis. Apesar da controvérsia em relação ao título de “pai da aviação” não ser de Santos Dumont, mas dos irmãos Wright (Wilbur e Orville), temos que a aviação foi uma conquista para a humanidade. De acordo com Fernandes (2018), Santos Dumont projetou, construiu e pilotou o primeiro balão dirigível e também foi o primeiro a criar um deles por motor a explosão. Desenvolveu o inovador motor de cilindros opostos, utilizando novos materiais para viabilizar seu uso em aeróstatos (BARROS, 2006).

No sentido de contribuição, podemos citar George Cayley (1773 - 1857), engenheiro e inventor inglês, que também foi um dos grandes personagens importantes para a aviação. Segundo Fernandes (2018), sua capacidade de investigação científica o levou a estabelecer as fundações básicas da Engenharia Aeronáutica. Suas pesquisas identificaram as quatro forças aerodinâmicas que atuam em uma aeronave mais pesada que o ar – impulso, elevação, arrasto e gravidade. Em 1799, ele lançou o conceito de um avião moderno como uma aeronave de asa fixa, com sistemas independentes de elevação, propulsão e controle (FERNANDES, 2018).

Observa-se que até hoje o design dos aviões é baseado nessas descobertas sendo as asas com superfícies curvadas. A descoberta desses princípios e o resultado de suas investigações sobre os aspectos teóricos de voo propiciaram e orientaram o projeto e a construção dos primeiros aeroplanos que dependiam dos efeitos aerodinâmicos para voar.

BASTOS (2017 apud FERNANDES, 2018 p. 21) ressalta que durante cinco décadas, George Cayley seguiu com seus estudos científicos que o levaram a ser considerado o primeiro engenheiro aeronáutico da história e o fundador da Ciência Física da Aerodinâmica.

Segundo Abreu (2015 p. 6): “a Aerodinâmica é definida como o ramo da física que trata do movimento do ar (ou outros gases) e das forças agindo sobre um objeto em movimento nele imerso, ou de um objeto que esteja estacionário em uma corrente de ar. O termo aerodinâmica é derivado da combinação de duas palavras gregas “AER,” significando ar; e “DYNE,” significando força (de potência). Assim, quando juntamos aero e dinâmica, temos aerodinâmica, significando o estudo dos objetos em movimento através do ar e as forças que produzem ou mudam tal movimento”.

A Teoria de voo, por sua vez, é a aplicação da aerodinâmica no estudo particular do comportamento de aerofólios e aeronaves na atmosfera, conforme Abreu (2015). O aerofólio é uma superfície projetada para obter uma reação desejável do ar, através do qual se move. Assim, podemos dizer que, qualquer peça de aeronave, que converta a resistência do ar em força útil ao voo é um aerofólio (ABREU, 2015, p. 12).

A Ciência Física da Aerodinâmica envolve as teorias e leis necessárias que buscam entender as forças que os fluidos exercem sobre os corpos que neles estão imersos, como é o caso de aviões. Neste caso, podemos citar a força gravitacional, a força de atrito, a força de elevação e a força de sustentação. As forças são descritas em função das três leis de Newton do movimento e a diferença de pressão entre as asas dos aviões é descrita pela equação de Bernoulli.

Na primeira Guerra Mundial (1914-1918) seis meses depois de seu início, a Alemanha começou a utilizar seus zepelins em missão de bombardeio contra o Reino Unido. Observou-se

que a Primeira Guerra Mundial deu grande impulso para os negócios da indústria de zepelins em Friedrichshafen, no sul da Alemanha, conforme Fernandes (2018).

Segundo Fernandes (2018), em 1915 observou-se que os aviões poderiam ser muito úteis cumprindo missões de reconhecimento aéreo, trazendo informações de suma importância sobre a movimentação de tropas inimigas, além da localização de suas trincheiras, flancos expostos e peças de artilharia.

É necessário salientar que os recursos utilizados eram precários como, por exemplo, o reconhecimento fotográfico era complicado, pois as câmeras ainda usavam chapas de vidro. A comunicação também era problemática, pois os aviões de combate eram equipados com um primitivo rádio transmissor para o código Morse, onde missões de observações eram apoiadas por balões presos por cordas. Era possível se comunicar por telefone por meio desses balões, porém, estes perdiam em relação aos aviões no quesito mobilidade.

Na era de Ouro da Aviação (1918-1939) o avião foi utilizado a princípio apenas para a observação de área, dividindo essa tarefa com os balões. Ao término da Guerra, as acrobacias aéreas de combate saíram de cena, surgindo assim um negócio lucrativo, a aviação comercial. Após o término do conflito, muitos países europeus se lançaram a uma corrida para explorar o novo negócio.

Segundo Fernandes (2018, p. 56) relata que: “apenas 3 meses depois da assinatura do armistício, a Alemanha inaugurou a primeira linha aérea comercial do mundo, utilizando aeronaves mais pesadas que o ar, entre Berlim, Leipzig e Weimar. Ainda em 1919, França e Inglaterra deram início a voos regulares de passageiros entre Paris e Londres”.

Observou-se que surgiram por toda a parte embriões das primeiras empresas aéreas da Aviação Civil, as quais algumas encontram-se em atividade até os dias de hoje. No Brasil, o nascimento da Aviação deu-se da seguinte forma:

Segundo História da Aviação (2018, apud FERNANDES, 2018 p. 63) relata que: “no dia 22 de outubro de 1911, foi realizado no centro do Rio de Janeiro o primeiro voo de um avião em território brasileiro. Havia na época um entusiasmo crescente com o “milagre do voo humano”, e as proezas de Santos Dumont na França eram acompanhadas à distância com curiosidade, consideradas como um misto de esportes e ciência fantástica”.

Não obstante, a Aviação Comercial Brasileira realizou os seus primeiros voos em janeiro de 1927 quando a empresa alemã *Condor Syndikat* começou a transportar passageiros em seu hidroavião *Dornier Wal Atlantico* (FERNANDES, 2018).

A aviação é inspiradora, admirável e fascinante. No entanto, entender os seus princípios físicos e aerodinâmicos requer um conhecimento, além de inspiração, admiração, fascinação, etc. Neste aspecto, salienta-se que a Alfabetização Científica pode ser um caminho para a construção de um conhecimento, fazendo com que o indivíduo não seja leigo no assunto.

Conforme Chassot (2003), a Alfabetização Científica desenvolve o senso crítico, fazendo com que o indivíduo busque entender os fenômenos da natureza e realize uma leitura precisa, compreendendo a linguagem ao qual está escrita a natureza e fazendo uma leitura do universo.

Dessa forma, observa-se que os conhecimentos da Física foram fundamentais para o desenvolvimento da aviação, a criação e o aprimoramento de projetos aeronáuticos que temos hoje. Afinal, só houve a contribuição dos aviões na Primeira e Segunda Guerras Mundiais, até resultar na aviação civil/comercial, porque antes houve o estudo e desenvolvimento para que os *aeródinos* (aeronaves mais pesadas que o ar) pudessem alçar voo.

Por sua vez, a Alfabetização Científica faz-se necessária para a compreensão do fenômeno do voo, no que tange os *aeródinos* e seus respectivos assuntos. Além disso, esta colabora não só para o aprendizado da Ciência e afins, mas também coopera para a popularização da Tecnologia, como nos exemplos supracitados. Temos, portanto, que com a Alfabetização Científica será possível compreender os princípios da Física e a sua atuação na aviação.

1.1 Justificativa

De acordo com Wykrota (2012, p. 2): “Física é a ciência exata que tem por objeto de estudo os fenômenos que ocorrem na natureza. Através do entendimento dos fenômenos da natureza, podemos entender como as coisas acontecem em nosso dia-a-dia.”

A Física está presente em nosso cotidiano, pois, diversos equipamentos e dispositivos que utilizamos (como rádios, televisores, celulares, computadores, lasers, dentre outros) foram desenvolvidos utilizando os conceitos presentes na Física (WYKROTA, 2012).

Nesse sentido, podemos entender diversos fenômenos presentes em nosso cotidiano com o auxílio da Física, em especial o voo de uma aeronave, entendendo assim as leis envolvidas tais como: as leis de Newton, o princípio de Bernoulli e as forças que atuam sobre um avião (peso, sustentação, arrasto e tração).

Entretanto, para compreender a Física é necessário entender a sua linguagem, ou seja, a linguagem ao qual está escrita a natureza. Deste modo, a Alfabetização Científica coopera para a compreensão do voo de um avião, bem como, a aviação em sua totalidade.

Segundo Chassot (2003), a ciência é uma linguagem e nesse sentido ser alfabetizado cientificamente é saber ler a linguagem em que está escrita a natureza e um analfabeto científico é aquele que é incapaz de fazer uma leitura do universo. Nesse aspecto, a Alfabetização Científica é primordial para abrir “a janela do conhecimento” despertando no indivíduo questionamentos, indagações e a compreensão sobre acontecimentos do seu cotidiano. Como por exemplo, na área da Física temos o voo de um avião, na Sociologia temos o estudo do homem enquanto um ser social, na Química temos a produção de álcool em gel, etc. Desse modo, a capacidade de fazer a leitura do universo torna-se possível e acessível. Para Chassot (2003, p. 93): “há uma contínua necessidade de fazermos com que a ciência possa ser não apenas medianamente entendida por todos, mas, principalmente, facilitadora do estar fazendo parte do mundo”.

Nesse sentido a Alfabetização Científica coopera também para a Popularização da Ciência, uma vez que não só coopera para a compreensão da ciência, mas também passa a fazer parte do mundo, despertando questionamentos e desenvolvendo o senso crítico não só da comunidade acadêmica, mas da população em geral.

No que tange os princípios básicos da Física na aviação é necessário que essa linguagem seja compartilhada e compreendida pelos indivíduos, em especial os discentes da UNIPAMPA. De acordo com Chassot (2003, p. 93): “a elaboração dessa explicação do mundo natural - diria que isso é fazer ciência, como elaboração de um conjunto de conhecimento metodicamente adquirido - é descrever a natureza numa linguagem dita cientificamente. Propiciar o entendimento ou a leitura dessa linguagem é fazer alfabetização científica”.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é propiciar e construir a alfabetização científica utilizando a compreensão dos Princípios Básicos da Física na Aviação.

Os objetivos específicos são:

- compreender os conceitos que envolvem Alfabetização Científica;
- estudar e entender o contexto histórico da Aviação;
- revisar os principais conceitos e leis da Física que envolvem o voo de um

avião.

- desenvolver o senso crítico enquanto estudantes de graduação e do Ensino Básico;
- cooperar com a popularização da Ciência e da Tecnologia;
- proporcionar conhecimentos básicos da Física inerentes à Aviação;
- produzir seminários e materiais didáticos de divulgação de forma a esclarecer as curiosidades dos discentes.

2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Alfabetização Científica

A Alfabetização Científica vem do termo em inglês *Science literacy*, que pode ser traduzido como letramento científico. Da mesma forma que o indivíduo alfabetizado tem a capacidade de ler e interpretar e compreender o mundo ao qual está inserido, a Alfabetização Científica fornece conhecimentos necessários para que a pessoa saiba interpretar fenômenos e resolver problemas em seu cotidiano, ampliando assim a sua leitura do mundo.

Remitamo-nos às origens do conceito. Esse apelo ao termo “alfabetização científica” está fortemente vinculado à ideia de popularizar o acesso à Ciência, ou seja, de tornar a Ciência acessível para todos os cidadãos. Enquanto houve um notável desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia, principalmente no final do século XX e no início do século XXI, os cidadãos estão cada vez mais distantes dos conhecimentos científicos e tecnológicos. Nesse contexto, traçaram-se analogias com a Linguística e surgiram conceitos como os de “analfabetismo científico” para indicar situações em que o cidadão não é capaz de decodificar o conhecimento da Ciência e da Tecnologia e aplicá-lo em situações do seu dia-a-dia. Dito de outra maneira, o sujeito não é capaz de realizar uma leitura do mundo com as lentes da Ciência. (GURUDI; CAZETTA, 2014, p. 2).

Neste aspecto, temos que a Alfabetização Científica é de suma importância para a compreensão dos fenômenos que ocorrem em nosso cotidiano, possibilitando uma leitura compreensível do universo. Assim, a alfabetização científica acontece quando a pessoa consegue fazer conexões com o conhecimento científico e o mundo ao seu redor.

Além disso, Chassot (2003, p. 91) afirma que: “a alfabetização científica pode ser considerada como uma das dimensões para potencializar alternativas que privilegiam uma educação mais comprometida”.

Dessa forma, essas alternativas que cooperam para uma educação mais comprometida, por sua vez, colaboram também com a popularização da Ciência e Tecnologia (C&T), possibilitando a disseminação do conhecimento não só na comunidade acadêmica, mas também na população em geral.

No que tange a aviação, propiciar o entendimento sobre o voo de um avião, e os seus aspectos, tais como, os conceitos básicos da física como as forças atuantes sobre um avião, é fazer alfabetização científica.

Chassot (2003, p. 93): A elaboração dessa explicação do mundo natural – diria que isso é fazer ciência, como elaboração de um conjunto de conhecimentos metodicamente adquirido – é descrever a natureza numa linguagem dita científica. Propiciar o entendimento ou a leitura dessa linguagem é fazer alfabetização científica.

É de suma importância a construção da Alfabetização Científica, pois além de possibilitar a leitura do universo, desperta também o senso crítico do indivíduo e o mesmo é fundamental para a compreensão da Ciência.

Segundo Sasseron (2015, p. 56): “pode-se afirmar que a Alfabetização Científica, ao fim, revela-se como a capacidade construída para a análise e a avaliação de situações que permitam ou culminem com a tomada de decisões e o posicionamento”.

Conforme a afirmação supracitada de Sasseron, podemos observar a existência de um “fantasma” que tem rodeado a Ciência e se faz presente em nossa sociedade contemporânea que são as *Fake News* (notícias falsas). Este trabalho não possui o objetivo de tratar sobre tal assunto, no entanto, percebe-se que a Alfabetização Científica pode também proporcionar o combate a mesma, uma vez que possibilita a capacidade de analisar e fazer as devidas avaliações de situações que permeiam o nosso cotidiano, chegando assim, a tomada de decisões e o posicionamento por meio do senso crítico.

Chassot (2003, p. 94) afirma que: “[...] seria desejável que os alfabetizados cientificamente não apenas tivessem facilitada a leitura do mundo em que vivem, mas entendessem as necessidades de transformá-lo – e, preferencialmente, transformá-lo em algo melhor”.

Ademais, Chassot (2003, p. 91) afirma que: “entender a ciência nos facilita, também, contribuir para controlar e prever as transformações que ocorrem na natureza”.

A exemplo, temos os desastres naturais ao qual o ser humano tem cooperado direto e indiretamente, exaurindo os recursos naturais, poluindo rios, promovendo a extinção de diversas espécies, poluição atmosférica, etc.

Outrossim, a ciência além de controlar e prever transformações que ocorrem na natureza, a mesma contribuiu para os avanços tecnológicos desfrutados pela sociedade.

No tocante a ciência, a mesma está diretamente ligada a Alfabetização Científica, como podemos observar na seguinte afirmação:

A alfabetização científica é uma alternativa que torna possível a ressignificação da ciência, na qual prioriza a contextualização do conteúdo e o compromisso com a formação de cidadãos críticos e preparados para participar de discussões sobre os avanços e implicações da ciência (OLDONI; LIMA, 2017, p. 41).

A Alfabetização Científica é de suma importância e a mesma deve ser inserida em todos os níveis de educação, como podemos observar na seguinte afirmação:

A Alfabetização Científica sendo desenvolvida em todos os níveis de educação, estabelecerá contribuições na formação da cultura científica, permitindo um ensino mais democrático, pois sabe-se que o acesso ao conhecimento científico permite ao sujeito desenvolver-se intelectualmente, gerando uma maior responsabilidade social e política (OLDONI; LIMA, 2017, p. 43).

2.2 Ciência e Física

Como citado anteriormente, segundo Chassot (2003, p. 91) “a ciência pode ser considerada como uma linguagem construída pelos homens e pelas mulheres para explicar o nosso mundo natural”.

Como observamos anteriormente, a ciência está diretamente ligada a Alfabetização Científica, facilitando assim o entendimento e a compreensão da mesma. Como podemos ver na afirmação a seguir:

Chassot (2003, p. 93): A elaboração dessa explicação do mundo natural – diria que isso é fazer ciência, como elaboração de um conjunto de conhecimentos metodicamente adquirido – é descrever a natureza numa linguagem dita científica. Propiciar o entendimento ou a leitura dessa linguagem é fazer alfabetização científica.

No entanto, a explicação dos fenômenos que ocorrem na natureza nem sempre foram explicados pela ciência, mas sim pela religião como podemos observar.

A ciência, tal como a conhecemos hoje, iniciou-se bem mais tarde, com os filósofos gregos, quando o sobrenatural deixou de ser invocado na explicação dos fenômenos da natureza. Para esses filósofos, fenômenos como os raios e os trovões deveriam ter causas naturais, não seriam mais fruto da ira dos deuses, como se pensava até então. (GASPAR, 2013, p. 15).

Segundo Gaspar (2013, p. 15): “e a ciência também foi se dividindo e continua a dividir-se em áreas específicas do conhecimento. Surgiram, então, a Matemática, a Física, a Química, a Biologia, a Geologia, a Ecologia e muitas outras”. Dentre as ciências supracitadas atemo-nos a Física e os seus princípios básicos na aviação, compreendendo o fenômeno do voo e as forças envolvidas.

Antes de adentrarmos nos princípios básicos da física inerentes a aviação, é necessário compreendermos o que é a Física e o seu campo de atuação.

Mas afinal, o que é a Física?

Segundo Gaspar (2013, p. 21) A palavra física vem do grego *physiké*, que significa ‘ciência das coisas naturais’. Essa é, no entanto, uma denominação relativamente recente. Como já dissemos, até o início do século XVII, a Física estava incluída numa ciência mais abrangente, chamada Filosofia da natureza, que abordava praticamente todos os fenômenos da natureza. Mais tarde surgiram a Física e a Química, ciências da natureza inanimada, dedicadas aos fenômenos físicos e aos fenômenos químicos.

Desde o tempo dos filósofos gregos até o século XVII, a Física fazia parte das chamadas ciências naturais, cujo objetivo era o estudo de toda a natureza (GASPAR, 2013, p. 18). Quanto a sua divisão e o seu campo de atuação, observamos que:

Atualmente, ela se divide em grandes áreas de estudo e pesquisa. Das áreas relacionadas a seguir, as três primeiras compõem a Física clássica, que reúne todo o conhecimento físico cujas bases se formaram até o final do século XIX. As três últimas constituem a Física moderna, uma nova Física surgida no início do século XX como resposta às indagações não respondidas e às previsões não confirmadas pela Física clássica (GASPAR, 2013, p. 18).

Nos seguintes tópicos a seguir podemos observar as áreas da física e seus respectivos campos de atuação segundo Gaspar (2013, p. 18), temos que:

- **Mecânica clássica:** estudo do movimento das partículas e dos fluidos. A Mecânica clássica pode ser subdividida, didaticamente, em: Cinemática, estudo descritivo dos corpos em movimento; Estática, estudo dos sólidos em equilíbrio; Dinâmica, estudo das leis de Newton e dos princípios de conservação; Fluidodinâmica, estudo dos fluidos; e Mecânica ondulatória, estudo do movimento ondulatório em meios materiais.
- **Termodinâmica:** estudo da temperatura, do calor e seus efeitos e das propriedades de agregação dos sistemas de múltiplas partículas.

- **Eletromagnetismo:** estudo da eletricidade, do magnetismo, das ondas eletromagnéticas e da Óptica.
- **Relatividade restrita:** reformulação dos conceitos de espaço, tempo e energia com o estudo do comportamento de partículas em alta velocidade.
- **Relatividade geral:** estudo das relações entre a gravitação e as propriedades geométricas do espaço.
- **Mecânica quântica:** estudo do mundo microscópico do átomo e das partículas elementares.

Podemos salientar uma outra área da Física que engloba conceitos da Mecânica clássica e da Termodinâmica que é a Aerodinâmica ao qual trata-se dos princípios básicos da Física na Aviação e é de suma importância que a mesma seja abordada.

2.3 Aerodinâmica

O termo aerodinâmica é derivado da combinação de duas palavras gregas “AER”, significando ar; e "DYNE", significando força (de potência). Assim, quando juntamos aero e dinâmica, temos aerodinâmica, significando o estudo dos objetos em movimento através do ar e as forças que produzem ou mudam tal movimento (ABREU, 2015, p. 6).

De acordo com Abreu (2015, p. 6): “A teoria de voo é a aplicação da aerodinâmica no estudo particular do comportamento de aerofólios e aeronaves na atmosfera”. Salienta-se que a aplicação da aerodinâmica só foi possível devido a sua descoberta pelo engenheiro e inventor George Cayley.

Conforme Fernandes (2018, p. 20): “O engenheiro e inventor inglês George Cayley (1773-1857) foi um dos personagens mais importantes da história da aviação”. Sua capacidade de investigação científica o levou a estabelecer as funções básicas da Engenharia Aeronáutica, servindo de base para as façanhas que só ganhariam os céus mais tarde. Ainda de acordo com Fernandes (2018, p. 21): “Suas pesquisas identificaram as quatro forças aerodinâmicas que atuam em uma aeronave mais pesada que o ar – impulso, elevação, arrasto e gravidade”. A descoberta desses princípios e o resultado de suas investigações sobre aspectos teóricos do voo propiciaram e orientaram o projeto e a construção dos primeiros aeroplanos que dependiam dos efeitos aerodinâmicos para voar.

Durante cinco décadas, George Cayley seguiu com seus estudos científicos que o levaram a ser considerado o primeiro engenheiro aeronáutico da história e o fundador da ciência física da Aerodinâmica (BASTOS, 2017, apud FERNANDES, 2018, p. 21).

Nos dias de hoje, existem cursos de Engenharia que envolvem o processo de projetar e construir aeronaves ou qualquer artefato que voe. No que concerne a Engenharia Aeroespacial, podemos observar o seu campo de atuação e as instituições que ofertam o curso de acordo com a Agência Espacial Brasileira.

A área de Engenharia Aeroespacial lida, entre outras coisas, com o processo de projetar, criar, construir e fabricar qualquer artefato que voe. Jatos, helicópteros e espaçonaves, por exemplo, fazem parte deste campo, que tem dois principais ramos: Engenharia Aeronáutica e Engenharia Astronáutica. O primeiro lida com qualquer aeronave que voe na atmosfera terrestre. O último lida com qualquer artefato que voe fora da atmosfera (AEB, 2020).

Considerada uma das áreas mais promissoras entre os diversos tipos de engenharia, a Engenharia Aeroespacial ainda sofre com a escassez de profissionais formados especificamente neste curso (AEB, 2020).

O curso de bacharelado em Engenharia Aeroespacial tem duração média de cinco anos, sendo que a maior parte das disciplinas é voltada para o campo espacial. Ao longo dos dois primeiros anos do curso, o estudante tem acesso a disciplinas das ciências básicas para a formação em engenharia, como física, química, matemática e computação (AEB, 2020).

Durante os três últimos anos do curso, o graduando estuda matérias específicas da área como: Propulsão, Mecânica Estrutural, Materiais, Controle, Mecânica de Voo e Orbital, Telecomunicações, Térmica, Aerodinâmica e Eletrônica fazem parte da grade curricular (AEB, 2020).

Conforme a AEB (2020) existem sete universidades públicas com o curso de Engenharia Aeroespacial. Podemos observar a lista a seguir:

- Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – <https://ufmg.br/>;
- Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – <https://www.ufsm.br/>;
- Universidade de Brasília (UnB) – <https://www.unb.br/>;
- Universidade Federal do Maranhão (UFMA) – <https://portais.ufma.br/PortalUfma/>;
- Universidade Federal do ABC (UFABC) – <https://www.ufabc.edu.br/>;
- Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – <https://ufsc.br/>;
- Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) – <http://www.ita.br/>.

Por ter uma formação multidisciplinar, a profissão de engenheiro aeroespacial possibilita a atuação em diferentes áreas da engenharia (AEB, 2020). Dessa forma, o profissional terá habilidades para projetar, controlar e testar sistemas do setor aeroespacial, atuar com desenvolvimento e avaliação desses sistemas, sejam eles de propulsão, mecânico, energia, entre outros (AEB, 2020).

2.3.1 Conceitos básicos de Física

Além da compreensão da Aerodinâmica na teoria do voo, salienta-se que é de suma importância que possamos compreender as forças e as grandezas físicas importantes em um avião. Dessa forma, podemos entender o fenômeno do voo, que é um assunto extremamente complexo e pode ser totalmente compreensivo com o auxílio da Física.

O primeiro conceito que iremos definir está relacionado com fluidos. Os fluidos são formados pelos líquidos e o pelos gases e são denominados dessa forma, pois apresentam a característica de fluir ou escoar facilmente, não resistindo às forças paralelas aplicadas à sua superfície. Dessa forma, o avião se movimenta no ar e o ar é um fluido.

Para os fluidos, a massa específica (ρ) e é definida como razão entre a massa total (m) e o volume total (V), ou seja:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

A unidade de massa específica no SI é o quilograma por metro cúbico (kg/m^3).

A massa é uma medida da quantidade de matéria de um corpo e o volume relaciona a quantidade de espaço que este ocupa.

Outra grandeza é a pressão (p), que é a razão entre a intensidade da força (F) aplicada sobre uma superfície e a área dessa superfície (A):

$$p = \frac{F}{A} \quad (2)$$

A unidade de pressão do SI é Newton por metro quadrado (N/m^2) que é igual a Pascal (Pa), em homenagem ao físico e filósofo francês Blaise Pascal.

A pressão associada a força por metro quadrado da coluna de ar atmosférico acima da superfície terrestre é definida como pressão atmosférica (p_0). O valor da pressão atmosférica padrão ao nível médio do mar é de 760 mmHg (milímetros de mercúrio) ou 1 atm (atmosfera). Esse valor corresponde a 101325 Pa. Essa pressão varia com a altitude, assim, como o peso da coluna de ar diminui com a altitude, o valor da pressão atmosférica diminui também.

A grandeza força relaciona a interação de um corpo com a sua vizinhança, ou seja, pode alterar o estado de repouso ou de movimento de um corpo. Pode ser aplicada no sentido de alterar o movimento (empurrar, puxar) ou simplesmente parar o movimento de um corpo. É medida na unidade de N (Newton) em homenagem ao matemático, físico e filósofo inglês Sir Isaac Newton.

O conhecimento das forças que atuam em um corpo, permite prever o seu movimento subsequente. A relação existente entre a força e a aceleração produzida em um corpo foi descoberta por Isaac Newton.

No século XVII, o matemático e filósofo inglês Sir Isaac Newton (1643-1727) propôs as três leis básicas do movimento, sem ter a mínima ideia que três séculos depois, estas leis seriam amplamente aplicadas a teoria de voo de uma aeronave (BIANCHINI, 2017, p. 19).

De acordo com (BIANCHINI, 2017, p. 19) podemos descrever a Primeira Lei de Newton como: se a resultante de forças que atuam no corpo é nula temos que se o corpo estiver em repouso permanecerá em repouso e se estiver em movimento permanecerá se movendo com a mesma velocidade e direção (velocidade constante).

A Primeira Lei de Newton é conhecida como Lei da Inércia. A inércia é uma medida da resistência que um corpo apresenta em mudar o seu estado de movimento. O princípio da inércia mostra a tendência de manter em repouso um corpo que está em repouso e, ao mesmo tempo, indica a tendência de manter o movimento de um corpo que está em movimento constante (velocidade constante), ou seja, em movimento retilíneo uniforme (MRU). Dessa forma, se uma aeronave estiver em repouso no solo, teremos que aplicar uma força para mudar a inércia e fazer essa aeronave se movimentar.

Um exemplo simples, do ponto de vista da observação da inércia dos corpos é aquele dos passageiros em um veículo. Quando o veículo é freado, os passageiros tendem a manter-se no seu estado de movimento. Por isso, as pessoas “vão para frente” do ônibus quando este é freado. Na realidade, a mudança do estado de movimento é apenas do ônibus. Os passageiros simplesmente tendem a manter-se como estavam (BIANCHINI, 2017, p. 16).

A Segunda Lei de Newton, de acordo com (BIANCHINI, 2017, p. 19) é descrita como:

Segunda Lei de Newton: esta lei estabelece que se uma força externa age sobre um corpo, que se move a velocidade constante, a alteração do movimento ocorrerá na direção de atuação da força.

A Segunda Lei de Newton estabelece que se aplicarmos uma força em um corpo que se movimenta com velocidade constante, poderemos alterar o movimento e esta alteração se dará na direção de atuação da força, ou seja, o corpo será acelerado. A aceleração adquirida pelo corpo será no mesmo sentido e direção de aplicação da força.

A relação existente entre a força e a aceleração é dada por:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (3)$$

Dessa forma, todo corpo necessita da ação de uma força para iniciar um movimento (sair do repouso) ou para que seu movimento seja alterado e quanto maior a massa de um corpo, maior a força necessária para alterar seu estado.

Na equação (3), temos que a força e a aceleração são grandezas vetoriais e devido a isso, são representadas usando a notação de vetores. A massa é uma grandeza escalar.

A Terceira Lei de Newton relaciona o conceito de forças de ação e reação e é descrita de acordo com (BIANCHINI, 2017, p. 19) como:

Terceira Lei de Newton: é a tão famosa lei de ação e reação, que estabelece que um corpo ao exercer uma força sobre outro corpo, este segundo corpo exercerá sobre o primeiro uma força em igual magnitude, porém, em direção oposta.

Para relacionar a Terceira Lei de Newton podemos utilizar como exemplo a hélice de uma aeronave. No motor em funcionamento, a hélice movimenta o ar para trás que conseqüentemente a empurra para a frente com uma força de igual magnitude, o que possibilita o movimento da aeronave.

Podemos perceber que duas grandezas relacionadas com o movimento aparecem nas três leis de Newton: velocidade e aceleração.

A velocidade é uma medida da rapidez com que um corpo se movimenta no tempo. A velocidade média ($\vec{v}_{méd}$) relaciona o deslocamento ($\vec{\Delta s}$) e o intervalo de tempo (Δt) levado para efetuar esse deslocamento, ou seja:

$$\vec{v}_{méd} = \frac{\vec{\Delta s}}{\Delta t} = \frac{\vec{s}_f - \vec{s}_i}{t_f - t_i} \quad (4)$$

O deslocamento relaciona a posição final (\vec{s}_f) e a posição inicial (\vec{s}_i). Temos que t_f é o tempo final e t_i é o tempo inicial. A velocidade média e o deslocamento são grandezas vetoriais e representadas usando a notação vetorial na equação (4). A velocidade média é medida em metro por segundo (m/s) no SI. Usa-se as unidades de quilômetro por hora (km/h); milha náutica por hora (kt), que equivale a 1852 km/h; milha terrestre por hora (Mph), que

equivale a 1609 km/h. Na aviação, de um modo geral, a unidade padrão de velocidade é a milha náutica.

Se a velocidade de um corpo varia (ou em intensidade ou em direção), temos que o corpo possui uma aceleração. A aceleração média ($\vec{a}_{méd}$) relaciona a variação da velocidade ($\Delta\vec{v}$) e o intervalo de tempo (Δt), ou seja:

$$\vec{a}_{méd} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_i}{t_f - t_i} \quad (5)$$

A variação da velocidade relaciona a velocidade final (\vec{v}_f) e a velocidade inicial (\vec{v}_i). Temos que t_f é o tempo final e t_i é o tempo inicial. A aceleração média é medida em metro por segundo ao quadrado (m/s^2) no SI.

A aceleração é nula quando não existe variação da velocidade. Nesse caso, temos um movimento com velocidade constante que recebe o nome de Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), onde o corpo percorre distâncias iguais em tempos iguais.

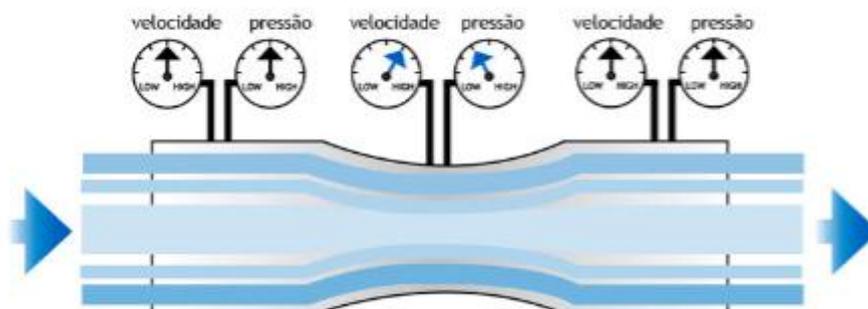
Meio século depois de Isaac Newton, o matemático suíço Daniel Bernoulli (1700-1782) explicou como a pressão de um fluido varia com a velocidade de movimento (BIANCHINI, 2017, p. 20).

Este princípio estabelece que com o aumento da velocidade do fluido, a pressão sobre este fluido será diminuída. É utilizando este princípio que podemos entender o porquê da pressão no extradorso da asa (parte superior e curva da asa) é inferior à do intradorso (parte inferior da asa) e é um dos fatores que influenciam na sustentação (BIANCHINI, 2017, p. 20).

O princípio de Bernoulli descreve o comportamento de fluidos em movimento, ou seja, em um escoamento não viscoso e pode ser enunciado como: se a velocidade de uma partícula de um fluido aumenta enquanto escoar ao longo de uma linha de corrente, a pressão do fluido deve diminuir e vice-versa.

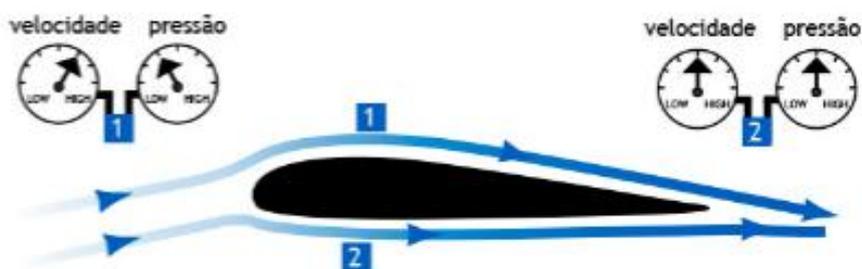
Este princípio também pode ser aplicado no escoamento de líquidos por tubos de diâmetros diferentes, como em um tubo de Venturi (Figura 1). Podemos ver pela Figura 1 que onde ocorre a diminuição do diâmetro do tubo, a pressão diminui e a velocidade aumenta (o escoamento é mais rápido nessa região). Isso ocorre quando o ar cruza pela superfície curva da asa do avião (Figura 2).

Figura 1 – Tubo de Venturi.



Fonte: BIANCHINI, 2017.

Figura 2 – Asa do avião e princípio de Bernoulli.



Fonte: BIANCHINI, 2017.

2.3.2 Forças que atuam em um avião

Além da compreensão da Aerodinâmica na teoria do voo, salienta-se que é de suma importância que possamos compreender as forças e as grandezas físicas importantes em um avião. Dessa forma, podemos entender o fenômeno do voo que é um assunto complexo e pode ser totalmente compreensivo com o auxílio da Física.

Conforme Bianchini (2017, p. 31): “Ter o conhecimento dos efeitos destas forças permitirá a você compreender de forma mais clara as reações do avião, o que o ajudará muito durante a pilotagem”.

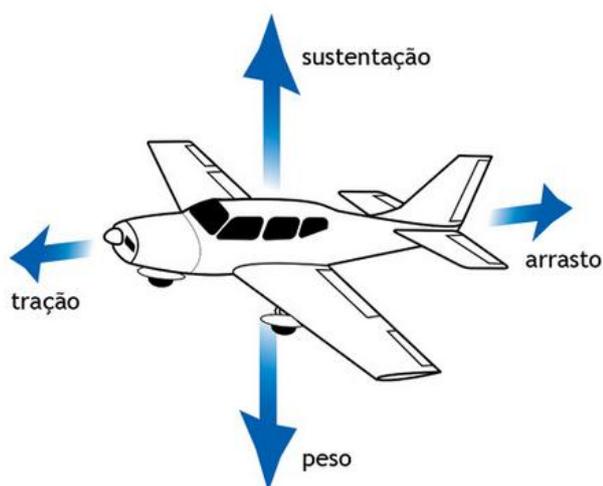
De acordo com Studart e Dahmen (2006, p. 36) temos que:

Para os físicos, as forças da natureza são quatro: a forte, responsável pela coesão nuclear, a fraca que produz a radioatividade, a eletromagnética que está relacionada à maioria dos fenômenos com os quais convivemos no cotidiano e finalmente a gravitacional que atua entre quaisquer corpos que possuem massa.

Não obstante, ainda temos a seguinte observação de Studart e Dahmen (2006, p. 36): “No jargão aeronáutico também se costuma falar em “quatro forças”. A menção obviamente restringe-se ao mundo particular de quem lida com o voo e seu conhecimento é fundamental para que os pilotos possam voar apropriadamente”.

As quatro forças que atuam sobre um avião em voo, conforme ilustrado na Figura 3 são: peso, sustentação, arrasto e tração (BIANCHINI, 2017, p. 31). A unidade de força no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o Newton (N) que em unidades primárias equivale a kg m/s^2 .

Figura 3 – Forças que atuam em um avião.



Fonte: BIANCHINI, 2017.

Peso (P): é a força da gravidade atuando sobre o avião e é dirigida para o centro da Terra. É a força que “empurra” o avião para baixo, no sentido oposto à sustentação e é dada por:

$$P = mg, \quad (6)$$

Na equação (6), m é a massa (em quilogramas, kg) e g é a aceleração da gravidade (em metro por segundo ao quadrado, m/s^2).

Sustentação (S): é a força que se opõe ao peso que é produzida pelo efeito dinâmico do ar atuando sobre a asa, no sentido perpendicular à trajetória do voo.

Arrasto (R): é a força de atrito sendo a componente da força aerodinâmica paralela à direção de voo. É a força que causa resistência ao voo, provocada pelo turbilhonamento do ar na asa, fuselagem e em outras superfícies expostas e age no sentido oposto à tração.

Tração (T): é a força gerada pelo motor da aeronave e é dirigida ao longo do eixo longitudinal do avião cuja função é se opor ao arrasto.

Segundo Bianchini (2017, p. 32) as quatro forças estarão em equilíbrio quando o avião estiver em voo reto e nivelado sem aceleração. Neste caso o peso será igual à sustentação e o arrasto será igual a tração. Se a aeronave estiver acelerando em um voo nivelado, a tração deverá ser maior do que o arrasto, e caso a mesma esteja desacelerando esta relação será inversa.

Se tivermos que o avião está em um voo de cruzeiro com velocidade constante (cerca de 900 km/h a 10000 m de altitude), a resultante das forças é nula e devemos obter $\mathbf{S} = \mathbf{P}$ e $\mathbf{T} = \mathbf{R}$ (STUDART; DAHMEN, 2006).

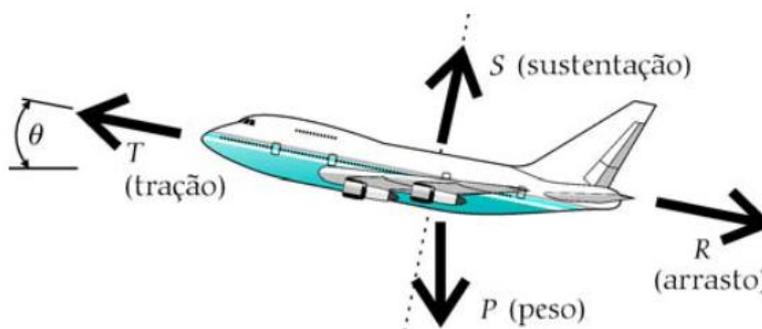
Bianchini (2017, p. 32) afirma que: “Com a aeronave parada no solo, apenas a força peso estará agindo sobre a aeronave, assim como ocorre com todos os corpos no campo gravitacional da terra”.

No procedimento de subida e de descida, a configuração das forças se alteram. Na subida do avião (Figura 4) a uma velocidade constante e a uma taxa de ascensão constante temos que a decomposição das forças com o sistema de coordenadas orientado na direção longitudinal do avião (eixo x) é dada por:

$$\sum F_x = 0 \quad (7)$$

$$T - P \sin(\theta) - R = 0 \quad (8)$$

Figura 4 – Forças que atuam em um avião no procedimento de subida com velocidade constante e taxa de ascensão constante.



Fonte: STUDART; DAHMEN, 2006.

Temos que a força de Tração é no sentido do eixo x positivo e a componente x da força peso e a força de arrasto estão no sentido de x negativo. Para o eixo y, temos:

$$\sum F_y = 0 \quad (9)$$

$$S - P \cos(\theta) = 0 \quad (10)$$

Temos que a força de sustentação é no sentido do eixo y positivo e a componente y da força peso é no sentido de y negativo.

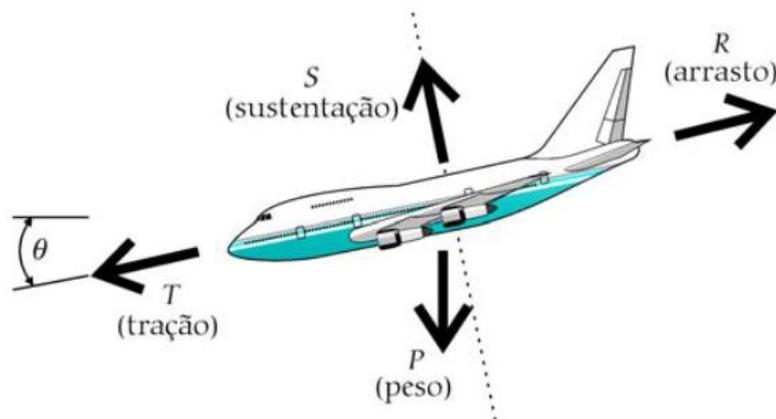
Na descida do avião (Figura 5) a uma velocidade constante e a uma taxa constante temos que a decomposição das forças com o sistema de coordenadas orientado na direção longitudinal do avião (eixo x) é dada por:

$$\sum F_x = 0 \quad (11)$$

$$T + P \sin(\theta) - R = 0 \quad (12)$$

Temos que a força de Tração e a componente x da força peso atuam no sentido do eixo x positivo e a força de arrasto está no sentido de x negativo.

Figura 5 – Forças que atuam em um avião no procedimento de descida com velocidade constante e taxa constante.



Fonte: STUDART; DAHMEN, 2006.

Para o eixo y, temos:

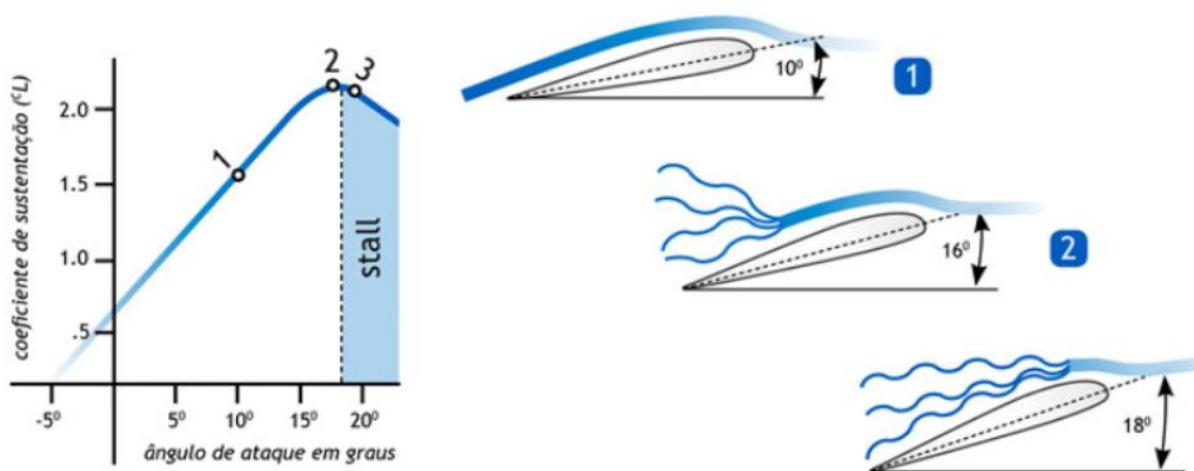
$$\sum F_y = 0 \quad (13)$$

$$S - P \cos(\theta) = 0 \quad (14)$$

Temos que a força de sustentação é no sentido do eixo y positivo e a componente y da força peso é no sentido de y negativo. Podemos perceber que tanto na subida como na descida, a componente y das forças são iguais, ou seja, tanto na subida como na descida do avião, a força de sustentação é menor do que a componente da força peso, contradizendo o que muitas pessoas acreditam que durante a subida, a força de sustentação seria maior do que a força peso. Dessa forma, para qualquer ângulo de ataque, a força de sustentação é menor do que a força peso e se tornam iguais apenas no voo nivelado.

O ângulo de ataque é definido como ângulo formado entre a linha da corda e o vento relativo (BIANCHINI, 2017, p. 35). O ângulo de ataque possui uma ligação direta com a sustentação, e ao aumentá-lo a sustentação também será aumentada (BIANCHINI, 2017, p. 35). O gráfico da Figura 6 ilustra claramente esta relação “ângulo de ataque x sustentação”, e podemos observar que acima de um determinado ângulo a sustentação decresce e ocorre o *stall* (BIANCHINI, 2017, p. 36). A asa “estola” quando o ângulo crítico ou ângulo de *stall* é atingido, ponto no qual os filetes de ar se desprendem e tornam-se turbulentos, reduzindo consideravelmente a produção de sustentação pela asa (BIANCHINI, 2017, p. 37).

Figura 6 – Gráfico da relação “ângulo de ataque x sustentação”.

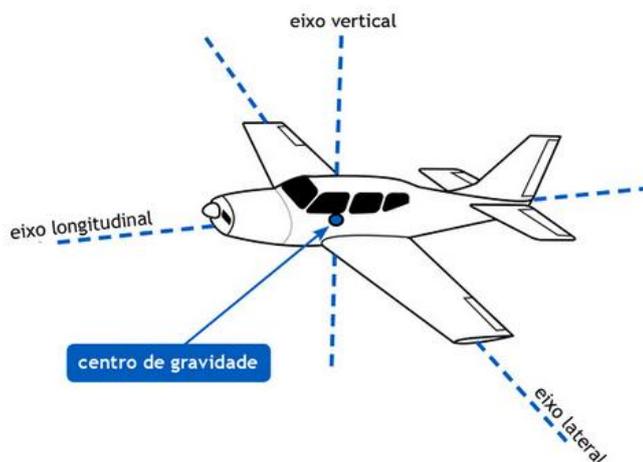


Fonte: BIANCHINI, 2017.

Assim como em qualquer outro corpo na superfície terrestre, o avião tem peso, causado pela força de gravidade que age no centro de gravidade (CG) do avião no sentido do centro da Terra. Em solo, assim como ocorre com um carro, o peso do avião é suportado pela própria superfície terrestre através das rodas (no caso do avião, o trem de pouso). Em voo o peso do avião é suportado pela força de sustentação. Logo, para que o avião consiga voar é necessário que seja criada uma força igual ou maior, no sentido oposto ao peso, para que a aeronave possa alçar voo.

O ponto de equilíbrio de um avião, onde todos os seus três eixos se encontram é denominado de centro da gravidade (CG) conforme mostra a Figura 7. No centro da gravidade é possível considerar todo o peso do avião. A posição do CG varia de um voo para outro, uma vez que a determinação de sua posição está associada principalmente a quantidade de combustível abastecido e a distribuição da carga e dos passageiros dentro da aeronave.

Figura 7 – Centro de Gravidade (CG) de um avião.



Fonte: BIANCHINI, 2017.

A sustentação é a componente da resultante aerodinâmica perpendicular ao vento relativo. Para explicarmos a sustentação temos que recorrer ao princípio de Bernoulli e a terceira lei de Newton. A sustentação é gerada majoritariamente pela asa do avião, que é um aerofólio designado para sustentar o peso do avião. O perfil de asa assimétrico é o mais utilizado nas asas, por tirar vantagem do princípio de Bernoulli, uma vez que uma maior curvatura no extradorso (parte superior das asas) faz com que o ar tenha a sua velocidade aumentada e a pressão estática reduzida em relação ao intradorso (parte inferior da asa). Essa diferença de pressão contribui para gerar parte da sustentação da asa. Outro percentual significativo da sustentação total produzido pela asa será gerado pela deflexão para baixo do ar, de acordo com a terceira lei de Newton, terá como reação empurrá-la para cima, produzindo a sustentação.

O arrasto é o termo utilizado para denominar a resistência ao fluxo de ar ou ao movimento através do ar, ou seja, é a força que resiste e se opõe ao deslocamento da aeronave. O arrasto atua paralelamente e na mesma direção do vento relativo. Quando estamos numa estrada dirigindo um carro e colocamos a mão para fora da janela podemos sentir o arrasto criado pela mão. Esse efeito é sentido por todas as partes de um avião em voo.

O arrasto está presente em qualquer deslocamento através do ar, seja em um planador em voo ou em um carro de fórmula 1 em movimento. Como não é possível excluir esta força, os engenheiros buscam formas para reduzir os efeitos do arrasto e aumentar a performance do equipamento. Quanto maior o arrasto maior deverá ser a força para compensá-lo. Esta força para compensá-lo será o aumento da força de tração, ou seja, o aumento da potência do motor,

o que aumentará o consumo de combustível e diminuirá de maneira geral a performance da aeronave.

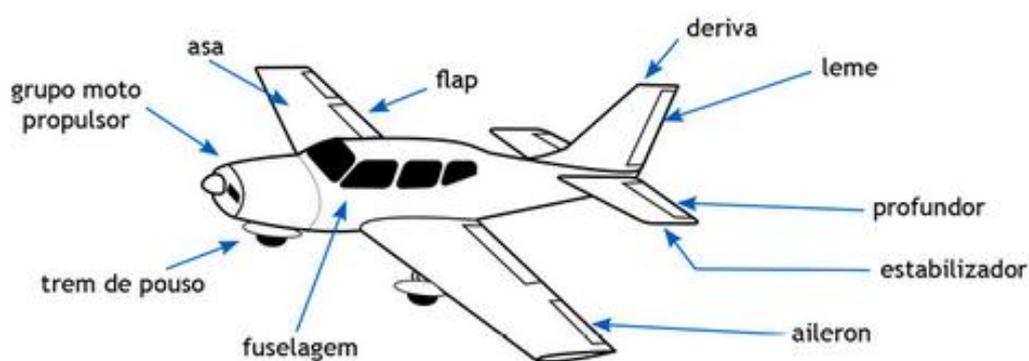
Podemos dividir o arrasto total da aeronave em dois grupos: arrasto induzido e arrasto parasita. O arrasto induzido é aquele relacionado às partes do avião que produzem sustentação, ou seja, é o produto indesejado da geração de sustentação enquanto que o arrasto parasita é aquele resultante da resistência imposta pelas moléculas de ar a qualquer objeto que se movimenta no ar.

Uma das quatro forças atuantes em uma aeronave em voo é a tração que é produzida pelo grupo motopropulsor. A força produzida é na direção do deslocamento da aeronave, no sentido oposto ao arrasto. Para que a aeronave mantenha um voo reto e nivelado, a tração deve ser igual ao arrasto. Para que em um voo nivelado a aeronave acelere, a tração deverá ser maior do que o arrasto.

2.3.3 Estruturas de um Avião

Além das quatro forças que atuam sobre um avião é necessário compreender a sua estrutura e algumas funções durante o voo. Na Figura 8 podemos observar as principais estruturas de um avião.

Figura 8 – Principais estruturas de um avião.



Fonte: BIANCHINI, 2017.

De acordo com Bianchini (2017, p. 26) podemos definir algumas estruturas do avião.

Fuselagem: é a estrutura na qual são fixadas as demais partes da aeronave onde está a cabine de comando e o compartimento de passageiros e de cargas (Figura 9).

Aerofólios: é formado pela asa, empenagem e a hélice que são estruturas aerodinâmicas que produzem forças úteis ao voo.

Hélice: é um aerofólio rotativo que converte a potência produzida pelo motor em força de tração.

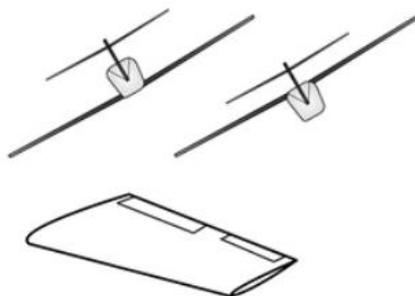
Figura 9 – Fuselagem.



Fonte: BIANCHINI, 2017.

Asa: A asa fica fixada na fuselagem e tem a função de produzir a sustentação necessária para manter a aeronave em voo (Figura 10). Há diversos tipos de designs, posições, formas e tamanhos de asa, e cada fabricante adota as características mais adequadas ao projeto de sua aeronave.

Figura 10 – Asa do avião.



Fonte: BIANCHINI, 2017.

Trem de Pouso: é a estrutura que sustenta a aeronave no solo e permite o amortecimento do impacto, frenagem e o controle direcional da aeronave no solo (Figura 11).

Além das estruturas citadas anteriormente, temos também a empenagem, superfícies de comandos e dispositivos hipersustentadores, como podemos observar na Figura 12.

Nesse sentido, de acordo com Bianchini (2015, p. 27) temos as definições das estruturas supracitadas.

Empenagem: corresponde a “cauda” do avião e é formada pelo estabilizador vertical, o estabilizador horizontal e as respectivas superfícies de comando. Os aerofólios que formam a empenagem servem para manter a estabilidade e a controlabilidade do voo e podem ser em formato convencional, em forma de V e em forma de T conforme a Figura 13.

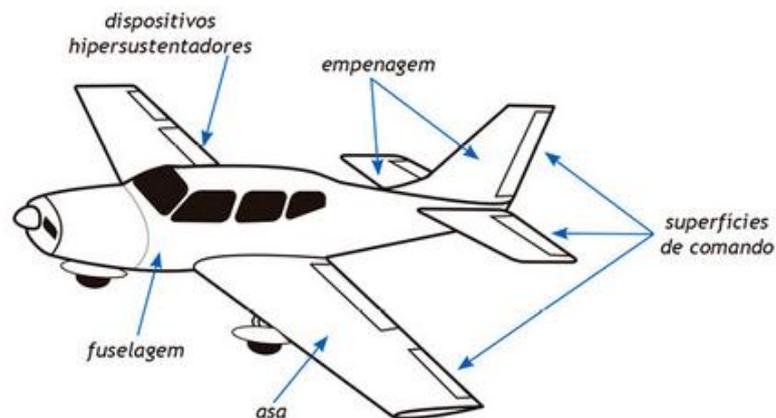
Figura 11 – Trem de pouso.



Fonte: BIANCHINI, 2017.

De acordo com Bianchini (2015, p. 23): “A estrutura é o corpo do avião, responsável em acomodar os sistemas, o grupo propulsor, os passageiros e tripulantes, a carga e os demais componentes”.

Figura 12 – Estruturas de um avião.



Fonte: BIANCHINI, 2015.

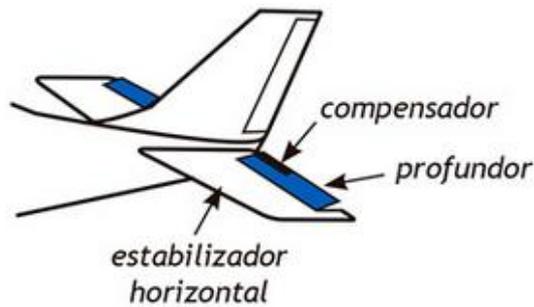
Figura 13 – Tipos de empenagem.



Fonte: BIANCHINI, 2015.

Existem os estabilizadores vertical e horizontal. O estabilizador horizontal (Figura 14) possui a função de manter a contrabilidade e estabilidade longitudinal do avião formada pelo estabilizador horizontal, profundor e compensador.

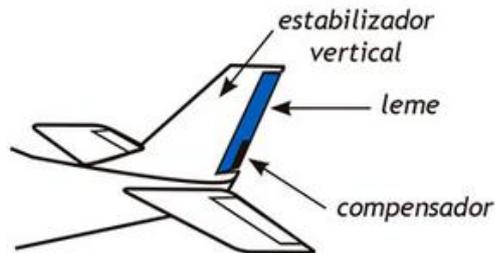
Figura 14 – Estabilizador horizontal.



Fonte: BIANCHINI, 2015.

Já o estabilizador vertical (Figura 15) mantém a contrabilidade e a estabilidade direcional do avião sendo formado pelo estabilizador vertical, leme e compensador. Ele é fixo, sendo móvel apenas o leme e o compensador.

Figura 15 – Estabilizador vertical.



Fonte: BIANCHINI, 2015.

O controle dos movimentos do avião em voo é dado pelas superfícies de comandos que são divididas em primárias e secundárias (Tabela 1). Basicamente, as superfícies primárias são as responsáveis pelo controle efetivo dos movimentos da aeronave em voo, enquanto que as superfícies secundárias auxiliam na diminuição das forças empregadas pelo piloto ao efetuar um movimento com a aeronave.

Tabela 1 - Superfícies primárias e secundárias de comandos.

Superfícies primárias	Ailerons Profundor Leme
Superfície secundárias	Compensador dos ailerons Compensador do profundor Compensador do leme

Fonte: BIANCHINI, 2015.

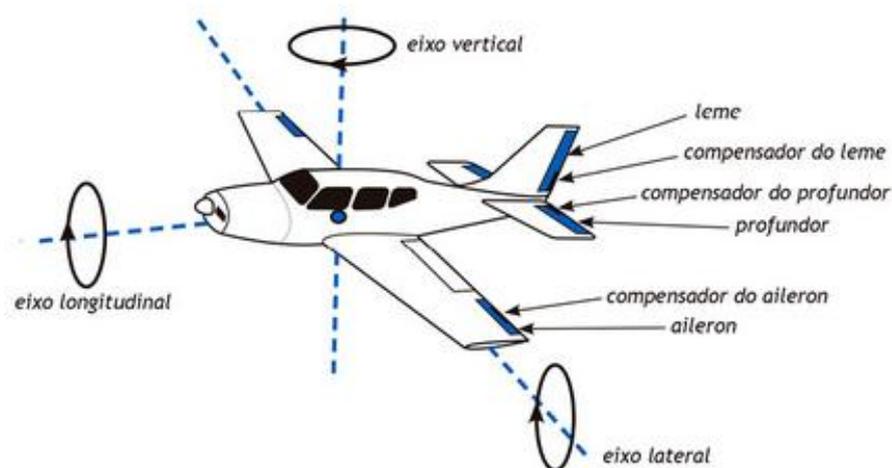
De acordo com Bianchini (2015) o avião se movimenta em três eixos onde na Figura 16 podemos observar tais eixos e suas superfícies de comando.

Os dispositivos hipersustentadores aumentam a sustentação produzida pela asa e são indispensáveis durante as operações de pouso e de decolagem, pois permitem a redução da velocidade durante a operação da aeronave. Os mais utilizados são os flaps e os slats.

Flaps: são localizados no bordo de fuga da asa e aumentam a sustentação (Figura 16).

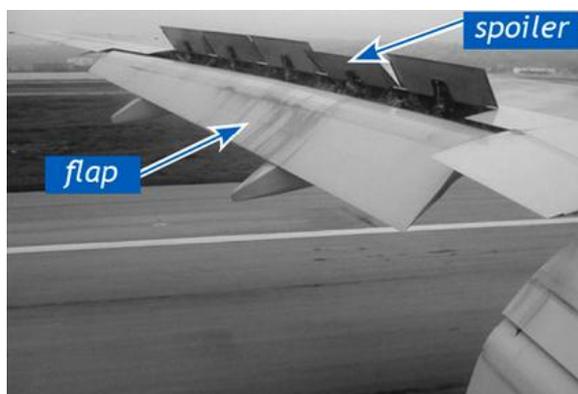
Spoiler: é um dispositivo instalado no extradorso da asa, que é aberto/fechado automaticamente ou manualmente pelo piloto. Ao ser aberto, o spoiler reduz a sustentação e aumenta o arrasto em determinado ponto da asa (Figura 17).

Figura 16 – Três eixos e superfícies de comando.



Fonte: BIANCHINI, 2015.

Figura 17 – Spoiler e Flap.



Fonte: BIANCHINI, 2015.

2.3.4 Controles de voo

Os controles de voo são compostos pelo manche, que controla os ailerons e o profundor, e pelo pedal que controla o leme (Bianchini, 2015, p. 31) conforme ilustra a Figura 18.

Os ailerons (Figura 19) possuem a função de controlar o movimento do avião em torno do seu eixo longitudinal e são localizados no bordo de fuga da asa. O manche controla os ailerons, com movimentos para esquerda e para a direita. Os ailerons da asa direita e da esquerda funcionam em sincronia sendo que quando um abaixa o outro se eleva.

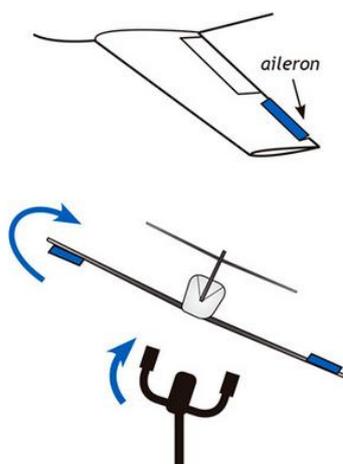
Figura 18 – Sidestick e Manche.



*sidestick e o manche convencional,
responsáveis pelo controle dos ailerons e
profundor*

Fonte: BIANCHINI, 2015.

Figura 19 – Aileron.



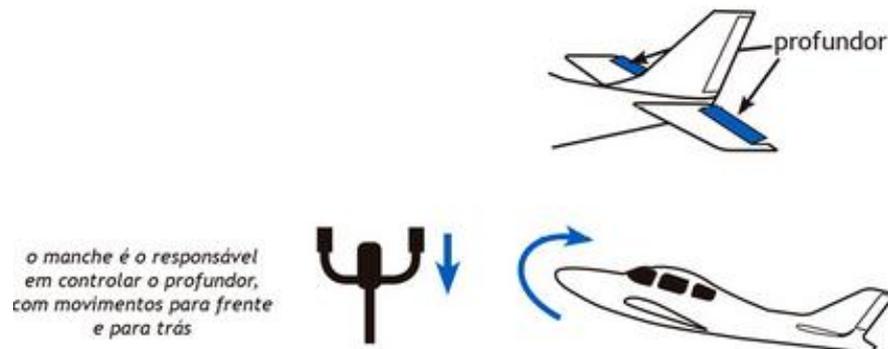
*o manche é o responsável
em controlar os ailerons*

Fonte: BIANCHINI, 2015.

O profundor (Figura 20) controla o movimento do avião sobre o eixo lateral ou transversal; É controlado pelo manche, com movimentos para frente e para trás, sendo o responsável em fazer a aeronave subir e descer.

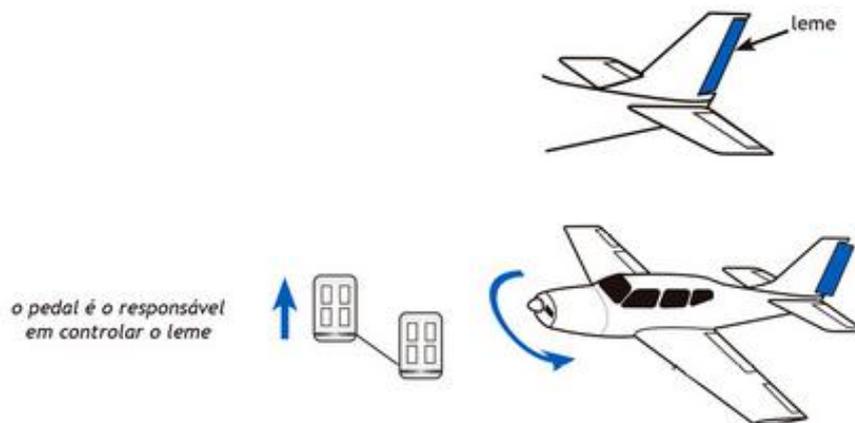
O leme (Figura 21) é controlado pelos pedais e é responsável pelo movimento da aeronave sobre o eixo vertical controlando a direção do avião fazendo o movimento da guinada.

Figura 20 – Profundor.



Fonte: BIANCHINI, 2015.

Figura 21 – Leme.



Fonte: BIANCHINI, 2015.

3 METODOLOGIA

Para avaliarmos o conhecimento prévio e as curiosidades sobre a Aviação dos discentes da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA realizamos uma pesquisa exploratória de teor quantitativo e qualitativo. Por meio de um questionário online construído na plataforma *Google Forms* e compartilhado via e-mail institucional e grupos do *WhatsApp* obtivemos a coleta de dados. O formulário foi formado por 21 questões, sendo 19 questões objetivas e 2 questões dissertativas (questões 5 e 11) e contava com a participação voluntária dos discentes. Na Tabela 2 a seguir podemos observar as seguintes perguntas que formaram o formulário.

Tabela 2 – Formulário aplicado aos discentes da UNIPAMPA sobre Curiosidades da Aviação.

1	Idade: <input type="checkbox"/> 18 - 22. <input type="checkbox"/> 23 - 27. <input type="checkbox"/> 28 - 32. <input type="checkbox"/> 33 - 37 <input type="checkbox"/> 38 - 42. <input type="checkbox"/> 43 - 47. <input type="checkbox"/> 48 - 52. <input type="checkbox"/> Mais de 52 anos.
2	Curso: <input type="checkbox"/> Agronomia <input type="checkbox"/> Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia <input type="checkbox"/> Ciência e Tecnologia de Alimentos <input type="checkbox"/> Engenharia Cartográfica e de Agrimensura <input type="checkbox"/> Licenciatura em Matemática <input type="checkbox"/> Nutrição. <input type="checkbox"/> Outro
3	Você possui interesse ou curiosidade sobre aviação? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
4	Você já teve a experiência de viajar de avião? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
5	Se você já viajou de avião, o que o fascinou durante a viagem?
6	Qual agência reguladora de Aviação Civil no Brasil? <input type="checkbox"/> ANTT <input type="checkbox"/> AERONÁUTICA <input type="checkbox"/> INFRAERO <input type="checkbox"/> ANAC <input type="checkbox"/> DETRAN <input type="checkbox"/> ANATEL <input type="checkbox"/> ANP <input type="checkbox"/> ANVISA <input type="checkbox"/> ANCINE <input type="checkbox"/> ANEEL <input type="checkbox"/> ANA <input type="checkbox"/> ANTAQ <input type="checkbox"/> FAB
7	Você conhece alguma companhia aérea brasileira? Se sim, qual ou quais? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

8	<p>Quem é conhecido como "pai da aviação"?</p> <p>() Michelangelo</p> <p>() Benjamin Franklin</p> <p>() Thomas Edison</p> <p>() Albert Einstein</p> <p>() Santos Dumont</p> <p>() Marie Curie</p> <p>() Henry Ford</p> <p>() Isaac Newton</p> <p>() Galileu Galilei</p> <p>() Nicolau Copérnico</p> <p>() René Descartes</p> <p>() Morzat</p> <p>() Frédéric Chopin</p> <p>() Irmãos Wright (Orville e Wilbur)</p> <p>() Outro</p>
9	<p>Em que ano foi realizado o primeiro voo sem ajuda de qualquer outro recurso (catapulta ou rampa) em público?</p> <p>() 1903</p> <p>() 1904</p> <p>() 1905</p> <p>() 1906</p> <p>() 1908</p> <p>() Outro</p>
10	<p>Em que país, você acha que foi realizado o primeiro voo público?</p> <p>() Alemanha.</p> <p>() Rússia.</p> <p>() Estados Unidos.</p> <p>() França.</p> <p>() Suécia.</p> <p>() Outro</p>
11	<p>Na sua opinião, o que faz um avião voar? Escreva com as suas palavras.</p>
12	<p>Na sua opinião, quais desses fatores interferem na decolagem de um avião?</p> <p>() Tamanho do avião.</p> <p>() Massa do avião.</p> <p>() Peso do avião.</p> <p>() Fatores climáticos.</p> <p>() Altitude.</p> <p>() Forma do avião.</p> <p>() Outro</p>
13	<p>Quais as quatro forças importantes que atuam em um avião?</p> <p>() Arrasto.</p> <p>() Peso.</p> <p>() Normal.</p> <p>() Sustentação.</p> <p>() Tração.</p>

	<input type="checkbox"/> Atrito. <input type="checkbox"/> Elástica.
14	Quais das forças citadas anteriormente, você lembra de ter estudado no ensino médio? <input type="checkbox"/> Arrasto. <input type="checkbox"/> Peso. <input type="checkbox"/> Normal. <input type="checkbox"/> Sustentação. <input type="checkbox"/> Tração. <input type="checkbox"/> Atrito. <input type="checkbox"/> Elástica.
15	Na sua opinião, os fenômenos meteorológicos podem causar riscos ao voo? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Talvez
16	Quais dos fatores climáticos abaixo você acha que favorecem os pousos e decolagens de um avião? <input type="checkbox"/> Baixa temperatura. <input type="checkbox"/> Neblina. <input type="checkbox"/> Alta pressão. <input type="checkbox"/> Nevoeiro. <input type="checkbox"/> Baixa umidade. <input type="checkbox"/> Alta umidade. <input type="checkbox"/> Baixa pressão. <input type="checkbox"/> Chuva. <input type="checkbox"/> Neve.
17	Você conhece algum modelo de avião? Se sim, qual? <input type="checkbox"/> Sim. <input type="checkbox"/> Não. <input type="checkbox"/> _____
18	Além das Leis de Newton, observa-se também outras leis/princípios que explicam o fenômeno do voo, como exemplo o princípio de Bernoulli que está relacionado com: <input type="checkbox"/> Massa e peso. <input type="checkbox"/> Energia e trabalho. <input type="checkbox"/> Velocidade e pressão. <input type="checkbox"/> Força e trabalho. <input type="checkbox"/> Inércia e Torque.
19	Por quê ocorrem as turbulências? <input type="checkbox"/> Devido a uma mudança de altitude. <input type="checkbox"/> Devido a uma mudança na umidade do ar. <input type="checkbox"/> Devido a uma mudança brusca na temperatura, na velocidade ou na pressão do ar. <input type="checkbox"/> Devido ao peso do avião. <input type="checkbox"/> Devido a mudanças de rota do avião.
20	Os aviões podem andar de ré?

	<input type="checkbox"/> Sim, o avião possui marcha ré. <input type="checkbox"/> Não, o avião somente anda para frente. <input type="checkbox"/> Sim, os aviões conseguem andar para trás por conta própria com o uso dos reversos dos motores. <input type="checkbox"/> Sim, somente utilizando o trator de " <i>push back</i> " disponível. <input type="checkbox"/> Não, o avião não se desloca sozinho.
21	Qual fase do voo apresenta mais riscos à segurança dos passageiros e da aeronave? <input type="checkbox"/> Na decolagem. <input type="checkbox"/> Na subida. <input type="checkbox"/> No cruzeiro. <input type="checkbox"/> Na aproximação inicial de descida. <input type="checkbox"/> Na aproximação final/pouso.

Através das respostas do formulário acima iremos construir uma série de materiais de divulgação (cartilhas informativas) e realizaremos webinários de forma a esclarecer as curiosidades dos discentes. Em função da pandemia, utilizaremos as plataformas digitais de vídeo conferência: *Google Meet*, *Youtube* e *StreamYard* para os seminários online e a construção dos materiais informativos e de divulgação serão construídos utilizando o *Canva*.

4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

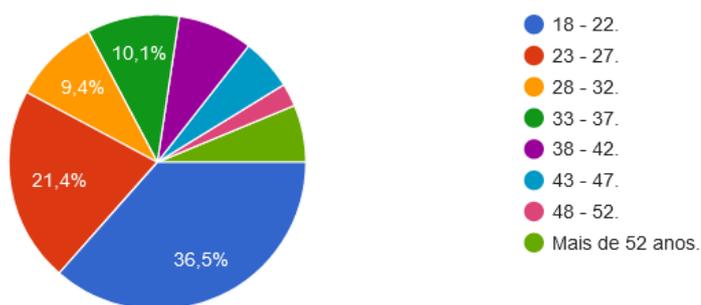
Por meio da aplicação do questionário inerente aos conhecimentos prévios e curiosidades sobre a Aviação dos discentes da UNIPAMPA dos campi de Alegrete, Bagé, Dom Pedrito, Itaqui, São Borja e Uruguaiana obtivemos um total de cento e cinquenta e nove (159) respondentes. Assim, podemos analisar o conhecimento prévio dos discentes sobre a Aviação e de que forma a Alfabetização Científica pode cooperar para a compreensão dos princípios da Física na Aviação e como esses princípios atuam em um avião em voo.

4.1 Análise do questionário

De acordo com as respostas dos discentes ao questionário foram construídos os gráficos que resumem os conhecimentos dos discentes em relação ao tema Aviação.

Para analisar o perfil dos discentes quanto à idade (Figura 22), temos que 36,5% dos discentes possuem a idade entre 18 a 22 anos; 21,4% têm entre 23 a 27 anos; 9,4% apresentam a idade de 28 a 32 anos; 8,2% possuem entre 33 a 37 anos; 5,7% possuem entre 38 a 42 anos; 2,5% possuem entre 43 e 47 anos; 2,5% possuem entre 48 e 52 anos e 6,3% apresentam a idade maior do que 52 anos.

Figura 22 – Gráfico da pergunta 1. Idade.



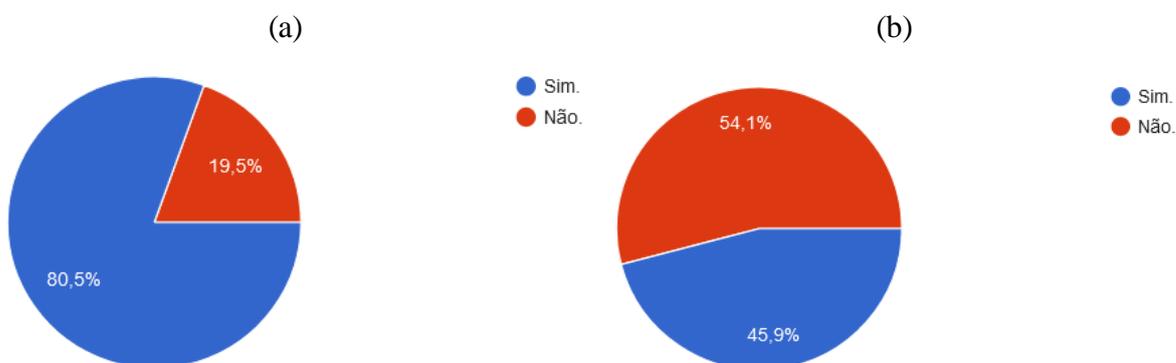
Fonte: Autor, 2021.

Além disso, podemos observar os cursos dos respondentes aos quais 15,1% são discentes do curso de Agronomia; 13,2% são do curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia (BICT); 6,9% correspondem ao curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura; 5,7% ao curso de Licenciatura em Matemática; 1,9% ao curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos e 2,5% correspondem ao curso de Nutrição. Salienta-se que a

porcentagem (45,3%) desses cursos corresponde ao campus de Itaquí. Ademais, os discentes participantes dos outros campi somam a porcentagem de 54,7%.

Os gráficos das respostas das perguntas 3 (Você possui interesse ou curiosidade sobre aviação?) e 4 (Você já teve a experiência de viajar de avião?) estão resumidas na Figura 23. Conforme a Figura 23 (a) podemos observar que 80,5% dos discentes têm interesse e/ou curiosidade sobre a aviação e apenas 19,5% não tem interesse e/ou curiosidade. É necessário salientar que os respondentes são de cursos totalmente distintos da área de Aviação, mas, no entanto, podemos concluir que a Aviação desperta um certo fascínio aos discentes que se sentem interessados ou curiosos ao tema, apesar do tema “Aviação” não fazer parte de suas grades curriculares. Segundo a Figura 23 (b), apenas 45,9% dos discentes já viajaram de avião e 54,1% nunca viajaram. Isso deve-se a falta de oportunidade, necessidade, condições financeiras.

Figura 23 – (a) Gráfico da pergunta 3. *Você possui interesse ou curiosidade sobre aviação?*
(b) Gráfico da pergunta 4. *Você já teve a experiência de viajar de avião?*



Fonte: Autor, 2021.

A pergunta 5 era dissertativa e questionava o que mais tinha fascinado durante uma viagem de avião. Como essa pergunta não era obrigatória, somente 72 dos 159 participantes responderam-na. Na Tabela 3, resumimos algumas respostas mais interessantes. A maioria das respostas estavam relacionadas com a visão das nuvens e da terra que o avião proporcionava durante o voo. Muitos comentaram da velocidade da decolagem e da estabilidade que o avião apresentava mesmo sendo algo tão pesado.

Tabela 3 – Resumo das respostas da questão 5. *Se você já viajou de avião, o que o fascinou durante a viagem?*

As nuvens.	A visão do horizonte.
Olhar pela janela e ver às coisas na terra como se fosse uma maquete.	A comida e a tecnologia do avião.
Velocidade e processos envolvidos desde o pushback até a pouso no destino.	A velocidade da viagem.
Estabilidade dele em alta altitude.	Tecnologia e segurança.
A beleza da terra sob nossos pés; a sensação de liberdade e de pequenez frente ao mundo; a beleza das nuvens e do sol; E a beleza da invenção do homem.	O perigo da decolagem e o perigo da aterrissagem.
Nada.	Decolagem e pouso.
O fato em si de uma máquina pesada daquelas voar, com tantas pessoas dentro. O fato de poder ver o lado de fora, em meio a tempestades e a beleza de passar no meio das nuvens. O mesmo ver uma cidade toda iluminada a noite. É mágico.	O tamanho do avião, a altura que o avião voa, a velocidade que o avião voa, como não escutamos o barulho das turbinas do avião mesmo estando sentado próximo a asa do avião.
A terra ser redonda.	O fato de algo tão pesado desafiar a gravidade, e parecer algo tão natural.
A forma como o avião "anda", como ele movimenta as asas, a movimentação que ele faz ao decolar e pousar. O quanto não sentimos a velocidade que ele está, é uma estabilidade que nos passa tranquilidade por parecermos parados nas nuvens.	A engenharia e a física envolvida.

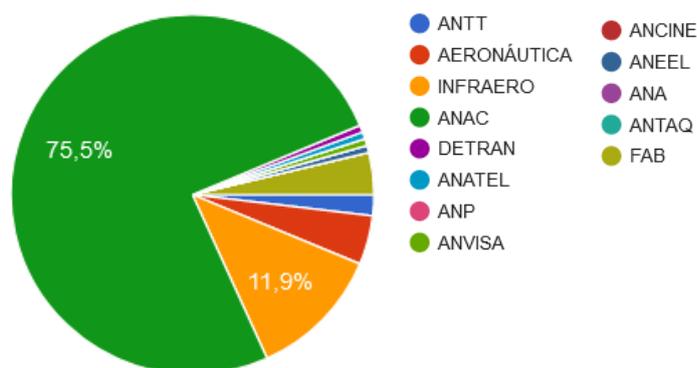
Fonte: Autor, 2021.

O gráfico das respostas da pergunta 6 (Qual agência reguladora de Aviação Civil no Brasil?) é apresentado na Figura 24. Segundo a Figura 24, temos que 75,5% dos respondentes afirmaram que a ANAC é a agência reguladora de aviação civil no Brasil, enquanto que 11,9% afirmaram que é a INFRAERO, 4,4% confirmaram que é a AERONÁUTICA, 1,9% a ANTT, 3,8% a FAB, 0,6% afirmaram que é a ANEL, 0,6% a ANATEL, e 0,6% afirmaram que é o DETRAN.

Por sua vez, os discentes que marcaram a opção da ANAC acertaram, pois a mesma foi criada em 27 de setembro de 2005 e é uma Agência Reguladora Federal que tem como responsabilidade supervisionar a atividade de aviação civil no Brasil tanto em relação aos aspectos econômicos quanto à segurança técnico do setor. A INFRAERO é uma Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária que tem como finalidade cuidar da infraestrutura dos aeroportos. A ANATEL é a Agência Nacional de Telecomunicações; a AERONÁUTICA é um setor militar de um país responsável pelos combates aéreos; ANTT é a Agência

Nacional de Transportes Terrestres; a ANEEL é a Agência Nacional de Energia Elétrica; o DETRAN é o Departamento Estadual de Trânsito; a ANCINE é a Agência Nacional do Cinema; a ANA é a Agência Nacional de Água e Saneamento Básico; a ANTAQ é a Agência Nacional de Transporte Aquaviários; a FAB é a Força Aérea Brasileira; a ANVISA é a Agência Nacional de Vigilância Sanitária; a ANP é a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis.

Figura 24 – Gráfico da pergunta 6. *Qual é agência reguladora de Aviação Civil no Brasil?*



Fonte: Autor, 2021.

A respeito da pergunta 7 (Você conhece alguma companhia aérea brasileira? Se sim, qual ou quais?) temos que 32,7% responderam que não conheciam uma companhia aérea brasileira e 25,2% responderam que conheciam e mencionaram algumas que não estão mais em funcionamento como a Varing, TransBrasil, Avianca, Vasp, Cruzeiro, etc. Todavia, as linhas aéreas brasileiras mencionadas que estão em plena atividade são a Azul, Latam Airlines Brasil e a Gol. Alguns comentaram sobre companhias aéreas que não são brasileiras como a British Airways, Emirates e Qatar Airways. Salienta-se que a Embraer não é uma companhia aérea, mas sim, uma empresa de fabricação de aviões.

Em relação a pergunta 8 sobre quem era considerado o “pai” da aviação temos que 91,2% dos discentes reconheceram Santos Dumont como o “pai” da aviação e apenas 2,5% consideram os irmãos Wright, o que era esperado, pois existe uma controvérsia sobre a primazia do voo.

Temos que o voo na aviação foi uma conquista em conjunto no decorrer da história, como por exemplo, no *Renascimento* podemos citar Leonardo da Vinci como o precursor da aviação que desvendou conceitos da Aerodinâmica sendo que em 1498 construiu e desenvolveu uma primeira tentativa de uma máquina voadora. Em 1505, escreveu e ilustrou o

Codex sobre o Voo dos Pássaros dando os primeiros passos na Engenharia Aeronáutica ao traçar projetos para um planador (aeronave em forma de pássaro e o esboço de um helicóptero). Houve também a participação do “*Padre Voador*”.

De acordo com Fernandes (2018, p. 8): O sacerdote jesuíta, cientista e inventor luso-brasileiro Bartolomeu Lourenço de Gusmão, conhecido como “o padre voador”, foi o responsável pelo primeiro voo bem-sucedido de um balão de ar quente que ganhou os ares em 8 de agosto de 1709.

Segundo Fernandes (2018, p. 8): Nascido em 1685 na Capitania de São Vicente, no Brasil colonial, Gusmão tornou-se uma celebridade ao inventar e construir o primeiro aeróstato operacional, que ficou conhecido como “passarola”.

Assim, houve também o surgimento dos balões tripulados, os dirigíveis, como o dirigível brasileiro de Augusto Severo, batizado como “Bartolomeu de Gusmão” e o zepelim do Alemão Ferdinand Graf Von Zeppelin.

Podemos citar também George Cayley (1773 - 1857), engenheiro e inventor inglês, que também foi uns dos grandes personagens importantes para a aviação (FERNANDES, 2018, p. 20). Segundo Fernandes (2018), sua capacidade de investigação científica o levou a estabelecer as fundações básicas da Engenharia Aeronáutica.

Há diversas cooperações ao longo da história da aviação, além das supracitadas, mas de fato o que levou Alberto Santos Dumont ser considerado o “pai da aviação”?

De acordo com Fernandes (2018), Santos Dumont projetou, construiu e pilotou o primeiro balão dirigível e também foi o primeiro a criar um com motor a explosão. Desenvolveu o inovador motor de cilindros opostos, utilizando novos materiais para viabilizar seu uso em aeróstatos (BARROS, 2006).

No entanto, o que o levou a receber esse título foi a sua participação com uma demonstração na França diante de uma comissão oficial. De acordo com Fernandes (2018, p. 38) em 14 de outubro de 1905 foi criada a FAI, com sede em Lausanne (Suíça).

Quando a Federação Internacional de Aviação (FAI), foi criada o cenário era muito diferente de hoje, Fernandes (2018).

De acordo com Fernandes (2018, p. 38) tratava-se de incentivar a própria criação do avião. Com desenvolvimento de balões, planadores e dirigíveis, a grande questão era descobrir se era viável o voo autônomo de um aparelho mais pesado que o ar. Mas antes disso, com tantos artefatos híbridos circulando experimentalmente pelos céus, era preciso estabelecer critérios aceitos internacionalmente para definir se uma aeronave merecia, de fato, ser considerada um avião.

De acordo com (CROUCH, 2017, apud FERNANDES, 2018, p. 39), os critérios eram:

- A demonstração deveria ser realizada diante de um organismo oficial habilitado para homologação.
- O voo deveria se realizar em tempo bom, sobre um terreno plano e devidamente autenticado.
- A decolagem deveria ser feita em um ponto predeterminado, empregando apenas os próprios meios, transportando um homem e carregando a bordo as próprias fontes de energia.
- O aparelho deveria voar em linha reta, executar pelo menos uma mudança de direção (viragem e círculo) e ser capaz de retornar ao ponto de partida.

Segundo Fernandes (2018, p.39): Em 1904, foram instituídos na França três prêmios para incentivar o desenvolvimento da tecnologia da aviação. O milionário francês *Ernest Archdecon* (1863-1950) ofereceu 3 mil francos para quem conseguisse atender as exigências da FAI, mas reduzindo a distância a ser percorrida em linha reta para 25 m. O Aeroclube da França premiaria com 1500 francos quem o fizesse por 100 m. Finalmente, *Archdeacon* e seu compatriota *Deutsch de la Meurthe* (1846-1919) criaram o Grande Prêmio da Aviação, que concederia 50 mil francos para quem conseguisse voar 1 km em circuito fechado, isto é, retornando ao ponto de partida. Este último prêmio, mais exigente e valioso, não permitia que a aeronave se valesse em algum momento do auxílio de um balão para sustentação.

Segundo Fernandes (2018, p. 41): no dia 12 de novembro de 1906, o brasileiro Alberto Santos Dumont levou a terceira versão de seu 14-bis ao campo de Bagatelle, no Bois de Boulogne (Paris)... Concorrendo ao prêmio do Aeroclube da França, desta vez precisaria percorrer 100 m de distância fora do chão. Seu novo modelo havia recebido o reforço de dois “ailerões” octogonais entre as asas para controlar a inclinação lateral (FERNANDES, 2018, p. 42).

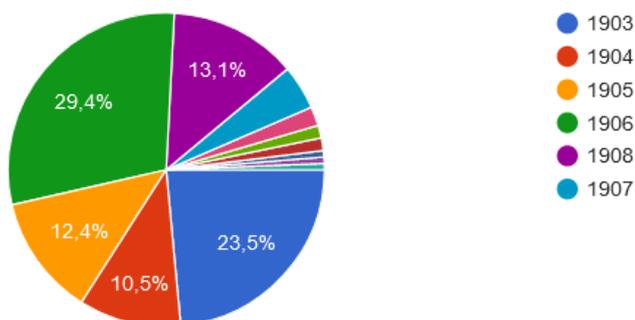
Depois de cinco tentativas durante o dia, já escurecia quando o 14-bis correu poucos metros e logo alçou voo (CROUCH, 2017, apud FERNANDES, 2018, p. 42). Diante do assombro de todos, desfilou por 220 m em 21 segundos no ar, a uma velocidade média de 41,3 quilômetros por hora. Aquele biplano conquistara definitivamente o direito de ser chamado avião voo (CROUCH, 2017, apud FERNANDES, 2018, p. 42).

Assim, Santos Dumont realizou o primeiro voo homologado com uma aeronave mais pesada que o ar (aeródino), sem contar com o auxílio de catapultas ou qualquer outro recurso e foi assim que o 14-bis ficou na história.

Santos Dumont foi o primeiro a fazer voos públicos com aparelho mais pesado que o ar, satisfazendo todas as exigências para homologação do seu feito (FERNANDES, 2018, p. 49). Entretanto, ninguém discute que os irmãos Wright foram os primeiros a controlar a dinâmica do voo, abrindo caminho para a aviação comercial e militar (CROUCH, 2017, apud FERNANDES, 2018, p. 49).

Conforme o gráfico da Figura 25 observamos que 29,4% acertaram a data do primeiro voo homologado sem o auxílio de qualquer outro recurso como catapulta ou rampa que ocorreu no dia 12 de novembro de 1906.

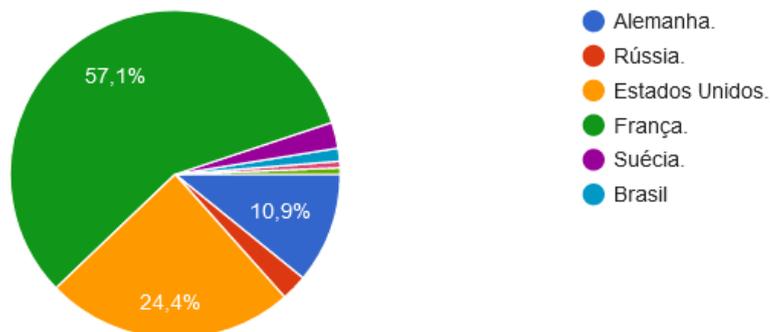
Figura 25 – Gráfico da pergunta 9. *Em que ano foi realizado o primeiro voo sem ajuda de qualquer outro recurso (catapulta ou rampa) em público?*



Fonte: Autor, 2021.

Conforme a Figura 26 que mostra o gráfico das respostas da pergunta 10 sobre o país em que foi realizado o primeiro voo público, temos que 57,1% dos respondentes acreditam que foi na França, enquanto que 24,4% responderam que foi nos Estados Unidos e 10,9% acreditam que foi na Alemanha. No entanto, o primeiro voo público ocorreu no campo de Bagatelle, no Bois de Boulogne (Paris), França.

Figura 26 – Gráfico da pergunta 10. *Em que país, você acha que foi realizado o primeiro voo público?*



Fonte: Autor, 2021.

A pergunta 11 era dissertativa e questionava sobre o que fazia um avião voar. Como essa pergunta não era obrigatória, temos que 137 dos 159 participantes responderam-na. Na Tabela 4, resumimos algumas respostas mais interessantes. Muitos discentes associam ao formato das asas, a aerodinâmica, as forças que atuam no avião, ao motor, as turbinas ou a potência dos motores.

Tabela 4 – Resumo das respostas da questão 11. *Na sua opinião, o que faz um avião voar? Escreva com as suas palavras.*

Aerodinâmica	É um conjunto de itens, força da hélice ou turbina a aerodinâmica do avião
Aeronaves devem decolar e pousar com vento de frente, para diminuir a distância de decolagem e aumentar o ângulo de subida. Uma vez que o vento que passa na parte de baixo é mais rápido do que o que passa em cima. Durante o pouso, os ventos frontais permitem uma aproximação com velocidade mais baixa em relação ao solo.	Creio que o que faz ele voar seja a aerodinâmica, a maneira como cada parte dele é posicionada e distribuída, o ar percorre o corpo do avião e gerando diferentes pressões permitindo assim que o avião voe.
O formato das asas e de outras partes, como turbinas e pás, que geram impulsos.	O formato das asas e de outras partes, que geram os impulsos. Também os caminhos que o ar percorre por todo o comprimento do avião geram diferenças de pressão.
O formato e o ângulo das asas, a parte de cima mais angulada faz com que seja mais longa e as partículas do ar “percorram” uma distância maior em contato já a parte inferior reta é mais curta e levemente angulada pra baixo faz com que se tenha mais atrito com as partículas gerando uma força de sustentação que depende da velocidade para sustentar o avião.	A diferença de pressão entre a parte superior e a parte inferior das asas, causando a sustentação da aeronave no ar. E claro, isso é possível graças à propulsão gerada pelos motores.
A diferença de pressão entre a parte superior e inferior das asas bem como da fuselagem, produzem a sustentação.	As turbinas criam a força que impulsiona o avião.
Penso que existe uma variedade de fatores que cooperam para o avião levantar voo. Os aviões de hoje dia tem motores, hélices. Seus acabamentos preveem a aerodinâmica. Há rodas embaixo do avião que servem como impulso para velocidade e na medida em que vai avançando suas asas abraçam o vento. Claro, deve haver um piloto e seu copiloto controlando o avião.	A diferença entre a velocidade em que o ar circula sobre e sob as asas, que por sua vez causa uma diferença de pressão e um empuxo que sustenta o avião. Para voar é necessário atender uma dada relação entre velocidade, área de asas e peso. O processo é similar ao dos barcos a vela quando velejando contra o vento.
O equilíbrio das forças. Com o aumento da velocidade, e a angulação de ataque correta na asa do avião, você gera uma área de baixa pressão e outra área de e alta pressão,	O uso das quatro forças. O formato da estrutura, a potência dos motores.

fazendo o avião estabilizar no ar.	
Para um avião voar inicialmente é preciso sustentar o peso deste, para isso o ar fica responsável por esta sustentação devido a possibilidade de alterar a densidade dos gases que este é formado. Outro ponto relevante é o arrasto ao qual de acordo com a 3ª lei de Newton para toda força existe uma outra na mesma direção, modulo e sentido contrário, assim essa auxiliará na tração do avião. Logo possibilitando este a ir pra frente e se manter no ar.	As turbinas e as hélices.

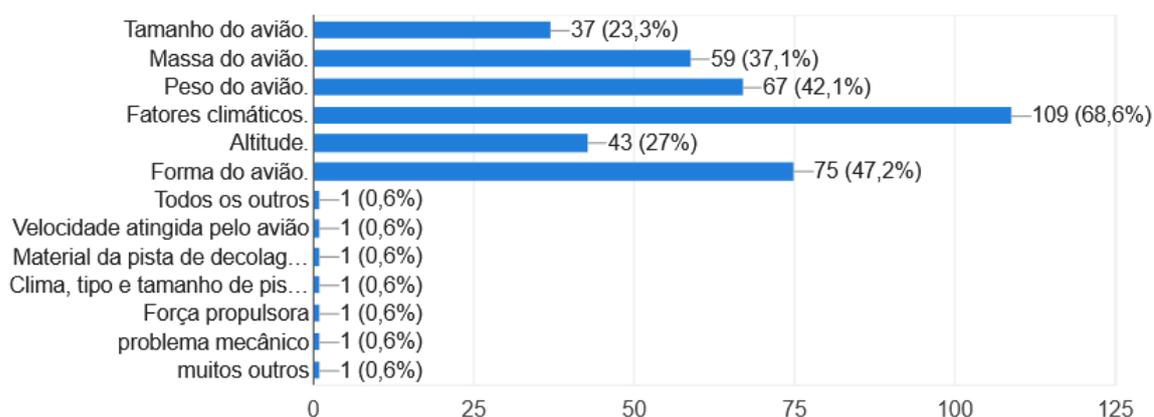
Fonte: Autor, 2021.

Mas, de fato o que possibilita um avião alçar voo?

Definitivamente as leis da Física estão diretamente ligadas a essa possibilidade do voo, assim, temos a quatro forças que atuam sobre um avião, as leis de Newton e o princípio de Bernoulli, como descritos na seção 2.3.

Em relação a pergunta 12 sobre as diversas opções que interferem na decolagem de um avião, temos que 68,8% acham que os fatores climáticos interferem na decolagem, 47,2% acham que a forma do avião interfere, 42,1% o peso do avião, 37,1% a massa do avião, 27 % a altitude e 23,3% acham que o tamanho do avião interfere (Figura 27).

Figura 27 – Gráfico da pergunta 12. Na sua opinião, quais desses fatores interferem na decolagem de um avião?



Fonte: Autor, 2021.

De fato, os fatores climáticos podem interferir uma decolagem, assim, como o vento. De acordo com Bianchini, (2018) o vento afetará de forma significativa a performance de

decolagem da aeronave. A escolha da cabeceira da pista será determinada principalmente pela direção e pela velocidade do vento (BIANCHINI, 2018, p. 79).

Segundo Bianchini (2018, p. 101) a densidade do ar é outro fator que tem grande influência na performance de decolagem. A diminuição da densidade do ar, que pode ser causada por diversos fatores, aumentará a distância da decolagem, uma vez que a densidade do ar afeta diretamente a potência do motor, o arrasto e a sustentação (BIANCHINI, 2018, p. 101). Os fatores que mais afetam a densidade do ar são: temperatura, pressão atmosférica, umidade e altitude (BIANCHINI, 2018, p. 101).

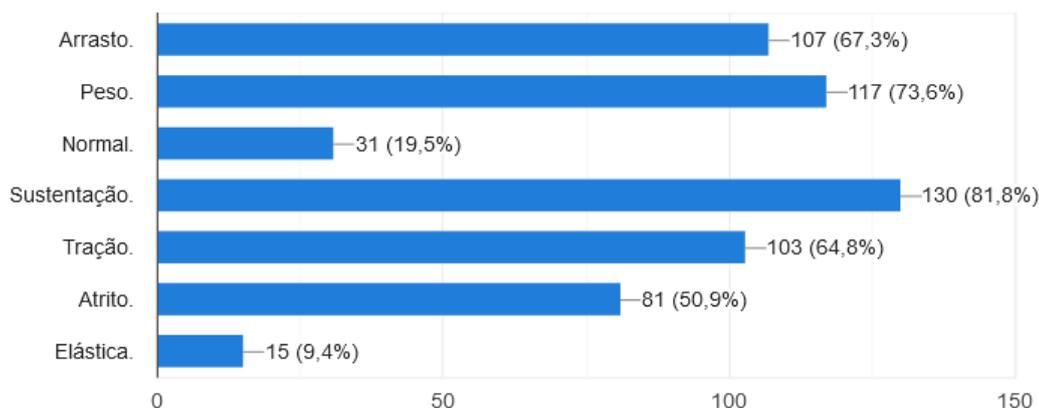
O peso também pode interferir na decolagem, pois quanto maior peso mais longa deve ser a pista para que o avião decole.

Como você sabe muito bem, o peso afeta diretamente a velocidade de stall da aeronave, e a velocidade de decolagem está atrelada a velocidade de stall. Portanto, quanto mais pesada a aeronave maior será a velocidade e a distância da decolagem (BIANCHINI, 2018, p. 100).

Ademais, os outros fatores também têm a sua influência na decolagem de uma avião.

Conforme o gráfico da Figura 28 sobre as respostas da pergunta 13 a respeito das quatro forças importantes que atuam em um avião, temos que 81,8% consideram que a sustentação é uma das quatro forças e 73,6% consideram o peso, 67,3% o arrasto e 64,8% a tração, além de 50,9% o atrito, 9,4% a força elástica e 19,5% a força normal.

Figura 28 – Gráfico da pergunta 13. *Quais as quatro forças importantes que atuam em um avião?*



Fonte: Autor, 2021.

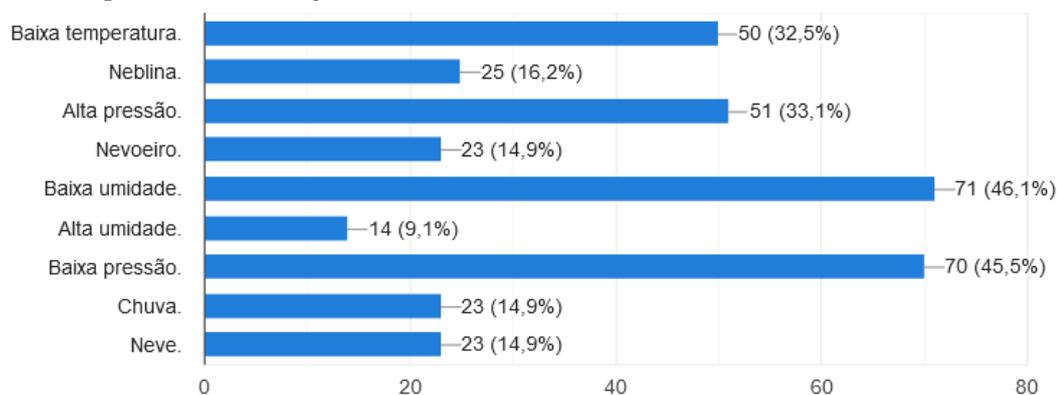
De acordo com Bianchini (2017) as quatro forças que atuam em um avião são: peso, sustentação, arrasto e tração.

A pergunta 14 estava relacionada com o conteúdo de Física no Ensino Médio, ou seja, quais das forças citadas, os discentes tinham estudado ou aprendido durante o Ensino Médio. Dentre as quatro forças atuantes em um avião, temos que 73,5% dos discentes estudaram a força peso no ensino médio, 61,3% estudaram a tração, 22,6% estudaram a sustentação e 20% estudaram o arrasto. As demais forças citadas não fazem parte das quatro forças que atuam em um avião durante o voo, no entanto, observamos que 61,2% estudaram o atrito, 31% a força elástica e 23,9% a força normal.

A pergunta 15 questionava os discentes se eles achavam que os fenômenos meteorológicos podiam causar riscos ao voo. Observamos que 86,2% responderam que sim, 10,7% responderam que talvez e 3,1% responderam que não. De fato, os fenômenos meteorológicos causam riscos ao voo sendo que os pilotos estudam a disciplina de Meteorologia. Durante o voo o piloto vai se atualizando sobre as condições meteorológicas e com base no seu conhecimento sobre o assunto, ele começa a visualizar a situação que poderá encontrar ao longo do seu voo (BIANCHINI, 2018, p. 13).

A Figura 29 apresenta o gráfico dos resultados da pergunta 16 (*Quais dos fatores climáticos abaixo você acha que favorecem os pousos e decolagens de um avião?*). Os fatores climáticos que mais favorecem os pousos e as decolagens são a baixa umidade do ar, baixa temperatura, baixa altitude e alta pressão ((BIANCHINI, 2018). Como exemplo, podemos citar a umidade do ar, segundo Bianchini (2018, p. 92) o ar úmido é menos denso e mais leve do que o ar seco, uma vez que o peso molecular das partículas de água é menor do que o peso das partículas que compõe o ar. Sendo assim, concluímos que um ar muito úmido, por tornar o ar menos denso, traz impacto negativo à performance da aeronave.

Figura 29 – Gráfico da pergunta 16. *Quais dos fatores climáticos abaixo você acha que favorecem os pousos e decolagens de um avião?*



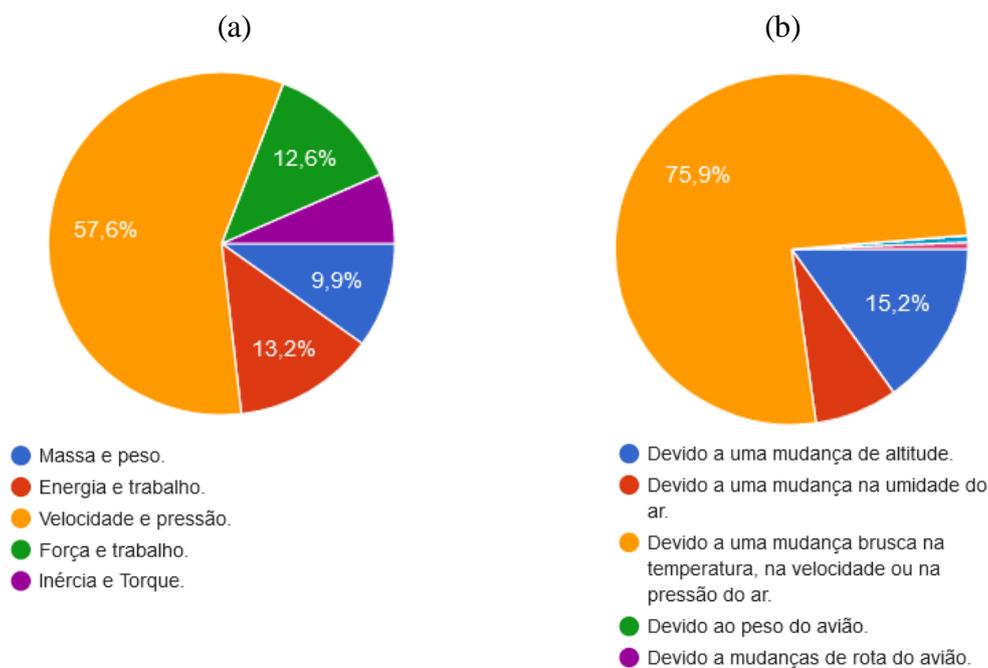
Fonte: Autor, 2021.

Observando a Figura 29, podemos verificar que 46,1% dos respondentes consideraram a baixa umidade, seguida da baixa pressão (45,5%), alta pressão (33,1%) e baixa temperatura (32,5%) como fatores que favoreceriam o pouso/decolagem. Alguns discentes responderam que a neblina (16,2%), seguida de nevoeiro, chuva e neve (os três com 14,9%) favoreceriam. Dessa forma, podemos ver que para esta pergunta, ainda existem muitas dúvidas a respeito da relação entre os fatores climáticos e a aviação.

A pergunta 17 era sobre se os discentes conheciam algum modelo de avião e observamos que 54,2% dos discentes não conheciam nenhum modelo de avião e 17,6% responderam que conheciam e citaram alguns exemplos tais como, Boeing, o 14-bis, Airbus 320, Boeing 747, Cesna 172, entre outros.

A Figura 30 (a) apresenta o gráfico das respostas da pergunta 18 sobre o princípio de Bernoulli, onde 57,6% dos respondentes consideram que o princípio de Bernoulli está relacionado com a velocidade e pressão, 13,2% acham que é com a energia e o trabalho, 12,6% acham que é a força e o trabalho e 9,9% acham que é a massa e peso.

Figura 30 – (a) Gráfico da pergunta 18. Além das Leis de Newton, observa-se também outras leis/princípios que explicam o fenômeno do voo, como exemplo o princípio de Bernoulli que está relacionado com: (b) Gráfico da pergunta 19. Por quê ocorrem as turbulências?



Fonte: Autor, 2021.

Meio século depois de Isaac Newton, o matemático suíço Daniel Bernoulli (1700-1782), explicou como a pressão de um fluido varia com a velocidade de movimento

(BIANCHINI, 2017, p. 20). Assim, podemos concluir que o princípio de Bernoulli está diretamente relacionado à velocidade e pressão.

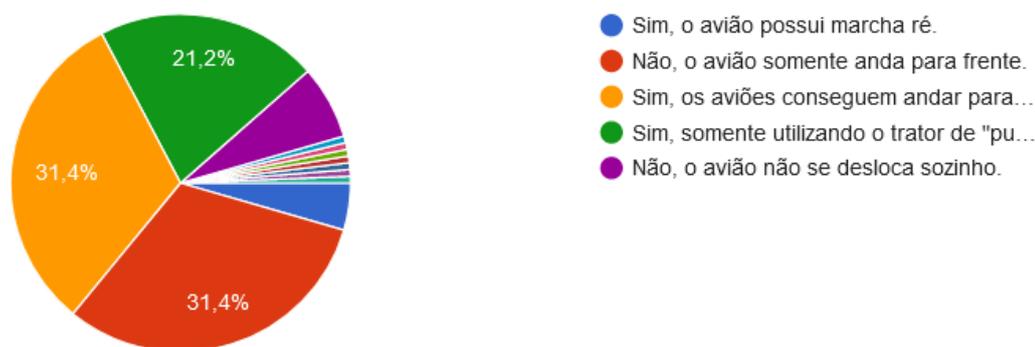
Na Figura 30 (b), podemos observar que 75,9% dos discentes consideram que as turbulências ocorrem devido a uma mudança brusca na temperatura, na velocidade ou na pressão do ar e 15,2% devido a uma mudança de altitude. Vemos que a grande maioria acertou a resposta da pergunta 19 sobre a origem das turbulências.

A Figura 31 mostra o gráfico das respostas da pergunta 20 sobre os aviões poderem andar ou não de ré. A resposta correta é que “Sim, os aviões conseguem andar para trás por conta própria com o uso dos reversos dos motores” (CASAGRANDE, 2017). Segundo a Figura 31, 31,4% dos discentes acertaram a resposta enquanto que 31,4% dos discentes acham que não, que o avião anda somente para a frente e 21,2% acham que somente utilizando o trator de *push back* disponível.

A alternativa de utilizar o rebocador – *push back* - é que dessa forma se evitam acidentes e também o gasto de combustível desnecessário se usassem o reverso dos motores.

O uso dessa técnica, conhecida como power back, para dar ré nos aviões só deve ser utilizada em último caso, quando não há nenhum trator de push back disponível e a aeronave precisa se movimentar. O principal problema está relacionado ao alto consumo de combustível exigido para a manobra, já que o motor precisa estar com potência elevada. A força dos motores ainda polui e faz muito barulho, o que pode causar um incômodo ainda maior caso o avião esteja perto do terminal de passageiros (CASAGRANDE, 2017).

Figura 31 - Gráfico da pergunta 20. Os aviões podem andar de ré?

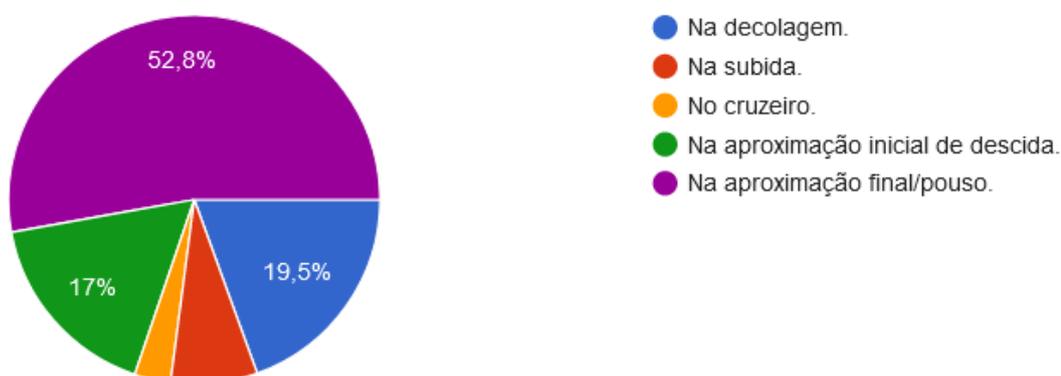


Fonte: Autor, 2021.

A pergunta 21 versava sobre a fase do voo que apresenta mais riscos à segurança dos passageiros e da aeronave. Os resultados (Figura 32) mostram que 52,8% dos discentes acham que é na aproximação final/pouso, 19,5% dos discentes acham que é na decolagem e 17% na aproximação inicial de descida.

O voo têm início quando se fecham as portas do avião, começa o táxi, seguido pela decolagem, subida, voo em cruzeiro, descida, pouso e táxi. Cada uma dessas etapas exige habilidade diferentes (APVAR, 1992, p. 11). Assim, a decolagem é mais crítica que o pouso em termos de segurança, pois dentre outras coisas, o avião está mais pesado (APVAR, 1992, p. 11). Entretanto, o pouso é também uma etapa crítica. Se o piloto não sentir condições de pousar por estar alto e veloz, ele tem que dar potência e “arremeter”, avisando a torre de controle (APVAR, 1992, p. 11). Porém, essa última etapa é a que apresenta mais riscos à segurança de todos no avião.

Figura 32 - Gráfico da pergunta 21. *Qual fase do voo apresenta mais riscos à segurança dos passageiros e da aeronave?*



Fonte: Autor, 2021.

Como podemos analisar pelas respostas do formulário, a maioria dos discentes possui curiosidade em relação a aviação, mas 54% dos respondentes nunca viajaram de avião. Para os discentes que viajaram de avião ficaram fascinados pela visão das nuvens e da terra que o avião proporcionava durante o voo. Além disso, a maioria dos discentes acertaram que a ANAC é a agência reguladora de aviação civil no Brasil e citaram várias companhias aéreas brasileiras (operantes e não operantes) e internacionais.

Os discentes conhecem que o “pai” da aviação é o Santos Dumont e que o primeiro voo sem ajuda de qualquer outro recurso (catapulta ou rampa) em público foi realizado no ano de 1906 e na França. Os respondentes associam ao formato das asas, a aerodinâmica, as forças que atuam no avião, ao motor, as turbinas ou a potência dos motores que são responsáveis pelo voo do avião. As forças que atuam no avião ainda geram dúvidas aos respondentes, e a maioria aprendeu sobre a força peso durante o Ensino Médio.

O princípio de Bernoulli e o que causa as turbulências nos aviões são conhecidos pela maioria dos discentes. A pergunta sobre se os aviões possuem marcha ré gerou muitas dúvidas

nos discentes e a fase do voo que apresenta mais riscos à segurança dos passageiros e da aeronave é conhecida por muitos.

4.2 Cartilhas informativas

De acordo com as respostas dos discentes da UNIPAMPA no formulário, construímos o primeiro material de divulgação informativo sobre “Curiosidades da Aviação” que será usado para a construção do conhecimento e a alfabetização científica. As cartilhas foram construídas em uma linguagem clara e acessível, mas, de forma a descrever os conhecimentos científicos e necessários para o entendimento da Física envolvida no processo da Aviação. Dessa forma, utilizamos treze (13) cartilhas que estão agrupadas na Figura 33.

Figura 33 – Cartilhas informativas.



(e)

**CURIOSIDADES
SOBRE A AVIAÇÃO**



**VOCÊ SABIA QUE A
CONDIÇÃO IDEAL PARA
DECOLAGEM E POUSO
SÃO:**

- **BAIXA TEMPERATURA**
- **ALTA PRESSÃO
ATMOSFÉRICA**
- **AR SECO**
- **BAIXA ALTITUDE**

(f)

**Curiosidades
sobre a Aviação**



**VOCÊ SABIA QUE A ESTRUTURA
BÁSICA DE UM AVIÃO É
CONSTITUÍDO POR:**

- **FUSELAGEM**
- **ASAS**
- **EMPENAGEM**
- **SUPERFÍCIES DE COMANDOS**
- **DISPOSITIVOS HIPERSUSTENTADORES**

(g)

**Curiosidades
sobre a Aviação**



**Você sabia que além dos
grandes Personagens no
Futebol, o Brasil também
tem na Aviação?**

Pois é, o brasileiro Alberto Santos Dumont - Santos Dumont, entrou para a história após realizar o primeiro voo homologado sem a ajuda de catapultas ou qualquer outro recurso, com uma aeronave mais pesada que o ar (aeródino) com a terceira versão do seu biplano 14-bis

**Sendo reconhecido, assim como
o Pai da Aviação**

(h)

**Curiosidades
sobre a Aviação**



Você sabia que a decolagem é mais crítica que o pouso em termos de segurança, pois dentre outras coisas, o avião está mais pesado

Entretanto, o pouso é também uma etapa crítica.

(i)

**Curiosidades
sobre a Aviação**



Você sabia que apesar do avião não ter marcha à ré, ele consegue andar para trás usando os reversos dos motores, no entanto é utilizado o Push Back para evitar acidentes e alto consumo de combustível

(j)

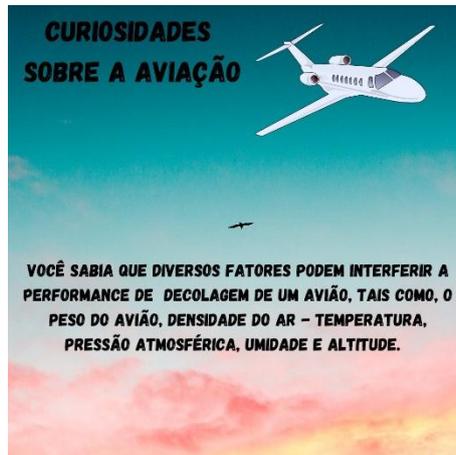
**CURIOSIDADES
SOBRE A AVIAÇÃO**



Você sabia que fenômenos meteorológicos podem causar riscos ao voo, tais como, nevoeiro e névoas, chuvas, entre outros causando a redução de visibilidade.

A tão temida Turbulência causada pela inquietação ou distúrbio do ar...

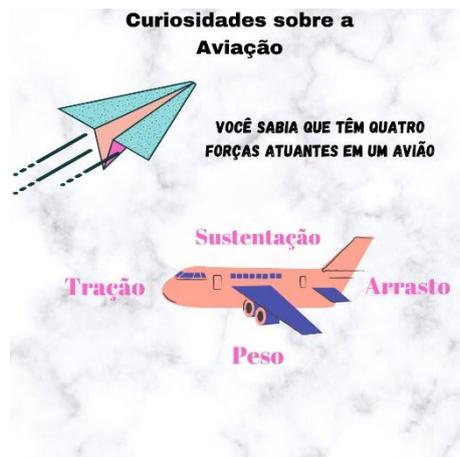
(k)



(l)



(m)



Fonte: Autor, 2021.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente Trabalho de Conclusão de Curso apresentamos uma revisão teórica sobre o contexto histórico da Aviação, da Aerodinâmica e as principais leis e teorias Físicas que envolvem o voo de um avião. Entender a linguagem da Aviação e os princípios básicos da Física é fazer Alfabetização Científica proporcionando aos indivíduos, sejam eles discentes de uma universidade, de uma escola ou da comunidade externa, a total compreensão de um determinado assunto abordado, que neste caso, são os princípios da Física na Aviação.

No que tange a Aviação podemos observar que diversos precursores dela transformaram o mundo com o seu conhecimento, tais como, Alberto Santos Dumont, o brasileiro reconhecido como o “pai” da Aviação, o “padre voador”, Bartolomeu Lourenço de Gusmão responsável pelo primeiro voo bem-sucedido de um balão de ar quente – “Passarola”, George Cayley, o engenheiro e inventor inglês fundador da Aerodinâmica segundo (BASTOS, 2017, apud FERNANDES, 2018, p. 21).

No formulário aplicado aos discentes, temos que a maioria possui curiosidade em relação a aviação, mas 54% dos respondentes nunca viajaram de avião. Além disso, a maioria dos discentes acertaram que a ANAC é a agência reguladora de aviação civil no Brasil e citaram várias companhias aéreas brasileiras (operantes e não operantes) e internacionais.

Os discentes conhecem que o “pai” da aviação é o Santos Dumont e que o primeiro voo sem ajuda de qualquer outro recurso (catapulta ou rampa) em público foi realizado no ano de 1906 e na França. Os respondentes associam ao formato das asas, a aerodinâmica, as forças que atuam no avião, ao motor, as turbinas ou a potência dos motores que são responsáveis pelo voo do avião. As forças que atuam no avião ainda geram dúvidas aos respondentes, e a maioria aprendeu sobre a força peso durante o Ensino Médio.

O princípio de Bernoulli e o que causa as turbulências nos aviões são conhecidos pela maioria dos discentes. A pergunta sobre se os aviões possuem marcha ré gerou muitas dúvidas e a fase do voo que apresenta mais riscos à segurança dos passageiros e da aeronave é conhecida por muitos.

Dessa forma, podemos compreender a façanha de voar com o auxílio da Física, inerente as Leis de Newton, o Princípio de Bernoulli, a Aerodinâmica, em consonância com as quatro forças que atuam em um avião possibilitando o seu voo, tais como, sustentação, tração, arrasto e peso e como a estrutura do avião reage com essas forças, como as asas, fuselagem, empenagem, superfícies de comando e dispositivos hipersustentadores.

Assim, temos que o avião não só foi desenvolvido por meio da Física, mas também atua por meio da Física, e por meio da Alfabetização Científica é possível compreender a sua performance.

Para Chassot (2003, p. 93): “há uma contínua necessidade de fazermos com que a ciência possa ser não apenas medianamente entendida por todos, mas, principalmente, facilitadora do estar fazendo parte do mundo”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, H, L, C. Aerodinâmica. AERO TD: Escola de Aviação Civil. Florianópolis – SC, 2015. Disponível em: <https://aerotd.com.br/decoleseufuturo/wp-content/uploads/2015/05/AERODIN%C3%82MICA-.pdf> Acesso em: 31 de agosto de 2021.

Engenharia Aeroespacial: a carreira do futuro. **Gov.br**. Agência Espacial Brasileira, 2020. Disponível em: < <https://www.gov.br/aeb/pt-br/assuntos/noticias/engenharia-aeroespacial-a-carreira-do-futuro>>. Acesso em: 30 de setembro de 2021.

BARROS, H, L. Santos-Dumont e a invenção do avião. Rio de Janeiro: CBPF, 2006.

BIANCHINI, D. Teoria de Voo: aviões. 6. ed. São Paulo: Editora Bianch, 2017.

BIANCHINI, D. Teoria de Voo: conhecimentos técnicos: aviões. 2ª. ed. São Paulo: Editora Bianch, 2015.

BIANCHINI, D. Conhecimentos Técnicos: aviões. 3. ed. São Paulo: Editora Bianch, 2017.

BIANCHINI, D. Meteorologia para Pilotos. 2. ed. São Paulo: Editora Bianch, 2018.

BIANCHINI, D. Navegação Visual Piloto Privado. 7. ed. São Paulo: Editora Bianch, 2018.

CASAGRANDE, V. Aviões conseguem andar de ré ou precisam ser empurrados?. Todos a bordo, 2017. Disponível em: <<https://todosabordo.blogosfera.uol.com.br/2017/07/22/avioes-conseguem-andar-de-re-ou-precisam-ser-empurrados/>> . Acesso em: 25 de agosto de 2021.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social**. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbedu/a/gZX6NW4YCy6fCWFQdWJ3KJh/?lang=pt>>. Acesso em: 10 de julho de 2021.

CONTE. E.; MARTINI. R. M. F. As tecnologias na educação: uma questão somente técnica?. Educação & Realidade, Porto Alegre, v. 40, n. 4, p. 1191-1207, out./dez. 2015. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/edreal/a/6dtyr69fvxK7bBmCm5H35FQ/?lang=pt>>. Acesso em: 19 de julho de 2021.

CONTI, A. A importância da alfabetização científica na educação básica. Geekie, 2010. Disponível em: <<https://www.geekie.com.br/blog/alfabetizacao-cientifica>> Acesso em: 22 de julho de 2021.

FERNANDES, E. História da aviação. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018.

FUNDACENTRO; APVAR. Voando com os pilotos: condições de trabalho dos pilotos de uma empresa de aviação comercial. São Paulo: APVAR, 1992.

GASPAR, A. Compreendendo a Física. ed. 2, v. 1, São Paulo, 2013.

GURIDI, V.; CAZETTA, V. Alfabetização científica e cartográfica no ensino de ciências e geografia: polissemia do termo, processos de enculturação e suas implicações para o ensino.

Revista de Estudos Culturais, v. 1, n. 1, 2014. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revistaec/article/view/98376>>. Acesso em: 15 jul. 2021.

ISAACSON, W. Leonardo da Vinci. 1. ed. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2017. Disponível em <https://www.intrinseca.com.br/upload/livros/LeonardoDaVinci_ISSUU.pdf>. Acesso em: 14 de julho de 2021.

MACHADO, R. Asas a imaginação: conheça o trabalho de Leonardo da Vinci na aviação. Correio Braziliense, 2014. Disponível em <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/tecnologia/2014/12/26/interna_tecnologia_463553/asas-a-imaginacao-conheca-o-trabalho-de-leonarda-da-vinci-na-aviacao.shtml> Acesso em: 14 de julho de 2021.

OLDONI, J. F. W. B.; LIMA, B. G. T. A compreensão dos professores sobre a Alfabetização Científica: perspectivas e realidade para o Ensino de Ciências. ACTIO: Docência em ciência. Curitiba, v. 2, n. 1, p. 41-59, jan./jul. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/download/6724/4328>> Acesso em: 26 de agosto de 2021.

RICON, L. E. Ícaro. MultiRio: a mídia educativa da cidade, 2016. Disponível em: <<http://www.multirio.rj.gov.br/index.php/interaja/multiclube/9a11/diz-a-lenda/10304-%C3%ADcaro>>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica como objeto do ensino de ciências 5. Fundamentos Teóricos- Metodológico para o Ensino de Ciências: a sala de aula. Licenciatura em Ciência. USP/Univesp. Modulo 7. Disponível em: <https://midia.atp.usp.br/plc/plc0704/impressos/plc0704_05.pdf> Acesso em: 25 de agosto de 2021.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. Revista Ensaio. Belo Horizonte. v. 17. n. especial. p. 49-67, nov. 2015. Disponível em: < <https://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00049.pdf>> Acesso em: 25 de agosto de 2021.

STUDART, N.; DAHMEN, S, R. A física do voo na sala de aula. Física na escola, v. 7, n. 2, 2006. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol7/Num2/v13a07>> Acesso em: 02 de setembro de 2021.

Wykrota, R. Apostila de física básica para EJA. Centro Estadual de Educação Profissional de Curitiba. Curitiba – Paraná, 2012. Disponível em: <<http://www.ceepcuritiba.com.br/arquivos/Professores/Ronald%20Wykrota/Fisica/APOSTILA%20FISICA%20parte%201%20CEEP.pdf>>. Acesso em: 24 de agosto de 2021.