

Ensino da Hidrodinâmica através de atividades práticas e da análise de acidentes aéreos no 10º ano do Ensino Profissional

Adriano Luiz Fagundes

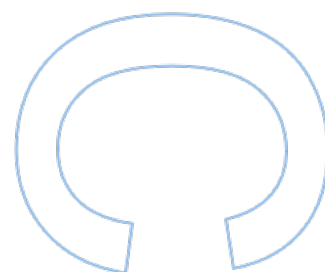
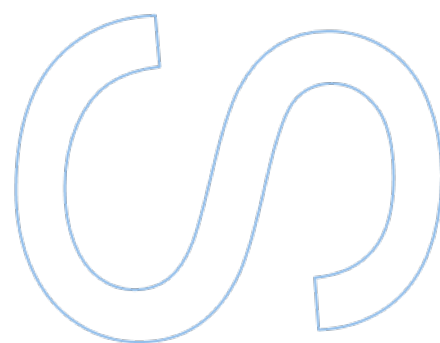
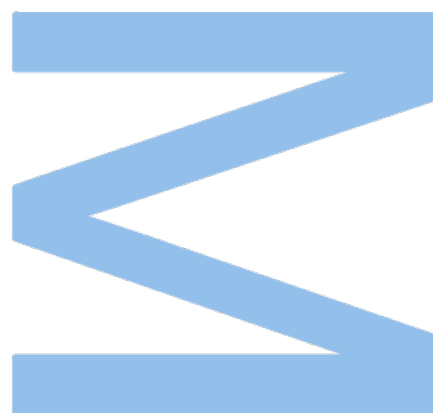
Mestrado em Ensino de Física e Química no 3º Ciclo do

Ensino Básico e no Ensino Secundário

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Unidade de Ensino das Ciências

2026



Ensino da Hidrodinâmica através de atividades práticas e da análise de acidentes aéreos no 10º ano do Ensino Profissional

Adriano Luiz Fagundes

Relatório de Estágio realizado no âmbito do Mestrado em Ensino
de Física e Química no 3º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino
Secundário

Unidade de Ensino das Ciências
2026

Orientadora

Isabel Saúde, Professora Auxiliar Convidada, Faculdade de Ciências da
Universidade do Porto

Coorientador

Marcelo Dumas Hahn, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade de Coimbra

Supervisora externa na Entidade de Acolhimento

Carina Moreira, Professora, Escola Secundária de Penafiel

Agradecimentos

Gostaria de expressar o meu sincero agradecimento a toda a comunidade da Escola Secundária de Penafiel pela oportunidade concedida, pelo acolhimento e pela forma como fui integrado na equipa durante o ano letivo de estágio.

Quero manifestar um agradecimento muito especial à Professora Carina Moreira, cuja disponibilidade, acompanhamento próximo e dedicação constante foram determinantes ao longo de todo o período de estágio. A sua orientação, apoio e partilha de conhecimentos contribuíram de forma significativa para o meu crescimento profissional e pessoal, sendo um elemento fundamental em todo este percurso.

Expresso igualmente o meu agradecimento aos orientadores, Professora Isabel Saúde e Professor Marcelo Hahn, pelo acompanhamento, aconselhamento e apoio prestados durante a realização deste trabalho, bem como pelas sugestões, disponibilidade e incentivo constantes ao longo deste percurso.

Agradeço também aos meus colegas de curso e de estágio pela amizade, partilha de experiências, espírito de entreajuda e apoio demonstrados ao longo destes dois anos, tornando este percurso académico e profissional mais enriquecedor e gratificante.

Resumo

O presente Relatório de Estágio apresenta uma avaliação de uma sequência didática sobre Hidrodinâmica aplicada a uma turma de 17 alunos do 10.º ano do Ensino Secundário Profissional da Escola Secundária de Penafiel com uma duração de 13,5 horas (9 tempos letivos de 90 minutos). A intervenção fundamentou-se na utilização de atividades práticas de baixo custo e na contextualização dos conteúdos através da análise de acidentes aéreos. A proposta incluiu atividades como a construção e lançamento de aviões de papel, a construção de um modelo simplificado de tubo de Pitot e a análise dos acidentes dos voos Air Transat 236, US Airways 1549 e Air France 447. O ensaio de investigação adotou uma metodologia de natureza mista, recorrendo à análise dos instrumentos de avaliação da disciplina, um questionário de perceção aplicado aos alunos e ao registo de notas de campo. Os resultados evidenciam que a contextualização através de casos reais e a realização de atividades práticas favoreceram o interesse, o envolvimento e a motivação dos estudantes, sendo reconhecidas pelos próprios como estratégias facilitadoras da aprendizagem. Contudo, verificaram-se dificuldades persistentes na compreensão de conceitos mais abstratos, nomeadamente do princípio de Bernoulli e de algumas das suas aplicações, indicando a necessidade de aperfeiçoar a sequência didática proposta. Conclui-se que a abordagem desenvolvida constitui uma alternativa pedagogicamente relevante para o ensino da Hidrodinâmica nos cursos profissionais, contribuindo para aproximar os conteúdos científicos de contextos tecnológicos autênticos e promovendo uma prática docente reflexiva.

Palavras-chave: Ensino da hidrodinâmica, contextualização, acidentes aéreos, atividades práticas, cursos profissionais.

Abstract

This internship report presents an evaluation of a teaching sequence on hydrodynamics, implemented with a class of 17 students in the 10th year of a vocational secondary program at Penafiel Secondary School. The sequence spanned 13.5 hours (nine 90-minute class periods). The intervention relied on low-cost practical activities and contextualized the subject matter through the analysis of aviation accidents. The proposal included activities such as building and launching paper airplanes, constructing a simplified Pitot tube model, and analyzing the accidents involving Air Transat Flight 236, US Airways Flight 1549, and Air France Flight 447. The study employed a mixed-methods approach, utilizing an analysis of course assessment tools, a student perception questionnaire, and field notes. The results indicate that contextualization via real-world cases and the use of practical activities fostered student interest, engagement, and motivation, with students themselves recognizing these strategies as helpful for learning. However, persistent difficulties remained regarding the understanding of more abstract concepts—specifically Bernoulli's principle and some of its applications—suggesting a need to refine the proposed teaching sequence. It is concluded that the developed approach represents a pedagogically relevant alternative for teaching hydrodynamics in vocational courses, helping to bridge the gap between scientific content and authentic technological contexts while promoting reflective teaching practice.

Keywords: teaching of hydrodynamics, contextualization, plane crashes, practical activities, professional course.

Índice

Lista de Figuras	vi
Lista de Abreviaturas	vii
Introdução	1
2. Dossier de Estágio	3
3. Enquadramento teórico	4
3.1. O ensino da Física nos cursos secundários profissionais	4
3.2 Ensino Contextualizado de Hidrodinâmica: Perspetiva CTS e Atividades práticas	5
3.3 O Professor Reflexivo e a Investigação da Prática	6
3.4 Noções de Hidrodinâmica e o tubo de Pitot	7
3.4.1. Caudal e a equação da continuidade	7
3.4.2. Princípio de Bernoulli	7
3.4.3. Tubo de Pitot: uma aplicação do Princípio de Bernoulli	10
3.4.4. Força de Sustentação de Voo	11
3.4.5. Razão de Planeio	11
4. Enquadramento didático-curricular	12
5. A Hidrodinâmica e os acidentes aéreos	13
5.1 Contextualização a partir da análise de acidentes aéreos	13
5.1.1. Acidente do voo 447 da Air France	13
5.1.2. Acidente do voo 236 da Air Transat	14
5.1.3. Acidente do voo 1549 da US Airways	14
5.2 Uma proposta de abordagem da Hidrodinâmica	15
5.3 Ensaio de investigação	18
5.3.1. Objetivos Específicos	19
5.3.2. Instrumentos de recolha de dados para a investigação	19
5.4 Resultados	20

Conclusão.....	29
Referências Bibliográficas	31
Anexo 1 – Questionário de aula	34
Anexo 2 – Guião de atividade prática.....	35
Anexo 3 – Rubrica de avaliação para apresentações	36
Anexo 4 – Teste do módulo F2	37
Anexo 5 – Questionário de perceção on-line	42
Anexo 6 – Extrato das Notas de Campo	48

Lista de Figuras

Figura 1 – escoamento estacionário de um fluido ideal (Halliday, Resnick, & Walker, 2014)	8
Figura 2 – Funcionamento de um tubo de Pitot (Nussenzveig, 2002).	10
Figura 3 – Força de sustentação de voo (adaptado de Nussenzveig (2002)).....	11
Figura 4 – Atividade prática: campeonato de lançamento de aviões de papel.	16
Figura 5 – Atividade prática: construção de um modelo de tubo de Pitot.	17
Figura 6 – Questionário de perceção dos alunos – interesse e motivação.	24
Figura 7 – Questionário de perceção dos alunos – compreensão dos conteúdos.....	25
Figura 8 – Questionário de perceção dos alunos – contextualização da abordagem..	26
Figura 9 – Questionário de perceção dos alunos – atividades práticas realizadas.....	27

Lista de Abreviaturas

FCUP	FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO
UP	UNIVERSIDADE DO PORTO
ANQEP	AGÊNCIA NACIONAL PARA A QUALIFICAÇÃO E O ENSINO PROFISSIONAL
BEA	BUREAU D'ENQUÊTES ET D'ANALYSES POUR LA SÉCURITÉ DE L'AVIATION CIVILE
GPIAA	GABINETE DE PREVENÇÃO E INVESTIGAÇÃO DE ACIDENTES COM AERONAVES
NTSB	NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD

Introdução

O estágio profissional realizado no âmbito do Mestrado em Ensino de Física e Química no 3.º Ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário decorreu na Escola Secundária de Penafiel. A iniciação à prática pedagógica ao longo do ano letivo decorreu em uma turma do 9.º ano do Ensino Básico, uma turma do 10.º ano do Ensino Secundário Regular e uma turma do 10.º ano do Ensino Secundário Profissional.

A possibilidade de atuação em três modalidades de ensino diferentes foi benéfica, pois possibilitou experienciar diferentes contextos de sala de aula. Nas turmas do 9.º do Ensino Básico e do 10.º ano do Ensino Profissional, por exemplo, muitos alunos não demonstram inicialmente um interesse pela Física e Química, tendo a dimensão motivacional dos alunos um peso relevante na atuação docente.

O presente relatório de estágio é dedicado ao trabalho que foi desenvolvido na turma do 10.º ano do Ensino Secundário Profissional.

Em Portugal, os cursos profissionais oferecem uma formação de nível secundário que combina o desenvolvimento de competências científicas com uma vertente prática. Este percurso garante uma dupla certificação, facilitando uma entrada qualificada no mundo laboral, sem bloquear o acesso ao ensino superior ou a estudos pós-secundários. O Ensino Secundário Profissional é organizado por módulos, sendo a disciplina de Física e Química, assim como as demais, dividida em partes menores que são organizadas conforme as especificidades de cada curso.

No curso profissional onde este estágio foi desenvolvido são abordados no 10.º ano de escolaridade apenas módulos de Física, sendo a Hidrodinâmica um dos domínios presentes no currículo do curso. É importante ressaltar que no âmbito do Ensino Secundário este domínio só é explorado nos cursos profissionais, não constando nem mesmo nos currículos do Ensino Secundário Regular.

Neste contexto, considerando-se os objetivos de formação de um curso secundário profissional e o perfil dos alunos, construiu-se uma sequência didática para o ensino da Hidrodinâmica baseada em atividades práticas de baixo custo e na análise de situações reais de acidentes da aviação comercial. Nomeadamente, o maior voo planado da história da aviação comercial, o voo Air Transat 236; a amargem de emergência do voo Airways Flight 1549; o acidente do voo Air France 447.

O estudo configurou-se como um ensaio de investigação, focado na avaliação da implementação desta proposta pedagógica em sala de aula. Para o efeito, recorreu-se

à análise dos instrumentos de avaliação da disciplina, à aplicação de um questionário online de perceção aos alunos e ao registo de notas de campo. Tal avaliação também consistiu numa reflexão sobre a própria prática pedagógica desenvolvida ao longo do estágio.

Para dar corpo a esta reflexão e documentar o percurso realizado, o presente relatório encontra-se estruturado em cinco capítulos. No Capítulo 2, apresenta-se o Dossier de Estágio. No Capítulo 3, apresentam-se os referenciais teóricos adotados. No Capítulo 4, faz-se um enquadramento didático-curricular do tema proposto. Por fim, no Capítulo 5, apresentam-se a sequência didática construída e o ensaio de investigação realizado no âmbito do estágio pedagógico.

2. Dossier de Estágio

O Dossier de Estágio contém uma descrição das atividades que foram desenvolvidas e dos materiais que foram produzidos ao longo do ano letivo na escola. Nele estão contidas as aulas planificadas, os instrumentos de avaliação elaborados, as demais atividades escolares, entre outros recursos elaborados durante o ano letivo.

A Prática de Ensino Supervisionada foi desenvolvida na Escola Secundária de Penafiel (ESP), estabelecimento público de ensino localizado no concelho de Penafiel, distrito do Porto. A escola assume um papel de referência na região, distinguindo-se pela qualidade do serviço educativo prestado, pelos resultados académicos alcançados e pela forte ligação à comunidade envolvente.

Durante o estágio pedagógico, foi possível constatar um ambiente escolar pautado pela colaboração entre docentes, alunos e restantes elementos da comunidade educativa. Este dinamismo reflete-se na promoção regular de atividades de enriquecimento curricular, projetos interdisciplinares e iniciativas de divulgação científica, destacando-se, no âmbito das ciências experimentais, a realização dos «Dias das Ciências», evento que envolve a participação ativa toda a comunidade escolar em palestras, exposições e atividades laboratoriais.

A integração na Escola Secundária de Penafiel revelou-se particularmente enriquecedora para o aprofundamento e consolidação das competências profissionais inerentes à prática docente. O contacto com diferentes contextos educativos, a participação em atividades letivas e não letivas e a colaboração com os diversos intervenientes do processo educativo permitiram refletir criticamente sobre a prática pedagógica, reforçar estratégias de ensino e desenvolver uma compreensão mais abrangente das dinâmicas organizacionais e educativas da escola em Portugal.

O Dossier de Estágio pode ser consultado em:
https://sigarra.up.pt/fcup/pt/conteudos_service.conteudos_cont?pct_id=726653&pv_co_d=14aaPm5lbaEM

3. Enquadramento teórico

Neste capítulo apresentam-se os norteadores teóricos da investigação realizada. A investigação assenta na utilização de atividades práticas e na análise de casos reais de acidentes da aviação comercial como estratégias para o ensino da Hidrodinâmica. Esta proposta fundamenta-se em perspetivas teóricas que defendem a contextualização das aprendizagens e a participação ativa dos alunos na construção do conhecimento científico. Simultaneamente, reconhece-se a importância do trabalho prático como meio de promover a motivação, a compreensão conceptual e o desenvolvimento de competências de análise e interpretação de fenómenos físicos.

Este enquadramento teórico encontra-se organizado em quatro secções. Inicialmente, discutem-se alguns desafios associados ao ensino da Física nos cursos profissionais de nível secundário. Seguidamente, apresenta-se uma discussão sobre a importância da contextualização para o ensino das Ciências, destacando o potencial educativo da realização de atividades práticas. Posteriormente, apresenta-se uma reflexão acerca do papel investigador exercido pelo professor ao longo da sua prática. Por fim, são apresentados os principais conceitos de Hidrodinâmica relevantes para a investigação, bem como a sua aplicação ao contexto da aviação comercial, que constitui o eixo estruturante da sequência didática proposta.

3.1. O ensino da Física nos cursos secundários profissionais

O Ensino Secundário Profissional apresenta alguns desafios específicos, nomeadamente a desmotivação dos estudantes, sobretudo nas disciplinas mais teóricas, o que implica aos docentes a tarefa de tornar a abordagem dos conteúdos mais contextualizada e motivadora; a diversidade de percursos escolares é outro problema, visto que muitos alunos que frequentam esta modalidade têm um passado escolar marcado por reprovações e/ou baixo desempenho, o que implica aos docentes um necessário acompanhamento mais individualizado daqueles que apresentam maior dificuldades (Morais Pinto et al., 2015; Pinto et al., 2020).

No caso dos cursos profissionais que possuem uma componente científica, com módulos de Física e de Química, há desafios ainda mais específicos. Muitos alunos desta modalidade não consolidaram no terceiro ciclo do Ensino Básico as aprendizagens essenciais (AEs) das disciplinas de Físico-Química e de Matemática, essenciais para que se possam também consolidar as AEs propostas para este nível. Não obstante, são propostos conteúdos abstratos/complexos que, inclusive, já estão

ausentes do Ensino Secundário Regular, como a pressão dinâmica, o princípio de Bernoulli ou a medição da velocidade de um escoamento. Uma abordagem predominantemente teórica dos mesmos pode dificultar a construção de uma compreensão por parte dos alunos.

Deste modo, o ensino da Física nos cursos secundários profissionais beneficia da adoção de estratégias pedagógicas que articulem os conceitos científicos com contextos tecnológicos e profissionais relevantes para os estudantes (de Araújo & de Farias, 2025). A utilização de situações reais de acidentes da aviação comercial, associada à realização de atividades práticas, constitui uma abordagem que procura responder a estes desafios, promovendo simultaneamente a compreensão conceptual, a motivação e a valorização da Física enquanto ciência fundamental para o desenvolvimento tecnológico.

3.2 Ensino Contextualizado de Hidrodinâmica: Perspetiva CTS e Atividades práticas

Nas últimas décadas, a educação em ciências tem vindo a defender abordagens de ensino que promovam uma maior aproximação entre os conhecimentos científicos escolares e os contextos sociais e tecnológicos em que esses conhecimentos são produzidos e utilizados. Neste âmbito, a perspetiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) propõe que o ensino das ciências ultrapasse a mera transmissão de conceitos, procurando desenvolver nos estudantes a capacidade de compreender as relações entre o conhecimento científico, o desenvolvimento tecnológico e os desafios enfrentados pelas sociedades contemporâneas (Aikenhead, 2006; Altenburg, 2017; D'Ambrósio, 2001; dos Santos, 2012; Von Linsingen, 2008).

Segundo Aikenhead (2006), a educação em ciências deve contribuir para que os alunos compreendam o papel da ciência no seu dia-a-dia e sejam capazes de mobilizar conhecimentos científicos na interpretação das mais variadas situações. Nesta perspetiva, a contextualização dos conteúdos constitui uma estratégia importante para promover a sua aplicação a contextos reais e favorecer o envolvimento e a motivação dos estudantes.

Na literatura é possível encontrar diversos trabalhos que se debruçaram sobre questões de ensino-aprendizagem envolvendo o tema proposto nesta investigação, a Hidrodinâmica (Cunha et al., 2025; de Jesus Souza & de Mello, 2017; Schäfle & Kautz, 2021). Cunha et al. (2025), por exemplo, fazem uma revisão dos trabalhos produzidos

sobre o ensino de Hidrostática e Hidrodinâmica no Brasil nos últimos anos. Os autores concluem que o ensino destes conteúdos se torna mais eficiente quando associado a práticas experimentais, metodologias inovadoras e contextualização dos conteúdos.

Para além de favorecer a compreensão dos conceitos físicos, esta abordagem contribui para que os estudantes reconheçam a importância da Física na compreensão e resolução de problemas associados a tecnologias presentes na sociedade contemporânea.

3.3 O Professor Reflexivo e a Investigação da Prática

A presente investigação enquadra-se numa perspetiva de professor-investigador, entendendo o docente como um profissional que analisa criticamente a sua prática pedagógica com o objetivo de a compreender e melhorar. Nesta perspetiva, a produção de conhecimento não é exclusiva da investigação académica, podendo também emergir da reflexão sistemática sobre as situações concretas de ensino e aprendizagem vividas em contexto escolar (Alarcão, 2022; Ponte, 2002).

De acordo com Alarcão (2022) o professor reflexivo é entendido como o profissional que analisa continuamente a sua ação pedagógica, questiona as suas decisões, avalia os resultados do seu trabalho e procura melhorar a sua prática com base na experiência e no conhecimento científico. A reflexão não é vista como uma atividade isolada, mas como um processo permanente de aprendizagem e desenvolvimento profissional. É natural que a presença de professores reflexivos torne a escola uma instituição reflexiva, capaz de avaliar as suas práticas e construir coletivamente soluções para problemas identificados. Nessa perspetiva, a escola torna-se uma comunidade de aprendizagem onde professores, gestores, alunos e demais participantes colaboram na produção de conhecimento e na melhoria do processo educativo (Alarcão, 2022; Ponte, 2002).

Com isto, a investigação proposta procura, ao avaliar os efeitos de uma sequência didática baseada na realização de atividades práticas e na análise de casos de acidentes aéreos, refletir criticamente sobre a sua implementação, contribuindo para o aperfeiçoamento das práticas de ensino da Física no contexto do Ensino Secundário Profissional em Portugal.

3.4 Noções de Hidrodinâmica e o tubo de Pitot

A Hidrodinâmica é a área da Física dedicada ao estudo dos fluidos em movimento e as relações entre as grandezas físicas que caracterizam o seu escoamento. Na análise de fluidos ideais, isto é, incompressíveis e sem viscosidade, dois princípios fundamentais assumem particular relevância: a conservação da massa e a conservação da energia mecânica. Estes princípios permitem descrever quantitativamente o comportamento dos fluidos em condutas e fundamentam diversos instrumentos de medição, entre os quais o tubo de Pitot.

3.4.1. Caudal e a equação da continuidade

Uma grandeza física muito utilizada na descrição de um escoamento um fluido ideal é o caudal volumétrico, definido como o volume de fluido que atravessa uma determinada secção transversal por unidade de tempo. Considerando uma secção de área (A) atravessada por um fluido com velocidade média (v), o caudal é dado por:

$$Q = A \cdot v$$

onde (Q) é expresso em $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, (A) em m^2 e (v) em $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. Esta relação permite quantificar a quantidade de fluido transportada ao longo de um tubo ou canal, por exemplo. Para um fluido incompressível em regime permanente (regime estacionário), a massa que atravessa qualquer secção da conduta por unidade de tempo deve permanecer constante. Desta condição resulta a equação da continuidade:

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

Esta expressão traduz matematicamente a conservação da massa e mostra que a velocidade do fluido varia inversamente com a área da secção transversal. Assim, quando o escoamento atravessa uma região mais estreita da tubagem, a velocidade aumenta para compensar a diminuição da área, mantendo o caudal constante. Este fenómeno é observado em diversos dispositivos hidráulicos e aerodinâmicos (Nussenzveig, 2002).

3.4.2. Princípio de Bernoulli

Formulado por Daniel Bernoulli em 1738, o Princípio de Bernoulli fundamenta-se na análise de um fluido ideal em regime de escoamento estacionário, onde as propriedades em cada ponto não variam ao longo do tempo. A Figura 1 ilustra esse comportamento

em uma tubulação sob duas perspectivas temporais: o estado inicial em (a) e o estado final em (b) (Halliday et al., 2014). Devido à conservação dessas propriedades no tempo, a análise foca diretamente nas transformações que ocorrem entre as seções de entrada e saída do sistema, conforme destacado nos diagramas. Aplicando-se o Teorema da Energia Cinética ao fluido temos:

$$W = \Delta K \quad (1)$$

Onde (W) é o trabalho total realizado sobre o sistema e (ΔK) é a variação da energia cinética do sistema em estudo.

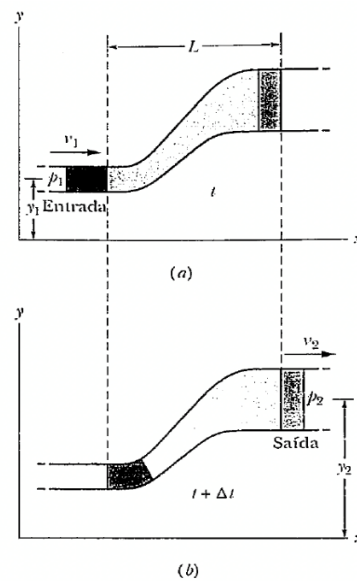


Figura 1 – Escoamento estacionário de um fluido ideal (Halliday et al., 2014)

A variação da energia cinética do fluido na entrada e na saída é dada por:

$$\begin{aligned} \Delta K &= \frac{1}{2} \Delta m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \Delta m \cdot v_1^2 \\ &= \frac{1}{2} \rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2) \end{aligned} \quad (2)$$

onde a massa do fluido que entre numa extremidade do tubo e sai pela outra num curto intervalo de tempo é: $\Delta m = \rho \Delta V$. Sendo (ρ) a massa volúmica do fluido ideal e (ΔV) o seu volume que entre numa extremidade do tubo e sai pela outra.

O trabalho realizado pelo sistema tem duas origens. Primeiro consideramos o trabalho realizado pela força gravítica ($W_{\vec{g}}$) que atua no fluido:

$$\begin{aligned} W_{\vec{g}} &= -\Delta m g (y_2 - y_1) \\ &= -\rho g \Delta V (y_2 - y_1) \end{aligned} \quad (3)$$

O trabalho realizado pela força gravítica é negativo, pois o fluído está a subir, sendo o deslocamento do mesmo contrário à ação da força.

Há trabalho sendo realizado também para mover o fluído pela tubagem. Considera-se o trabalho sendo realizado sobre o sistema na extremidade de entrada, o que empurra o fluído para dentro do tubo representado. Considera-se também que na extremidade de saída o fluído realiza trabalho sobre a vizinhança a sua frente. O trabalho realizado por uma força de módulo F agindo sobre o fluído contido num tubo de área A para fazer com que este percorra uma distância Δx é dado por:

$$F \Delta x = (p A)(\Delta x) = p(A \Delta x) = p \Delta V \quad (4)$$

Onde $F = p A$, sendo (p) a pressão do fluído. Considerando-se o trabalho realizado sobre o sistema na extremidade de entrada positivo e o trabalho realizado pelo sistema na extremidade de saída negativo, temos:

$$\begin{aligned} W_p &= -p_2 \Delta V + p_1 \Delta V \\ &= -(p_2 - p_1) \Delta V \end{aligned} \quad (5)$$

Pode-se agora reescrever o Teorema da Energia Cinética (1) para o sistema da seguinte forma:

$$W = W_g + W_p = \Delta K \quad (6)$$

Substituindo cada item, temos:

$$-\rho g \Delta V (y_2 - y_1) - \Delta V (p_2 - p_1) = \frac{1}{2} \rho \Delta V (v_2^2 - v_1^2) \quad (7)$$

Dividindo ΔV em ambos os lados da equação e rearranjando os termos, escreve-se a equação de Bernoulli:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2 \quad (8)$$

O termo p_1 é chamado de pressão estática. O termo $\frac{1}{2} \rho v_1^2$ é chamado de pressão dinâmica. O termo $\rho g y_1$ é a pressão manométrica. O princípio de Bernoulli permite concluir que as somas destes termos se mantêm constante no escoamento estacionário de um fluído ideal (Halliday et al., 2014).

3.4.3. Tubo de Pitot: uma aplicação do Princípio de Bernoulli

O tubo de Pitot é um instrumento que mede a velocidade de um fluido, comparando a pressão total com a pressão estática exercida sobre outro fluido. Este equipamento representa uma aplicação direta do princípio de Bernoulli. Na aviação, o tubo de Pitot assume um papel fundamental, sendo um equipamento essencial para a determinação da velocidade do ar que atravessa o avião durante o voo, o que implica na determinação da velocidade do avião em relação ao seu meio, o ar.

O esquema representado na Figura 2 ilustra como o tubo de Pitot funciona.

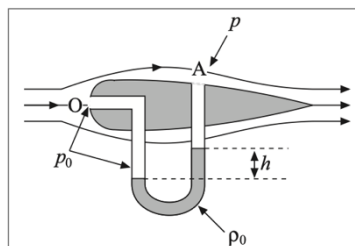


Figura 2 – Funcionamento de um tubo de Pitot (Nussenzveig, 2002).

Considera-se o escoamento do ar (fluido ideal) que é travado no ponto O até parar ($v = 0$), pois o ar encontra um obstáculo, a curva do tubo. Em contrapartida, uma corrente de ar atravessa o ponto A sem sofrer alteração da sua velocidade v (Figura 2).

Aplicando-se a equação de Bernoulli (8) e considerando que a altura entre os pontos O e A do ar é desprezável, temos:

$$p_0 = p + \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (9)$$

Onde p_0 é a pressão total que atua na extremidade esquerda de um fluido contido no tubo em forma de U e ρ é a densidade do ar. Na extremidade direita do tubo, atua no fluido a pressão estática p , o que provoca neste um desnível h . A diferença de pressão na superfície deste fluido nas duas extremidades é a diferença entre a pressão total e a pressão estática e pode ser determinada pelo cálculo da pressão manométrica sobre a extremidade direita do tubo.

$$p_0 - p = \rho_0 g h = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (10)$$

Onde ρ_0 corresponde à massa volúmica do fluido contido no tubo em U.

Rearranjando a equação (10), é possível determinar a velocidade do ar que atravessa o tubo de Pitot no ponto A:

$$v = \sqrt{\frac{2 \rho_0 g h}{\rho}} \quad (11)$$

Esta é uma forma simples de determinar a velocidade de fluidos ideais muito empregada na aviação (Nussenzveig, 2002).

3.4.4. Força de Sustentação de Voo

A força de sustentação de voo resulta principalmente da diferença de pressões entre a face superior e inferior da asa. O perfil aerodinâmico da asa faz com que o ar que passa por cima tenha, em geral, maior velocidade do que o ar que passa por baixo (Figura 3).

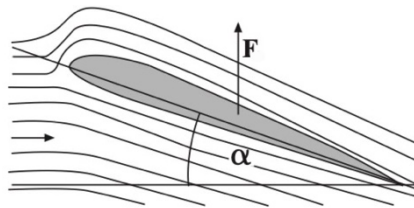


Figura 3 – Força de sustentação de voo (adaptado de Nussenzveig (2002))

Considera-se desprezável a diferença de altura entre as linhas de corrente de ar que passam acima e abaixo da asa. Com isso, a equação (8) leva-nos a concluir que a maior velocidade está associada a uma menor pressão na parte superior da asa, enquanto a parte inferior mantém uma pressão relativamente maior. Essa diferença de pressões gera uma resultante entre as forças para cima: a força de sustentação (Nussenzveig, 2002).

A intensidade desta força depende de fatores como a velocidade do avião, a área da asa, a densidade do ar e o ângulo (α) de ataque. O ângulo de ataque é formado pela linha imaginária que une as extremidades dianteira e traseira da asa e a linha que representa a direção do escoamento do ar (Figura 3).

3.4.5. Razão de Planeio

A razão de planeio, como o próprio nome diz, é um conceito da aerodinâmica que representa a razão entre a distância horizontal percorrida e a perda de altitude durante um voo sem propulsão (planeio). Quanto maior for o valor da divisão entre a distância horizontal e a distância vertical percorridas, mais eficiente é o planeio (Hull, 2007).

4. Enquadramento didático-curricular

Ao nível do Ensino Secundário os conceitos básicos de Hidrodinâmica são trabalhados apenas nos cursos profissionais. Dentre os módulos de Física, o *F2 – Hidrostática e Hidrodinâmica*, dedica-se à abordagem de conteúdos como a Lei Fundamental da Hidrostática, a Lei de Arquimedes, a Impulsão, o Caudal e o Princípio de Bernoulli.

Na turma do 10.º ano em que este trabalho foi desenvolvido foi explorada apenas a componente de Física. Foram trabalhados com a turma os módulos *F1-Forças e Movimentos* e *F2-Hidrostática e Hidrodinâmica*, além das extensões (do módulo *F1*), *E1.F1- Estática* e *E2-F1-Trabalho e Energia*. A presente investigação foi realizada durante a abordagem do módulo *F2-Hidrostática e Hidrodinâmica*, nomeadamente na abordagem dos conceitos de Hidrodinâmica e será apresentada no próximo capítulo.

A sequência didática proposta foi desenvolvida de acordo com as orientações da Agência Nacional para a Qualificação e o Ensino Profissional (ANQEP, 2020) para os cursos profissionais, privilegiando uma abordagem prática, contextualizada e centrada no aluno. A exploração de conceitos fundamentais, como o princípio de Bernoulli, foi realizada através de atividades práticas e resolução de problemas aplicados a contextos tecnológicos. De acordo com as *aprendizagens essenciais* (ANQEP, 2020), o aluno deve ser capaz de:

- *Aplicar a equação de continuidade a fluidos em situações concretas, mobilizando os conceitos de caudal volumétrico e de caudal mássico. (p.10)*
- *Explicar situações do dia a dia com base na equação de Bernoulli. (p.10)*

O documento ainda sugere exemplos de ação a desenvolver com os alunos, tais como:

- *Analisar grandezas físicas e fenómenos físicos relevantes no abastecimento de água (caudal volumétrico, caudal mássico; variação da pressão num fluido com a profundidade, variação de pressão num fluido com a velocidade desse mesmo fluido, entre outros), decidindo sobre os sensores a utilizar (para medir variações de pressão e caudais) e onde os colocar; (p.10)*
- *Pesquisar, a partir de questões-problema (temas específicos de hidrodinâmica e de aerodinâmica) e com base em guiões de trabalho, integrando saberes prévios, para construir novos conhecimentos com autonomia progressiva; (p. 10)*

5. A Hidrodinâmica e os acidentes aéreos

Neste capítulo é apresentada a sequência didática que foi elaborada para o ensino de conceitos de Hidrodinâmica, bem como o ensaio de investigação que foi realizado no âmbito do estágio pedagógico na escola.

5.1 Contextualização a partir da análise de acidentes aéreos

A investigação de acidentes aéreos é sempre uma tarefa muito criteriosa e que vai além de uma busca por repostas dos fatores que conduziram ao acidente, mas visa propor melhorias e o aumento da segurança nos voos. Praticamente todos os acidentes que ocorreram no passado contribuíram de alguma forma para melhorias que foram posteriormente implementados, o que torna a aviação comercial tão segura. A investigação de acidentes aéreos é um terreno muito fértil para que se possa ensinar a Física de uma forma diferente, aplicada e contextualizada. Neste trabalho foram selecionados três casos reais, os quais foram abordados e discutidos ao longo das aulas com os alunos. A seleção dos acidentes está diretamente associada com os objetivos educativos, ou seja, foram selecionados os casos que poderiam contribuir para uma contextualização dos conceitos que se quer ensinar.

5.1.1. Acidente do voo 447 da Air France

O acidente aéreo com voo Air France 447 ocorreu em 1.º de junho de 2009, envolvendo um avião Airbus A330-203 que fazia a rota noturna entre o Rio de Janeiro e Paris. A aeronave caiu no Oceano Atlântico. Não houve sobreviventes.

A investigação concluiu que o acidente foi causado por uma combinação de fatores técnicos e humanos. O congelamento temporário dos tubos de Pitot, responsáveis pela medição da velocidade da aeronave, forneceu informações incorretas aos sistemas de bordo, levando à desativação do piloto automático. Perante esta situação, a tripulação realizou ações inadequadas que colocaram a aeronave em estol (perda de sustentação), condição da qual não conseguiu recuperar (BEA, 2012).

Este acidente teve um impacto significativo na aviação civil, conduzindo à melhoria dos sensores de velocidade das aeronaves e ao reforço da formação dos pilotos para situações de perda de controlo e recuperação de estol em altitude elevada (BEA, 2012).

5.1.2. Acidente do voo 236 da Air Transat

O voo Air Transat 236 ocorreu em 24 de agosto de 2001, durante uma viagem entre Toronto e Lisboa. A aeronave, um Airbus A330, sofreu uma fuga de combustível em pleno voo devido à instalação incorreta de um componente do sistema hidráulico, que provocou o desgaste de uma tubagem de combustível (GPIAA, 2001).

Como consequência, os dois motores da aeronave deixaram de funcionar devido à falta de combustível, transformando o avião num planador. A tripulação conseguiu manter o controlo da aeronave e realizou uma aterragem de emergência bem-sucedida na Base Aérea das Lajes, nos Açores. Apesar dos danos sofridos pela aeronave durante a aterragem, todas as 306 pessoas a bordo sobreviveram (GPIAA, 2001).

A investigação concluiu que o incidente resultou de erros de manutenção e de procedimentos inadequados durante a substituição de componentes. O caso tornou-se um exemplo de gestão eficaz de emergência por parte da tripulação e levou ao reforço dos procedimentos de manutenção, inspeção e formação técnica na aviação civil (GPIAA, 2001).

5.1.3. Acidente do voo 1549 da US Airways

O voo US Airways 1549 ocorreu em 15 de janeiro de 2009, durante uma viagem entre Nova Iorque e Charlotte, nos Estados Unidos. Pouco após a decolagem, a aeronave Airbus A320 colidiu com um bando de aves, provocando a perda de potência nos dois motores.

Perante a impossibilidade de regressar ao aeroporto ou alcançar uma pista alternativa, a tripulação avaliou rapidamente a situação e decidiu realizar uma aterragem de emergência no Rio Hudson. A manobra foi executada com sucesso pelo comandante, permitindo que a aeronave permanecesse a flutuar tempo suficiente para a evacuação dos passageiros e da tripulação (NTSB, 2010).

Todas as 155 pessoas a bordo sobreviveram ao incidente, que ficou conhecido como o “Milagre do Hudson”. A investigação concluiu que a atuação rápida e eficaz da tripulação foi determinante para o desfecho positivo (NTSB, 2010). O caso destacou a importância da formação em gestão de emergências, tomada de decisão sob pressão e coordenação entre os membros da tripulação, contribuindo para o aperfeiçoamento dos procedimentos de segurança na aviação civil.

5.2 Uma proposta de abordagem da Hidrodinâmica

A sequência didática foi desenvolvida ao longo de várias aulas dedicadas ao estudo da Hidrodinâmica. No entanto, a contextualização com a análise de acidentes aéreos já havia começado na abordagem do módulo *F1 – Forças e Movimentos*. A discussão sobre as leis de Newton, foi realizada utilizando como contexto a descolagem de aviões e uma abordagem sobre o incidente com o voo 447 da Air France. Neste caso, discutiu-se sobre a confusão dos pilotos durante os momentos posteriores ao congelamento dos tubos de Pitot, considerando que tanto antes do incidente quanto durante a queda, a aeronave encontrava-se em numa situação aproximada de equilíbrio dinâmico (aceleração nula). Sendo o voo noturno, outro fator que contribuiu para tal confusão que culminou na queda do avião no oceano.

Aula 26 – Introdução ao estudo da hidrodinâmica: Aula teórica para introduzir conceitos como caudal e a equação da continuidade. Num segundo momento da aula foi reproduzido um vídeo sobre a investigação do acidente com o voo 236 da Air Transat (o maior voo comercial planado da história). Em seguida, os alunos responderam a um questionário sobre o vídeo assistido.

Aula 27 – Atividade prática em aula: Campeonato de lançamento de aviões de papel. Cada aluno recebeu uma folha A4 para construir um avião de papel sem qualquer orientação de modelo a ser seguido. Como foram avisados na aula anterior de que faríamos tal atividade, a maioria dos alunos trouxe e utilizou, com o devido consentimento dos docentes, vídeos da internet com um tutorial para a elaboração do seu próprio avião de papel. Eles receberam também um guião para a atividade com a orientação para fazer a medição do comprimento e da envergadura (comprimento de uma ponta a outra da asa) do avião construído. Após a realização das medidas do avião, a turma deslocou-se a um espaço exterior para fazer os lançamentos, cada aluno fez o lançamento do seu avião a partir de uma altura conhecida e definida. A única variável controlada foi a altura do lançamento do avião de papel. A distância horizontal percorrida foi medida e utilizada para calcular a razão de planeio. Após a realização da atividade, a turma regressou à sala de aula e foi feita uma discussão sobre os resultados das razões de planeio obtidas, bem como, uma comparação entre as razões de planeio determinadas e as medidas dos aviões. Algumas imagens da atividade são apresentadas na Figura 4.



Figura 4 – Atividade prática: campeonato de lançamento de aviões de papel.

Aula 28 – *Estudo de casos reais de aviação e comparação com a atividade de lançamento de aviões de papel:* O caso do acidente com o voo 236 da Air Transat foi novamente discutido, agora fornecendo aos alunos dados sobre as distâncias horizontal e vertical percorridas pelo avião até à aterragem de emergência para que calculem a razão de planeio. Esperava-se, com isso, que os alunos fizessem alguma comparação com os resultados obtidos na atividade de aula anterior. Em seguida, foi reproduzido um vídeo sobre o incidente com o voo US Airways 1549, que realizou uma amaramagem de emergência no rio Hudson. Dados sobre a altitude e a distância percorrida foram fornecidos aos alunos, esperava-se que além do cálculo da razão de planeio, eles fizessem comparações entre as duas situações reais e a atividade com os aviões de papel. Por fim, fez-se uma discussão sobre os fatores que possivelmente influenciaram nas diferentes razões de planeio encontradas, nomeadamente entre os dois casos reais e a atividade prática realizada na aula anterior.

Aula 29 – *Aula teórica sobre os fatores que influenciam a razão de planeio:* Foram abordados conceitos como força de sustentação e força de arrasto, bem como, os fatores de que dependem estas forças. Neste momento, ainda não foi discutida a origem da força de sustentação, apenas foram mencionados os fatores de ela depende. Isto porque não havia sido abordado nesta aula ainda o princípio de Bernoulli.

Aula 30 – *Aula teórica sobre o princípio de Bernoulli e explicação da origem da força de sustentação de voo:* Nesta aula teórica o principal objetivo era o de introduzir a Equação de Bernoulli e explorar as suas aplicações em contextos tecnológicos. A abordagem foi contextualizada através da análise da sustentação das asas dos aviões e do

funcionamento dos ailerons dos carros de Fórmula 1, permitindo evidenciar a relevância prática dos conceitos abordados. No fim da aula foi retomado o caso do acidente do voo 447 da Air France, lembrando o incidente de congelamento dos tubos de Pitot. Com isso, apresentou-se aos alunos uma proposta de atividade prática de construção de um tubo de Pitot simplificado, uma possibilidade de estabelecer a ligação entre os conteúdos teóricos estudados e a sua aplicação prática na determinação da velocidade de fluidos.

Aulas 31 e 32 – Aulas práticas de construção de um modelo simplificado de um tubo de Pitot: Nestas duas aulas os alunos foram divididos em três grupos para construírem um modelo de tubo de Pitot utilizando materiais de baixo custo, o modelo construído é baseado naquele apresentado por Oliveira et al. (2023). O objetivo da atividade é o de compreender como este instrumento permite determinar a velocidade de um escoamento a partir da diferença entre pressão total e a pressão estática. A atividade estava articulada com a análise do acidente do voo 447 da Air France. Os alunos tiveram duas aulas para a construção e foram orientados que deveriam preparar uma apresentação sobre o funcionamento do equipamento, destacando-o como uma aplicação do princípio de Bernoulli, bem como o seu papel para a aviação. Durante a aula 32, com os modelos em fase de finalização, houve uma pausa no trabalho prático e foi feita uma exposição pelo professor, destacando como que a velocidade de escoamento é obtida a partir da Equação de Bernoulli. Na Figura 5 são apresentadas algumas imagens das atividades desenvolvidas no laboratório da escola durante as duas aulas.

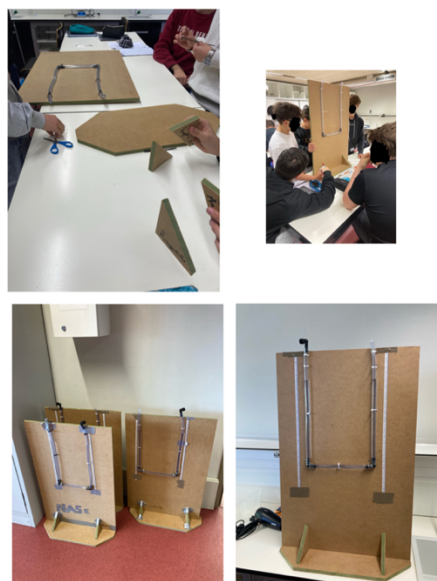


Figura 5 – Atividade prática: construção de um modelo de tubo de Pitot.

Aula 33 – Finalização da construção dos tubos de Pitot e apresentações dos modelos pelos grupos: Nesta aula, os alunos tiveram alguns minutos para finalizar os tubos de Pitot construídos. Em seguida, o professor realizou uma breve demonstração, utilizando um dos modelos construídos pelos alunos, com o objetivo de determinar a velocidade de uma corrente de ar produzida por um secador de cabelo. Para isso, o tubo de Pitot foi posicionado de forma que a sua extremidade frontal ficasse orientada no sentido do escoamento do ar, enquanto a outra extremidade permanecia sujeita à pressão atmosférica. A diferença de alturas observada entre as colunas de água no tubo em U permitiu medir a diferença entre a pressão total e a pressão estática do escoamento. Foram fornecidas aos alunos as massas volúmicas do ar e da água, utilizada como fluido manométrico, para que, a partir do desnível medido e da expressão deduzida com base na equação de Bernoulli, fosse possível calcular a velocidade da corrente de ar. Por fim, cada grupo de alunos realizou uma apresentação de cerca de 15 minutos, descrevendo o tubo de Pitot construído, as suas aplicações e o seu funcionamento.

Aula 34 – Resolução de exercícios e aplicação do teste do módulo F2- Hidrostática e Hidrodinâmica: Nesta aula foram resolvidos exercícios de hidrostática e hidrodinâmica selecionados do manual do aluno. Procurou-se esclarecer algumas dúvidas e, em seguida, aplicou-se o teste do módulo F2.

5.3 Ensaio de investigação

A investigação realizada enquadra-se numa abordagem quali-quantitativa, na qual o professor-investigador, na função de professor estagiário, implementa uma intervenção pedagógica em contexto real de sala de aula, refletindo sistematicamente sobre a sua prática e analisando os seus efeitos no processo de ensino e aprendizagem (Ponte, 2002).

A adoção de uma metodologia de natureza mista (qualitativa e quantitativa), permite uma compreensão mais abrangente do fenómeno em estudo. A componente quantitativa baseia-se na recolha de dados através de um questionário com escala Likert, enquanto a componente qualitativa assenta na análise dos instrumentos de avaliação da própria disciplina e em notas de campo produzidas (Babbie, 2003; Gil, 2017).

Os participantes deste estudo são 17 alunos, todos do sexo masculino, de uma turma do 10.º ano de um curso secundário profissional. A amostra é de conveniência, correspondendo ao contexto de prática pedagógica do professor estagiário.

A participação dos alunos foi voluntária, garantindo-se o anonimato e a confidencialidade dos dados, bem como o cumprimento dos princípios éticos da investigação em educação.

A questão norteadora da investigação proposta é:

Em que medida uma sequência didática baseada na realização de atividades práticas e na contextualização através da análise de casos reais de acidentes aéreos para o ensino de Hidrodinâmica, contribui para a melhoria da compreensão conceptual e da motivação dos alunos, numa turma de 10.º ano do Ensino Secundário Profissional?

5.3.1. Objetivos Específicos

- Analisar a perceção dos estudantes em relação à sequência didática proposta, nomeadamente a perceção sobre: a *contextualização através da análise de casos reais de acidentes aéreos*, a *compreensão dos conteúdos abordados* e o papel das *atividades práticas realizadas*.
- Avaliar a compreensão conceptual dos alunos através da análise dos instrumentos de avaliação da disciplina.
- Avaliar aspetos motivacionais dos estudantes durante a abordagem pedagógica proposta.

5.3.2. Instrumentos de recolha de dados para a investigação

Os instrumentos de recolha de dados utilizados foram os próprios instrumentos de avaliação utilizados na ação pedagógica. Os instrumentos são: um pequeno questionário aplicado na primeira aula teórica sobre Hidrodinâmica (Anexo 1), folha de registo de dados de atividade prática realizada (Anexo 2), rúbricas de avaliação para apresentação de trabalho (Anexo 3) e um teste do módulo F2 (Anexo 4). Além destes instrumentos, aplicou-se um questionário on-line (Anexo 5) exclusivamente para a recolha de dados da investigação e com o objetivo de avaliar a perceção dos estudantes sobre a sequência didática proposta. Ao longo das aulas, foram elaboradas notas de campo com o objetivo de registar acontecimentos relevantes, comportamentos observados e interações entre os participantes. Estes registos constituíram igualmente uma fonte de dados para a investigação, permitindo documentar as observações realizadas e apoiar a análise e interpretação dos resultados. Um extrato das notas de campo produzidas encontra-se no Anexo 6, sendo elas identificadas de forma sequencial (NC1, NC2, NC3, NC4 e NC5).

5.4 Resultados

De modo geral, a contextualização utilizando casos reais de acidentes aéreos mostrou-se bastante promissora no que se refere aos aspetos motivacionais. O uso de pequenos vídeos nas aulas com a descrição dos acidentes analisados fez com que os alunos fizessem muitas questões e comentários acerca dos incidentes. Destaca-se inclusive que, pelo menos, dois alunos com problemas comportamentais e bastante conversadores, estiveram mais participativos e concentrados no trabalho desenvolvido em aula nestes momentos (NC1, 12 de março de 2026).

Na aula 26, após a problematização inicial e a discussão de um vídeo no formato de podcast que descreve o que aconteceu com o voo 236 da Air Transat, os alunos tiveram alguns minutos para responder duas questões (Anexo 1). São elas: 1) *Se os motores de um avião param em pleno voo, como é que os pilotos conseguem saber como planar e onde aterrar em segurança.* 2) *Quais os fatores dever ser levados em consideração pelos pilotos para conseguir aterrar o avião em segurança.*

As respostas dos alunos indicam que a primeira questão precisa ser repensada e/ou reformulada, pois mais da metade não respondeu e aqueles que responderam destacaram que os pilotos sabem o que fazer porque se comunicam com a “*torre de controlo aéreo*”. Quanto à segunda questão, pelo menos nove alunos citaram fatores como a velocidade do avião, sendo este o fator mais citado. Outros dois fatores citados, ambos por 7 alunos, foram o peso e a altura do avião. De certa forma, os alunos mencionaram fatores que são importantes para o voo planado realizado, no entanto, não é possível inferir sobre os conhecimentos prévios deles apenas com estes indicativos. O que se observou na aula foram alguns comentários que revelam ideias prévias dos mesmos acerca do tema (NC1, 12 de março de 2026).

Durante a aula 27, dedicada à atividade prática de construção do avião de papel e do campeonato de lançamento dos mesmos, notou-se inicialmente um engajamento dos estudantes, de modo geral, para a realização da atividade. Isto ficou evidente pelo facto de quase todos trazerem um vídeo nos seus telemóveis com um tutorial para a construção do avião de papel (NC2, 19 de março de 2026). Como ilustrado na Figura 4, foram elaborados diversos formatos, possibilitando após a atividade uma discussão sobre a aerodinâmica das aeronaves, o que afeta as forças de sustentação e de arrasto, permitindo uma maior razão de planeio. De modo geral, a atividade mostrou-se bastante pertinente para a discussão sobre razão de planeio e os alunos indicaram ter compreendido sem qualquer dificuldade este conceito. É importante ressaltar que a razão de planeio não faz parte das *aprendizagens essenciais* (ANQEP, 2020), mas foi

abordada devido à problematização proposta na sequência didática e porque permite discutir justamente uma aplicação do princípio de Bernoulli, a força de sustentação. Ao fim da atividade, os resultados obtidos foram compartilhados e foi feita uma análise e discussão dos fatores que podem ter causado maior ou menor sucesso do voo do avião de papel elaborado.

A discussão proposta trouxe resultados pertinentes, pois praticamente todos os alunos indicaram perceber que o formato dos aviões é determinante para a sustentação em voo. Alguns exemplos de conclusão apresentadas pelos estudantes foram:

“O formato do avião importa, mas a forma como ele é lançado também é um fator importante. Aviões com formatos similares tiveram resultados diferentes. Aviões com maior envergadura tiveram tendência a voar mais longe” Aluno 10.

“Aviões com maior envergadura costumam voar mais, mas também de como lançamos e da força com que lançamos” Aluno 5.

O comentário do Aluno 10 ocorreu após uma discussão feita em sala e que envolveu a análise das medidas realizadas por cada aluno e do cálculo da razão de planeio obtida para cada avião. De facto, modelos similares tiveram mais ou menos sucesso no voo devido à forma como foram lançados, no entanto, foi possível perceber que os aviões de papel com envergadura maior tiveram uma leve vantagem, percorrendo maior distância. O aluno 5 também associa o sucesso do voo planado com a aerodinâmica do avião e menciona algumas variáveis que não foram controladas na situação.

Na aula 28, os alunos puderam aplicar o cálculo da razão de planeio para o acidente do voo 236 da Air Transat, verificando que esta razão (12:1) foi consideravelmente maior do que aquela obtida pelo aluno vencedor do campeonato de aviões de papel (4:1). Ainda se discutiu o incidente com o voo 1549 da US Airways, neste caso o voo planado ocorreu com uma aeronave menor, a uma altitude menor e com velocidade também menor do que no caso da Air Transat. O vídeo reproduzido em aula, uma parte do filme “Sully” é bastante apelativo e fez com que os alunos fizessem diversas questões, incluindo questões e comentários acerca da tomada de decisão dos pilotos que optaram pela amargem no Rio Hudson. Um dos alunos, inclusive, mencionou que se optassem pelo desvio para outro aeroporto não teriam conseguido aterrar em segurança, fato que foi depois demonstrado em investigação, considerando-se um tempo mínimo para a tomada de decisão da tripulação (NC3, 26 de março de 2026).

A discussão sobre as forças de sustentação e de arrasto que ocorreram na aula 29 foram superficiais e pouco aprofundadas, o que é justificado pelo facto de ainda não ter

sido abordado o princípio de Bernoulli naquele momento. Além disso, o tempo limitado para o desenvolvimento de todas as atividades e o cumprimento da abordagem das *aprendizagens essenciais*, foi também outro fator determinante. No entanto, este é um aspeto que pode ser mais bem aprofundado numa próxima oportunidade de aplicação desta sequência proposta.

A aula 30, assim como a anterior foi uma aula teórica para abordar o princípio de Bernoulli. Optou-se por não fazer a dedução da Equação de Bernoulli a partir da aplicação do Teorema da Energia Cinética, como apresentado na revisão teórica deste trabalho e também como é apresentado no próprio manual do aluno adotado pela escola. Esta decisão, que foi acertada, justifica-se com a experiência anterior e o perfil dos alunos, muitos possuem dificuldades significativas com operações matemáticas, o que não é diferente do perfil descrito na literatura de pesquisa em Educação (Morais Pinto et al., 2015; Pinto et al., 2020). Quanto à experiência anterior, na parte de Hidrostática, que não é o enfoque deste recorte de investigação, houve uma tentativa de dedução em aula da Lei Fundamental da Hidrostática, o resultado ficou aquém do esperado. Notou-se que apenas 3 dos 17 alunos acompanharam a dedução até o fim, os demais já haviam dispersado no meio da dedução que estava a ser feita no quadro. Apesar disto, os alunos indicaram mais facilidade com aplicação desta lei na resolução de problemas propostos em aula.

Para introduzir o princípio de Bernoulli foi dado enfoque à problematização, como alguns alunos já haviam revelado interesse pela Fórmula 1 (F1) em aulas anteriores, num primeiro momento foi mostrado um vídeo da F1 e os alunos foram questionados sobre o papel dos *“aileron”*. Após o questionamento, um dos alunos fez uma intervenção mencionando que *“eles são responsáveis por produzir uma downforce”*, que *“dá estabilidade e prende o carro ao chão, principalmente nas curvas”*. Após esta intervenção, outros alunos se manifestaram, explicando o papel deste equipamento nos carros de F1. De modo geral, todos demonstraram bastante interesse e curiosidade neste momento. Foi lhes perguntado se o formato do *aileron* tinha algum papel na *“downforce”*, o que a maioria concordou e um aluno até mencionou um novo dispositivo giratório que é utilizado atualmente em alguns carros de F1. Por fim, foi lhes perguntado se sabiam qual era a origem da *“downforce”* por eles mencionada e não houve resposta (NC4, 23 de abril de 2026). Com isso, introduziu-se a Equação de Bernoulli e através da sua interpretação foi possível mostrar de forma expositiva a origem da *“downforce”* nos carros de F1.

Em seguida, invertendo-se a curvatura do aerofólio foi possível mostrar, partindo da Equação de Bernoulli, como surge a força ascendente de sustentação sobre as asas dos aviões. Mostrou-se também o papel desenvolvido pelos “*aileron*s” que ficam nas extremidades das asas dos aviões.

No início da aula 31 foi retomado o caso do voo 447 da Air France e o congelamento dos tubos de Pitot, com isso procedeu-se à divisão da turma em 3 grupos (de 5 ou 6 alunos) para dar início à atividade prática de construção de um tubo de Pitot, uma aplicação tecnológica do princípio de Bernoulli. De modo geral, houve bastante envolvimento por parte dos alunos nas duas aulas de construção do tubo. No entanto, as apresentações dos grupos ficaram bastante aquém do esperado. Dos três grupos formados, notou-se que apenas um preparou com antecedência a sua apresentação, os dois outros grupos fizeram as apresentações durante a própria aula. O que indicou pouco comprometimento com a atividade proposta por parte dos alunos (NC5, 14 de maio de 2026).

Nas apresentações ficou evidente que eles perceberam minimamente o funcionamento do tubo de Pitot construído e para que ele serve (medir velocidades de fluidos). Ficou evidente também que os alunos perceberam o papel que este equipamento tem para aviação. Em contrapartida, há fortes indícios de que poucos alunos compreenderam o princípio de Bernoulli e como o tubo constitui uma aplicação deste princípio.

Os resultados do teste (Anexo 4) trazem mais indicadores daquilo que se observou nas apresentações dos alunos. Na questão de escolha múltipla 3.1 do teste do Módulo F2, procurava-se avaliar se os alunos compreenderam a origem da força de sustentação de um avião em voo. Apenas um aluno escolheu a opção considerada correta, os outros 16 escolheram a opção (a) que indica haver menor pressão e maior velocidade na parte inferior da asa do avião. Nas duas questões sobre razão de planeio os resultados foram melhores, na questão 3.3.1 do teste os alunos deveriam calcular a razão de planeio para uma situação dada, 7 (41,2%) dos 17 alunos conseguiram fazer o cálculo corretamente. Na questão de escolha múltipla 3.3.2, eles deveriam selecionar a opção que descrevia corretamente o significado da razão de planeio calculada, 11 (64,7%) dos 17 alunos selecionaram a opção considerada correta. Por fim, a questão mais exigente do teste era sobre o cálculo de velocidade de uma corrente de ar através das medidas extraídas de um tubo de Pitot, um cálculo bastante similar àquele realizado nas aulas práticas. Apenas 2 (11,8%) alunos conseguiram resolver a questão completamente, calculando a velocidade da corrente do ar, a partir da equação de Bernoulli (fornecida no formulário). Outros 6 (35,3%) alunos conseguiram utilizar a equação de Bernoulli e

iniciar a dedução da equação que permite determinar a velocidade do ar, mas cometendo erros no processo. Os demais, 9 (52,9%) alunos, deixaram a questão em branco.

De modo geral, os resultados indicam que ainda é necessário refletir bastante sobre as estratégias que podem potenciar as aprendizagens dos alunos na abordagem da Hidrodinâmica nos cursos profissionais. Um ponto de partida relevante e que poderia ter sido melhor considerado na abordagem proposta são as concepções prévias dos alunos acerca dos conceitos básicos de Hidrodinâmica. Schäfle e Kautz (2021) citam algumas dificuldades e concepções de alunos do ensino superior, nomeadamente dificuldades em trabalhar com equações com várias variáveis; associação incorreta entre pressão e velocidade, ou seja, tratam a pressão como causa direta da velocidade do fluido, raciocinando que a diminuição da pressão reduz a velocidade ou que o aumento da pressão aumenta a velocidade; muitos alunos memorizam uma versão simplificada da equação de Bernoulli sem compreender o seu significado físico, associando apenas aumento de velocidade com a diminuição de pressão, por exemplo, de forma simplificada. Isto poderia explicar, por exemplo, o resultado obtido na questão 3.1 do teste.

Além dos instrumentos de avaliação da disciplina, aplicou-se na aula seguinte ao teste do módulo F2 um questionário on-line (Anexo 5) para avaliar a perceção dos estudantes sobre as atividades realizadas. O questionário permitiu analisar a perceção dos estudantes sobre: *interesse e motivação; compreensão dos conteúdos abordados; contextualização da abordagem; atividades práticas realizadas.*

A Figura 6 ilustra os resultados da categoria *interesse e motivação*.

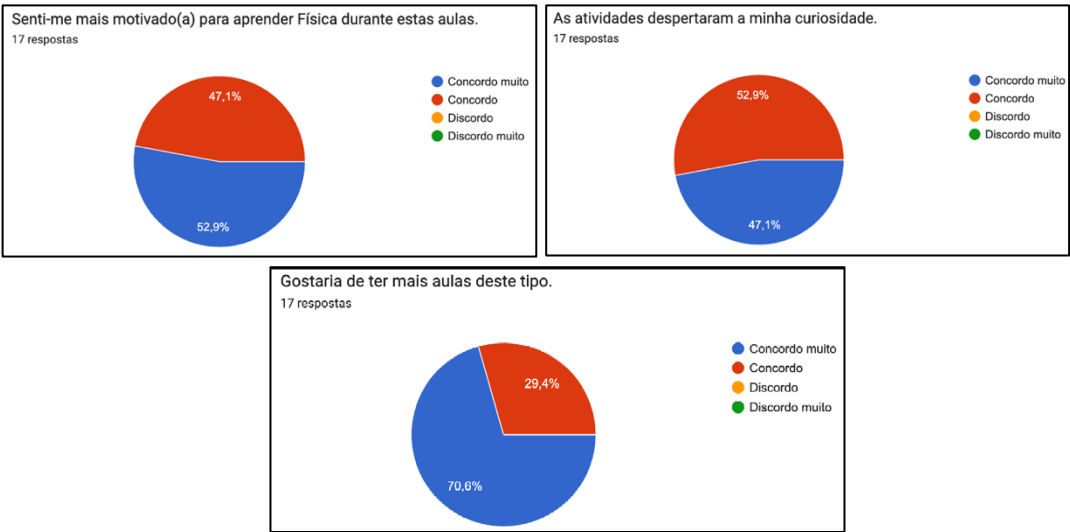


Figura 6 – Questionário de perceção dos alunos – interesse e motivação.

De modo geral, os alunos concordam que a sequência didática proposta é motivadora para aprender Física e que as atividades despertaram curiosidade. Uma parcela maior mostrou-se mais concordante com a ideia de ter mais aulas como as que foram propostas. O resultado é positivo, mas indica que em termos de motivação e interesse a sequência didática proposta ainda pode ser mais eficaz, uma vez que há uma divisão entre a concordância e a concordância em maior grau, nomeadamente nos dois primeiros descritores.

Estes resultados podem ser interpretados à luz dos desafios identificados para o ensino da Física nos cursos profissionais, onde frequentemente se verificam níveis reduzidos de motivação perante conteúdos considerados abstratos ou excessivamente teóricos (Morais Pinto et al., 2015; Pinto et al., 2020).

A Figura 7 a seguir ilustra o resultado da categoria *compreensão dos conteúdos abordados*.

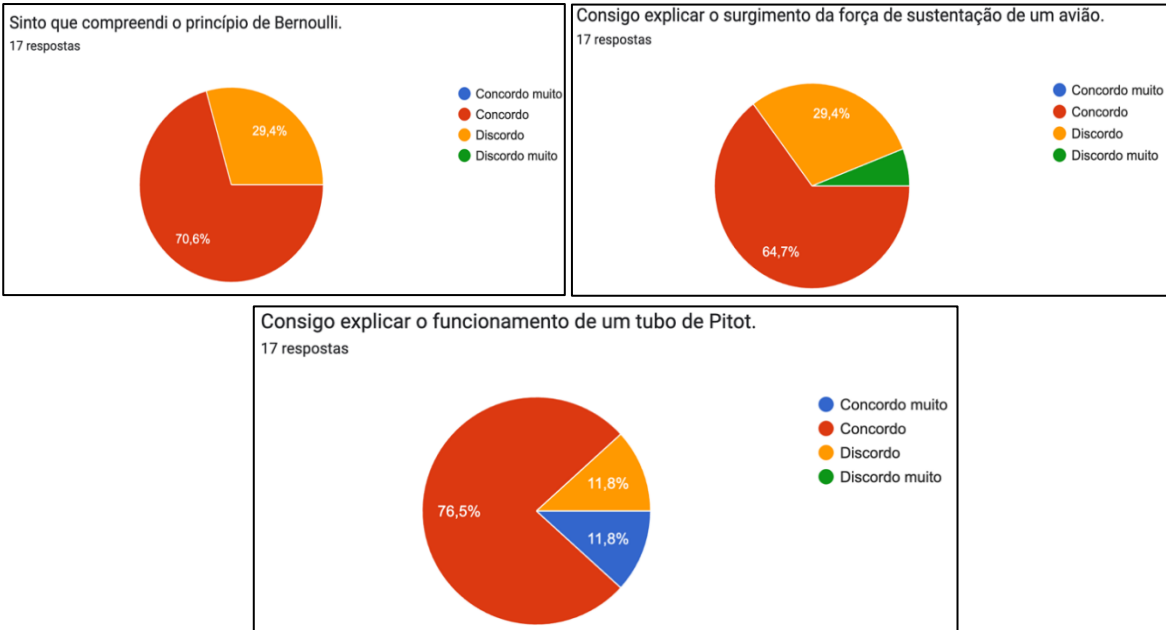


Figura 7 – Questionário de percepção dos alunos – compreensão dos conteúdos.

Como era esperado, devido aos resultados das avaliações do módulo *F2*, há discordâncias dos alunos quanto à percepção de compreensão do princípio de Bernoulli. As discordâncias aparecem também para a percepção de compreensão da origem da força de sustentação e do funcionamento de um tubo de Pitot. No entanto, a maioria dos alunos apresenta uma percepção de que compreendeu o princípio de Bernoulli e as suas aplicações. Quanto à explicação do funcionamento do tubo de Pitot, o resultado é mais consistente e está mais alinhado com os resultados da avaliação do módulo,

nomeadamente as apresentações dos grupos de alunos sobre os tubos de Pitot construídos. Os alunos indicaram nas apresentações terem percebido o funcionamento do tubo de Pitot, ainda que tenham demonstrado pouca compreensão acerca do princípio de Bernoulli. Numa comparação entre os três descritores, destaca-se o resultado menos positivo de perceção dos estudantes acerca da compreensão do surgimento da força de sustentação, neste caso um aluno (5,9%) inclusive demonstra discordar muito da afirmação. Tal resultado é importante porque indica a necessidade de aprofundar mais a exploração deste conceito. Na atividade prática de construção e lançamento de aviões de papel explorou-se muito o conceito de razão de planeio e foi dado menos enfoque ao surgimento da força de sustentação. Essa decisão teve como fundamento o perfil da turma e o facto de ainda não ter sido abordado naquele momento o princípio de Bernoulli. No entanto, o resultado aponta para a necessidade de abordagens complementares ou maior aprofundamento conceptual deste tema, o que pode ser feito após a atividade de construção do tubo de Pitot.

A Figura 8 apresenta os resultados da categoria *contextualização da abordagem*.

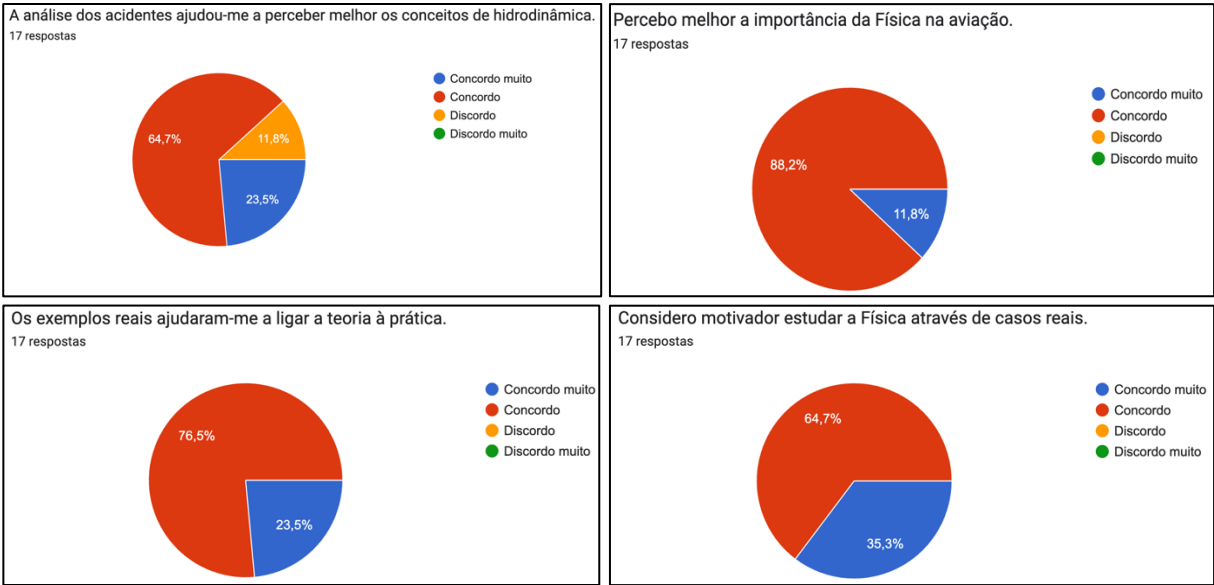


Figura 8 – Questionário de perceção dos alunos – contextualização da abordagem.

Quanto à contextualização proposta para as aulas sobre Hidrodinâmica a perceção dos alunos em geral é bastante positiva. A maioria, 11 alunos (64,7%), considerou que a análise de acidentes da aviação comercial contribuiu para a compreensão dos conteúdos estudados e todos concordaram que o estudo da Física através de casos reais constitui uma abordagem motivadora, sendo que 11 (64,7%) concordaram com a afirmação e 6 (35,3%) concordaram em maior grau. Destaca-se que dois alunos (11,8%)

discordaram de que a análise dos acidentes os ajudou a perceber melhor os conceitos estudados, no entanto, ambos indicaram que a proposta foi motivadora. Houve também concordância total, em maior ou menor grau, de que os casos reais analisados ajudam na ligação entre a teoria e a prática e na percepção da importância da Física para a aviação.

Este resultado da percepção dos alunos sobre a contextualização proposta está de acordo com o que defendem diversos autores no campo da Educação (Aikenhead, 2006; Altenburg, 2017; Cunha et al, 2025; D’Ambrósio, 2001; dos Santos, 2012; Von Linsingen, 2008). Cunha et al (2025), por exemplo, destacam a importância da contextualização dos conteúdos para a eficácia de propostas de ensino de conceitos de Hidrodinâmica ao analisarem trabalhos que se dedicaram ao ensino desta temática.

A Figura 9 apresenta os resultados da categoria *atividades práticas realizadas*.

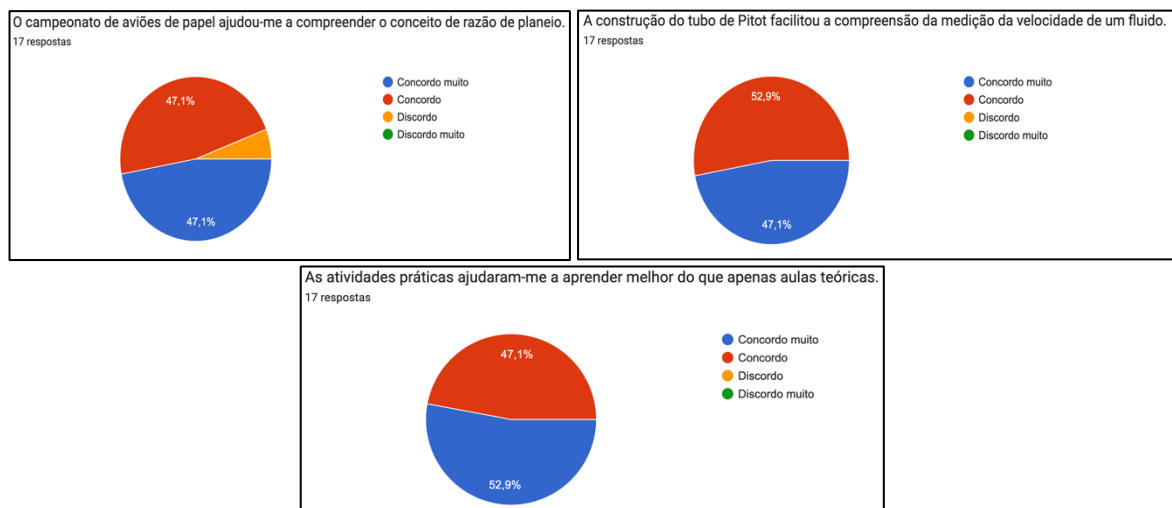


Figura 9 – Questionário de percepção dos alunos – *atividades práticas realizadas*.

Quanto às atividades práticas realizadas a avaliação dos alunos também foi bastante positiva. De modo geral, os alunos concordaram que o campeonato de lançamento de aviões de papel os ajudou a compreender o conceito de razão de planeio, 8 (47,1%) concordando e 8 (47,1%) concordando em maior grau. Houve também uma discordância, um aluno (5,8%) indicou que a atividade não ajudou a compreender o conceito. No caso da atividade de construção do tubo de Pitot todos avaliaram que a mesma ajudou na compreensão da determinação da velocidade de um fluido. Quanto à comparação entre as aulas práticas e teóricas propostas, os alunos indicaram, como já era esperado pelo perfil dos alunos do Ensino Secundário Profissional, uma preferência pelas atividades práticas. Neste caso, 9 (52,9%) alunos concordaram muito que as

atividades práticas ajudam a aprender melhor do apenas aulas teóricas, enquanto que 8 (47,1%) alunos concordaram.

No questionário *on-line* aplicado existiam ainda duas questões abertas onde os alunos puderam descrever o que mais gostaram e o que menos gostaram na sequência didática proposta. Quanto aos aspetos que mais gostaram, todos os alunos destacaram as atividades práticas realizadas, sendo que 6 (35,3%) mencionaram diretamente a atividade de construção do tubo de Pitot e 5 (29,4%) mencionaram diretamente o campeonato de lançamento de aviões de papel. Algumas das repostas dos estudantes foram:

“Gostei de como as atividades estavam bem ligadas à teoria e faziam com que até os alunos que se importavam menos se envolvessem nas aulas” Aluno X

“Eu gostei da competição dos aviões e da montagem do tubo de Pitot porque foram atividades divertidas e que ajudaram a perceber um pouco mais sobre as teorias.” Aluno Y.

Os comentários dos alunos reforçam o carácter motivacional da sequência didática proposta, pois conforme mencionou o Aluno X, foi perceptível que mesmo os alunos mais desmotivados da turma participaram com algum entusiasmo nas atividades práticas realizadas.

Quanto aos aspetos que menos gostaram, 4 (23,5%) alunos não apontaram nenhum, 4 (23,5%) alunos mencionaram que as aulas deveriam ser mais práticas e menos teóricas. Interpreta-se esse resultado como uma comparação feita por eles com a abordagem realizada no início do módulo F2 ou nos outros módulos, uma vez que não foram feitas tantas atividades práticas como na abordagem do tema Hidrodinâmica. Um resultado a ser destacado também é que, pelo menos 3 (17,6%) alunos, mencionaram que poderiam ter sido propostos mais trabalhos em equipa, como o que foi feito na construção do tubo de Pitot. De facto, no âmbito da disciplina Física e Química só foi realizado um trabalho coletivo ao longo do ano letivo, sendo este comentário dos alunos um ponto relevante para reflexão.

Conclusão

O Ensino Secundário Profissional em Portugal busca preparar os jovens para a vida ativa, combinando formação teórica e prática de forma integrada. Todavia, a integração dessas duas componentes ainda carece de maior atenção e reflexão.

A presente investigação teve como objetivo analisar em que medida uma sequência didática baseada na realização de atividades práticas e na contextualização através da análise de acidentes reais da aviação comercial poderia contribuir para a compreensão de conceitos de Hidrodinâmica e para a motivação dos alunos de uma turma do 10.º ano do Ensino Secundário Profissional.

De modo geral, os resultados obtidos indicam que a abordagem proposta se mostrou particularmente promissora no que diz respeito aos aspetos motivacionais. Tanto as observações realizadas durante as aulas como as respostas ao questionário de perceção revelam que os alunos valorizaram as atividades práticas desenvolvidas e a utilização de casos reais da aviação como contexto para a aprendizagem dos conteúdos. Estes resultados vão ao encontro ao que é defendido na literatura acerca da importância da contextualização no ensino das Ciências e da necessidade de aproximar os conteúdos escolares de situações reais e tecnologicamente relevantes (Aikenhead, 2006; Altenburg, 2017; D'Ambrósio, 2001; dos Santos, 2012; Von Linsingen). Do mesmo modo, a preferência manifestada pelos alunos pelas atividades práticas está de acordo com as características frequentemente apontadas para os alunos do Ensino Secundário Profissional e com trabalhos recentes dedicados ao ensino da Hidrodinâmica (Cunha et al., 2025; Morais Pinto et al., 2015; Pinto et al., 2020).

Por outro lado, os resultados obtidos nos instrumentos de avaliação da disciplina indicam que a compreensão de alguns conceitos permaneceu limitada. Em particular, verificaram-se dificuldades na interpretação do princípio de Bernoulli, da origem da força de sustentação e da aplicação deste princípio ao funcionamento do tubo de Pitot. Estes resultados parecem estar de acordo com dificuldades descritas na literatura sobre o ensino da Hidrodinâmica (Schäfle & Kautz, 2021) e sugerem que estes conceitos poderão necessitar de um maior aprofundamento em futuras aplicações da sequência didática. Neste sentido, a investigação permitiu identificar alguns aspetos suscetíveis de melhoria, nomeadamente um maior trabalho sobre as conceções prévias dos alunos e uma exploração conceptual mais aprofundada após a realização das atividades práticas.

Outro fator limitante e que ainda não foi equacionado é o tempo disponível para o desenvolvimento da sequência proposta. A turma em questão possuía apenas uma aula de 90 minutos por semana, o que dificultou bastante a continuidade das atividades desenvolvidas.

É importante ressaltar que este trabalho corresponde a um ensaio de investigação desenvolvido no âmbito do estágio pedagógico na escola. Assim, os resultados obtidos devem ser interpretados tendo em conta as limitações inerentes ao estudo, designadamente o reduzido número de participantes e o facto de a investigação ter sido realizada apenas numa turma. Deste modo, não se pretende generalizar as conclusões alcançadas, mas antes refletir sobre uma proposta de intervenção pedagógica concreta e identificar possibilidades de aperfeiçoamento.

Este trabalho permitiu igualmente concretizar uma prática de professor-investigador, tal como defendem Ponte (2002) e Alarcão (2022). A análise sistemática da intervenção possibilitou refletir criticamente sobre as opções didáticas tomadas, identificar os seus pontos fortes e reconhecer limitações que dificilmente seriam evidenciadas apenas pela experiência quotidiana da sala de aula. Desta forma, a investigação constituiu simultaneamente um processo de produção de conhecimento sobre a prática e um instrumento de desenvolvimento profissional.

Como trabalho futuro, considera-se pertinente aperfeiçoar a sequência didática proposta, reforçando as estratégias destinadas à compreensão do princípio de Bernoulli e da força de sustentação, bem como implementá-la noutros contextos educativos, permitindo comparar resultados e aprofundar o conhecimento sobre o ensino da Hidrodinâmica no Ensino Secundário Profissional.

Em síntese, este ensaio de investigação sugere que a utilização de atividades práticas e da análise de acidentes reais da aviação constitui uma abordagem com potencial para promover o interesse dos alunos e favorecer a contextualização dos conteúdos de Hidrodinâmica. Apesar de persistirem dificuldades na aprendizagem de alguns conceitos, a experiência realizada permitiu identificar aspetos relevantes para o aperfeiçoamento da proposta e reforça a importância da reflexão sistemática sobre a prática pedagógica como instrumento de desenvolvimento profissional.

Referências Bibliográficas

Aikenhead, G. S. (2006). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*. Teachers College Press.

Alarcão, I. (2022). *Professores reflexivos em uma escola reflexiva* (Vol. 8). Cortez editora.

Altenburg, G. S. (2017). Contextualizando cultura e tecnologias: Um estudo etnomatemático articulado ao ensino de geometria (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Pelotas.

ANQEP. (2020). *Aprendizagens essenciais – cursos profissionais: Física e Química*. Agência Nacional para a Qualificação e o Ensino Profissional. <https://www.anqep.gov.pt>

Babbie, E. (2003). Métodos de pesquisa de survey. 2. reimpressão. *Belo Horizonte: Editora UFMG*.

Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile. (2012). *Final report on the accident on 1st June 2009 to the Airbus A330-203, registered F-GZCP, operated by Air France Flight AF447 Rio de Janeiro–Paris*. [BEA – Bureau d'Enquêtes et d'Analyses pour la sécurité de l'aviation civile](https://www.bea.aero/fr/rapports/rapport-final/rapport-final-accident-air-france-af447-1er-juin-2009)

Costa, R., Leite, C., & Monteiro, A. (2024). Ensino profissional em Portugal: motivações e desafios da conceção à atualidade. *Construindo conhecimento em educação: livro de Atas do IV Seminário Internacional CAFTe/XIV EIFORPECS*.

Cunha, F. I. J., Folgearini, S. F. G., & Spohr, C. B. (2025). A Abordagem de Hidrostática e Hidrodinâmica no Ensino de Física: uma Revisão Sistemática da Literatura. *Revista Paidéi@-Revista Científica de Educação a Distância*, 16(31), 223-245.

D'Ambrosio, U. (2001). *Etnomatemática: Elo entre as tradições e a modernidade*. Autêntica.

de Araújo, J. V., & de Farias, C. S. (2025). Ensino de Física na educação profissional e tecnológica: barreiras e desafios. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 8(1).

de Jesus Souza, E., & de Mello, L. A. (2017). O uso de jogos e simulação computacional como instrumento de aprendizagem: campeonato de aviões de papel e o ensino de Hidrodinâmica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 34(2), 530-554.

dos Santos, W. L. P. (2012). Educação CTS e cidadania: confluências e diferenças. *Amazônia: revista de educação em ciências e matemáticas*, 9(17), 49-62.

Gabinete de Prevenção e Investigação de Acidentes com Aeronaves. (2004). *All engines-out landing due to fuel exhaustion: Air Transat, Airbus A330-243, C-GITS, Lajes, Azores, Portugal, 24 August 2001* (Final Investigation Report No. 22/ACCID/2001). [Flight Simulation Systems PDF Archive](#)

Gil, A. C. (2017). *Como elaborar projetos de pesquisa* (6ª ed.). Atlas.

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2014). *Fundamentos da física: Vol. 2* (9ª ed.). LTC.

Hull, D. G. (2007). *Fundamentals of airplane flight mechanics*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Morais Pinto, A. B., Delgado, J. P. F., & Martins, A. M. de O. (2015). Significados e perspectivas do insucesso escolar no ensino profissional em Portugal. *Cadernos De Educação*, (51). <https://doi.org/10.15210/caduc.v0i51.6239>

National Transportation Safety Board. (2010). *Loss of thrust in both engines after encountering a flock of birds and subsequent ditching on the Hudson River, US Airways Flight 1549, Airbus A320-214, N106US, Weehawken, New Jersey, January 15, 2009* (Aviation Accident Report No. NTSB/AAR-10/03). [National Transportation Safety Board](#)

Nussenzveig, M. (2002). *Física básica: Fluidos, oscilações e ondas, calor* (Vol. 2). Blucher.

Oliveira, N. C., da Costa e Silva, J., & Rebouças, G. O. G. (2023). *Construção de um tubo de Pitot: medindo a velocidade do vento*. *Experiências em Ensino de Ciências*, 18(4), 643–652.

Pinto, A., Diogo, F., Silva, F. M. F. R., & Delgado, P. (2020). Cursos profissionais do Ensino Secundário: processos, impactos e desafios. *Sensos-e*, 7(1), 46-56. <https://doi.org/10.34630/sensos-e.v7i1.3276>

Ponte, J. P. (2002). Investigar a nossa prática. In GTI – Grupo de Trabalho de Investigação (Ed.), *Reflectir e investigar sobre a prática profissional* (pp. 5–28). Associação de Professores de Matemática. <https://pages.ipb.pt/~mjt/documdisciplinas/investigararossa.pdf>

Schäfle, C., & Kautz, C. (2021). Student reasoning in hydrodynamics: Bernoulli's principle versus the continuity equation. *Physical Review Physics Education Research*, 17(1), 010147.

Von Linsingen, I. (2008). Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. *Ciência & Ensino (ISSN 1980-8631)*, 1.

Anexo 1 – Questionário de aula

 ESCOLA SECUNDÁRIA DE PENAFIEL Ano Letivo 2025/2026 Professor: Professor estagiário:	Curso Profissional Disciplina: Física e Química MÓDULO 2 – Hidrostática e hidrodinâmica    Cofinanciado pela União Europeia
Nome do aluno: _____ N.º: _____ Turma: _____ Data: 25/02/2026	

Depois de ver os vídeos disponíveis em

<https://www.youtube.com/watch?v=7kizdVNPcLo>

<https://www.youtube.com/watch?v=rN2nCJSPEZE>,

responda às questões seguintes.

- 1) Se os motores de um avião param em pleno voo, como é que os pilotos conseguem saber como planar e onde aterrar em segurança?
- 2) Quais fatores devem ser levados em consideração pelos pilotos para conseguir aterrar o avião em segurança?

Anexo 2 – Guião de atividade prática

 ESCOLA SECUNDÁRIA DE PENAFIEL	FÍSICA E QUÍMICA 10º Lançamento de aviões de papel – um estudo experimental da razão de planeio em aviões de papel	 REPÚBLICA PORTUGUESA EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E INOVAÇÃO 2025-2026
--	--	--

Data:

Nome:

Objetivos da atividade

O objetivo desta atividade é compreender a razão de planeio, percebendo a relação entre a altura de lançamento e a distância percorrida pelo avião. Pretende-se também medir, registar e analisar dados, de forma a perceber como a forma e o tamanho do avião influenciam o seu voo.

Procedimentos

Etapa 1 – Construção do avião.

- Construir o seu próprio avião de papel, podendo experimentar diferentes modelos de dobra.

Etapa 2 – Medição do avião.

- Medir o **comprimento** do avião com uma régua.
- Medir a **envergadura** (distância entre as extremidades das “asas”).

Etapa 3 – Lançamento e medição da distância.

- Lançar o avião a partir de uma altura definida.
- Medir a **distância horizontal percorrida** com uma fita métrica.

Etapa 4 – Calcular a razão entre a distância horizontal percorrida e a altura de lançamento.

- Calcular a razão de planeio.
- Comparar os seus resultados com os dos colegas e apresentar uma análise crítica.

Registo e tratamento de resultados

Conclusão e análise crítica

Anexo 3 – Rubrica de avaliação para apresentações

	RUBRICA DE AVALIAÇÃO Atividade experimental com apresentação oral				 2025 – 2026
Critérios	Níveis de desempenho				
	Nível 4 10-8	Nível 3 8-6	Nível 2 6-4	Nível 1 4-2	
Rigor científico	Explica corretamente todos os conceitos (pressão estática, pressão dinâmica, princípio de Bernoulli) sem erros.	Explica os conceitos principais corretamente, com pequenas imprecisões.	Apresenta alguns conceitos corretos, mas com erros relevantes.	Explicação incorreta ou muito incompleta dos conceitos.	
Compreensão do funcionamento do tubo de Pitot	Explica claramente como o instrumento mede a velocidade (diferença de pressões).	Explica o funcionamento geral, mas com alguma falta de detalhe.	Explicação parcial ou pouco clara.	Não compreende o funcionamento do dispositivo.	
Aplicação à aviação	Relaciona corretamente o tubo de Pitot com a medição da velocidade em aviões e discute implicações (ex.: segurança).	Refere corretamente a aplicação, mas sem aprofundar.	Apresenta ligação superficial ou incompleta.	Não consegue estabelecer ligação com a aviação.	
Comunicação Científica	Apresentação clara, organizada, com linguagem científica adequada.	Apresentação compreensível, com pequenas falhas.	Apresentação pouco clara ou desorganizada.	Comunicação confusa ou muito limitada.	
Cooperação	Todos os elementos participam ativamente, de forma equilibrada e colaborativa.	A maioria dos elementos participa de forma equilibrada.	Participação desigual entre os elementos do grupo.	Participação muito limitada de vários elementos ou trabalho concentrado num só aluno.	

Anexo 4 – Teste do módulo F2

 Ano Letivo 2025/2026 TESTE Professor: Professor estagiário:	Curso Profissional Disciplina: Física e Química MÓDULO 2 – Hidrostática e hidrodinâmica 
Classificação: ___ PONTOS Correspondente a ___ VALORES (por arredondamento às unidades)	
Professor _____	
Nome do aluno: _____ N.º: _____ Turma: _____ Data: 21/05/2026	

FORMULÁRIO

• Peso e massa $P = m \times g$ P – Peso (N) m – massa (kg) g – aceleração gravítica junto à superfície da Terra ($g=9,8 \text{ m/s}^2$) • Lei fundamental da hidrostática $p_A = p_0 + \rho \times g \times h_A$ p_A – pressão no ponto A (Pa) p_0 – pressão atmosférica (Pa) ρ – massa volúmica (kg/m^3) g – aceleração gravítica junto à superfície da Terra ($g=9,8 \text{ m/s}^2$) h_A – profundidade do ponto A (distância entre o ponto A e a superfície livre do líquido) (m) • Pressão $p = \frac{F}{A}$ p – Pressão (Pa) F – Força que atua num corpo (N) A – Superfície de área A (m^2)

- Caudal volumétrico $Q = \frac{\Delta V}{\Delta t}$
 Q – Caudal volumétrico (m^3/s)
 ΔV – Volume de líquido (m^3)
 Δt – Intervalo de tempo (s)

- Caudal volumétrico..... $Q = A \times v$
 Q – Caudal volumétrico (m^3/s)
 A – Área da secção reta da conduta (m^2)
 v – Velocidade com que o líquido passa numa determinado ponto (m/s)

- Caudal mássico $Q_m = \rho \times Q$
 Q_m – Caudal mássico (kg/s)
 ρ – massa volúmica (kg/m^3)
 Q – Caudal volumétrico (m^3/s)

- Equação da continuidade $Q_1 = Q_2 \Leftrightarrow A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2$
 Q_1 – Caudal volumétrico no ponto 1 (m^3/s)
 Q_2 – Caudal volumétrico no ponto 2 (m^3/s)

- Equação de Bernoulli $p_1 + \rho \times g \times h_1 + \frac{1}{2} \times \rho \times v_1^2 = p_2 + \rho \times g \times h_2 + \frac{1}{2} \times \rho \times v_2^2$

p_1 – pressão no ponto 1 (Pa)

h_1 – altura do ponto 1 (m)

v_1 – Velocidade no ponto 1 (m/s)

g – aceleração gravítica junto à superfície da Terra ($g=9,8 \text{ m}/\text{s}^2$)

ρ – massa volúmica (kg/m^3)

p_2 – pressão no ponto 2 (Pa)

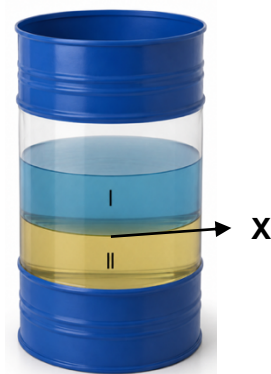
h_2 – altura do ponto 2 (m)

v_2 – Velocidade no ponto 2 (m/s)

1. Um funcionário de uma empresa colocou, por engano, óleo lubrificante num bidão que continha água. Ao fim de algum tempo, observou que os dois líquidos não se misturaram, como se observa na figura 1. Considere que a massa volúmica, ρ , da água é 1000 kg/m^3 e a massa volúmica do óleo lubrificante é 920 kg/m^3 .

1.1. Pode-se afirmar que...

- (A) o líquido I é a água por ter maior massa volúmica.
- (B) o líquido II é a água por ter maior massa volúmica.
- (C) os dois líquidos têm igual massa e igual volume.
- (D) os dois líquidos misturam-se porque têm massas volúmicas diferentes.



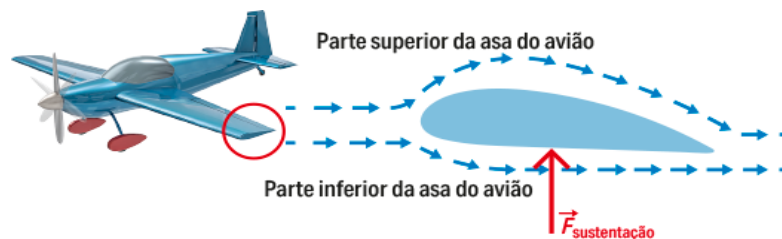
1.2. Sabe-se que a altura do líquido I no recipiente é $8,0 \text{ cm}$. Determine a pressão, p , em unidades SI, no ponto X, sabendo que $p_0 = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$.

- 2.** Um aluno do curso profissional, no seu estágio, pretende elevar o automóvel, de massa 1400 kg , através de um macaco hidráulico (figura 2). Sabe-se que $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ e que os êmbolos cilíndricos menor e maior possuem diâmetros de 10 cm e 26 cm , respetivamente.



Determine a intensidade da força que se deve aplicar no êmbolo menor, $\vec{F}_1$, para elevar o automóvel.

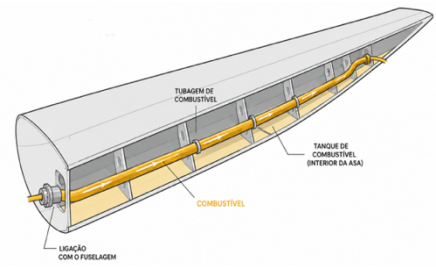
- 3.** Uma aplicação da equação de Bernoulli é bem visível, por exemplo, na asa de um avião (figura 3).



3.1. Selecione a opção que justifica, de acordo com a equação referida, a aplicação da força representada na figura 3, a qual favorece a sustentação do avião no ar.

- (A) Na parte inferior da asa, a velocidade do ar é maior, logo, a pressão é menor.
- (B) A velocidade do ar e a pressão são iguais na parte inferior e na parte superior da asa.
- (C) O efeito da velocidade do ar e da pressão é desprezável num avião em voo.
- (D) Na parte inferior da asa, a velocidade do ar é menor, logo a pressão é maior.

3.2. Na figura 4 está representado o combustível de um avião a circular numa tubagem instalada na asa, com uma área de secção reta de $4,0 \times 10^{-4} \text{ m}^2$. Durante o voo, o combustível escoá com uma velocidade média de $3,5 \text{ m/s}$. Determine o caudal volumétrico, Q , do combustível na tubagem na unidade no Sistema Internacional.



Apresente todos os cálculos efetuados.

3.3. Considere o incidente com o voo Air Transat 236, ocorrido em 24 de agosto de 2001, quando um Airbus A330 perdeu totalmente a potência dos motores devido à falta de combustível e precisou planar até a Base das Lajes, nos Açores. Após a avaria total dos motores, a aeronave encontrava-se a aproximadamente **10600 m de altitude** e conseguiu percorrer cerca de **120 km** em voo planado até à aterragem.

3.3.1. Calcule a **razão de planeio** do avião.

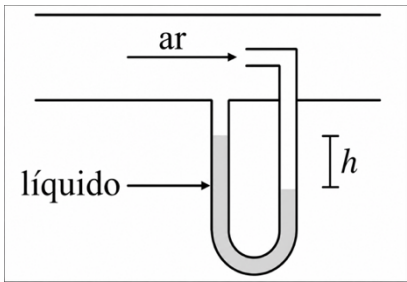
3.3.2. Qual das seguintes opções interpreta corretamente a razão de planeio deste avião?

- (A) O avião percorre cerca de 11 m na horizontal por cada metro de altitude perdida.
- (B) O avião perde cerca de 11 m de altitude por cada metro percorrido na horizontal.
- (C) O avião percorre cerca de 0,09 m na horizontal por cada metro de altitude perdida.
- (D) O avião mantém a altitude constante durante 120 km.

3.4. Um aluno utiliza o tubo de Pitot esquematizado na figura 4 para medir a velocidade do ar num túnel de vento.

Considere que:

- a densidade do ar é $1,2\text{ kg/m}^3$;
- a densidade do líquido é $1,2 \times 10^4\text{ kg/m}^3$;
- $h = 10\text{ cm}$;
- $g = 9,8\text{ m/s}^2$.



Calcule a velocidade do ar, nas condições mencionadas, recorrendo à equação de Bernoulli.

Cotações									
Questão	1.1	1.2	2	3.1	3.2	3.3.1	3.3.2	3.4	Total
Cotação	6	10	10	6	6	6	6	10	60

Anexo 5 – Questionário de perceção on-line

26/06/26, 04:03

Questionário sobre as aulas de Física

Questionário sobre as aulas de Física

Olá, aluno(a),

Este questionário tem como objetivo compreender a tua perceção sobre a tua própria aprendizagem nas aulas de **Física** e Química. As tuas respostas são muito importantes para nos ajudar a melhorar a qualidade do ensino, em particular no tema da hidrodinâmica nos cursos profissionais.

O questionário é anónimo e demora cerca de 10 minutos a ser concluído.

Agradecemos, desde já, a tua colaboração!

** Indica uma pergunta obrigatória*

1. Senti-me mais motivado(a) para aprender Física durante estas aulas. *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Concordo muito
- ☐ Concordo
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo muito

2. As atividades despertaram a minha curiosidade. *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Concordo muito
- ☐ Concordo
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo muito

26/06/26, 04:03

Questionário sobre as aulas de Física

3. Gostaria de ter mais aulas deste tipo. *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Concordo muito
- ☐ Concordo
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo muito

4. Sinto que compreendi o princípio de Bernoulli. *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Concordo muito
- ☐ Concordo
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo muito

5. Consigo explicar o surgimento da força de sustentação de um avião. *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Concordo muito
- ☐ Concordo
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo muito

26/06/26, 04:03

Questionário sobre as aulas de Física

6. Consigo explicar o funcionamento de um tubo de Pitot. *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Concordo muito
- ☐ Concordo
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo muito

7. A análise dos acidentes ajudou-me a perceber melhor os conceitos de hidrodinâmica. *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Concordo muito
- ☐ Concordo
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo muito

8. Percebo melhor a importância da Física na aviação. *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Concordo muito
- ☐ Concordo
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo muito

26/06/26, 04:03

Questionário sobre as aulas de Física

9. Os exemplos reais ajudaram-me a ligar a teoria à prática. *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Concordo muito
- ☐ Concordo
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo muito

10. Considero motivador estudar a Física através de casos reais. *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Concordo muito
- ☐ Concordo
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo muito

11. O campeonato de aviões de papel ajudou-me a compreender o conceito de razão de planeio. *

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Concordo muito
- ☐ Concordo
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo muito

26/06/26, 04:03

Questionário sobre as aulas de Física

12. A construção do tubo de Pitot facilitou a compreensão da medição da velocidade de um fluido.

*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Concordo muito
- ☐ Concordo
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo muito

13. As atividades práticas ajudaram-me a aprender melhor do que apenas aulas teóricas.

*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Concordo muito
- ☐ Concordo
- ☐ Discordo
- ☐ Discordo muito

14. O que mais gostaste nas atividades realizadas? Justifica.

26/06/26, 04:03

Questionário sobre as aulas de Física

15. O que menos gostaste ou mudarias nas aulas? Justifica.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pela Google.

Google Formulários

Anexo 6 – Extrato das Notas de Campo

As notas de campo encontram-se organizadas de forma sequencial, correspondendo cada registo a uma aula diferente.

NC1 – Nota de Campo 1

Data: 12 de março de 2026

Contexto: Aula 26 de Física e Química/Módulo F2 – Hidrostática e Hidrodinâmica numa turma do 10º do Ensino Secundário Profissional. Primeira aula da sequência didática criada para o ensino da Hidrodinâmica.

Registo:

Durante a aula, observou-se que os alunos demonstraram, de modo geral, bastante interesse pela problematização proposta através de um vídeo que apresentava um breve relato do acidente com o voo 236 da Air Transat. Ao longo da aula os alunos fizeram vários questionamentos acerca do acidente, formulando inclusive hipóteses acerca do planeio realizado pelo avião até a aterragem bem-sucedida nos Açores. Diferentemente das aulas anteriores, mais teóricas com resolução de exercícios, mesmo os alunos mais conversadores mantiveram-se atentos ao momento de exploração e discussão do vídeo utilizado. Dois dos alunos mais conversadores e com histórico de registo de problemas comportamentais, estiveram bastante atentos e participativos. Como é habitual, um deles fez questões que fugiam um pouco do contexto da aula em alguns momentos, mas ainda assim esteve participativo e atento em relação às aulas anteriores.

NC2 – Nota de Campo 2

Data: 19 de março de 2026

Contexto: Aula 27 de Física e Química/Módulo F2 – Hidrostática e Hidrodinâmica numa turma do 10º do Ensino Secundário Profissional. Segunda aula da sequência didática criada para o ensino da Hidrodinâmica. Realização de atividade prática em aula: campeonato de lançamento de aviões de papel.

Registo:

Durante a aula, observou-se que os alunos demonstraram, de um modo geral, interesse pela atividade proposta. A maioria trouxe para a aula, no telemóvel, um vídeo com um

tutorial sobre a construção de um avião de papel, evidenciando preparação prévia para a realização da tarefa. Perante esse envolvimento, foi autorizada a utilização do telemóvel durante a fase de construção dos aviões.

Os momentos de transição entre a sala de aula e o espaço destinado aos lançamentos revelaram-se os mais difíceis de gerir. Durante o percurso, alguns alunos lançaram os aviões de papel antes do momento previsto e nem todos cumpriram as regras previamente estabelecidas para a realização da atividade. Verificaram-se ainda conversas paralelas e um aumento da agitação do grupo.

A realização dos lançamentos decorreu de forma sequencial e célere. Nesta fase, observou-se um maior comprometimento dos alunos com a atividade e com o cumprimento das instruções fornecidas.

Durante toda a atividade, não foram colocadas questões pelos alunos, que centraram a sua atenção na construção e no lançamento dos aviões de papel.

NC3 – Nota de Campo 3

Data: 26 de março de 2026

Contexto: Aula 28 de Física e Química/Módulo F2 – Hidrostática e Hidrodinâmica numa turma do 10º do Ensino Secundário Profissional. Terceira aula da sequência didática criada para o ensino da Hidrodinâmica.

Registo: Durante a aula, foram utilizados vídeos curtos, incluindo um excerto do filme *Sully*, relacionado com o acidente do voo 1549 da US Airways. Observou-se que a visualização destes recursos audiovisuais suscitou uma participação ativa dos alunos, traduzida na formulação de questões e na realização de comentários sobre o conteúdo apresentado.

No caso do excerto do filme *Sully*, que retrata a colisão da aeronave com gansos canadenses e os acontecimentos que antecederam a amargem no rio Hudson, os alunos manifestaram interesse pelo tema. Colocaram questões sobre a espécie de aves envolvida no acidente e comentaram a tomada de decisão dos pilotos. Um dos alunos referiu que, caso a tripulação tivesse optado por regressar ao aeroporto, a aterragem não teria sido possível, demonstrando conhecimento prévio sobre o incidente.

Ao longo da exploração do vídeo, verificou-se um elevado nível de atenção e envolvimento dos alunos, evidenciado pela participação espontânea e pelas intervenções realizadas durante a discussão.

NC4 – Nota de Campo 4

Data: 23 de abril de 2026

Contexto: Aula 30 de Física e Química/Módulo F2 – Hidrostática e Hidrodinâmica numa turma do 10º do Ensino Secundário Profissional. Quinta aula da sequência didática criada para o ensino da Hidrodinâmica.

Registo: No início da aula, para introduzir o princípio de Bernoulli, foi apresentada uma situação-problema relacionada com a Fórmula 1, uma vez que, em aulas anteriores, alguns alunos haviam demonstrado interesse por esta modalidade. Foi exibido um vídeo sobre a Fórmula 1 e os alunos foram questionados acerca da função dos *ailerons*.

Após o questionamento, um dos alunos referiu que os *ailerons* eram responsáveis por produzir *downforce*, acrescentando que esta força "dá estabilidade e prende o carro ao chão, principalmente nas curvas". Na sequência desta intervenção, outros alunos participaram na discussão, explicando igualmente a função dos *ailerons* nos carros de Fórmula 1.

Durante este momento, observou-se uma participação ativa da turma, evidenciada pelas várias intervenções e pelo interesse demonstrado. Posteriormente, os alunos foram questionados sobre a influência do formato dos *ailerons* na produção da *downforce*. A maioria concordou que a sua forma desempenha um papel importante, tendo um dos alunos referido a existência de um dispositivo aerodinâmico móvel utilizado atualmente em alguns carros de Fórmula 1.

Por fim, foi colocada a questão sobre a origem física da *downforce*. Não se registaram respostas por parte dos alunos, que permaneceram em silêncio perante o desafio proposto. Após este momento, procedeu-se à introdução da Equação de Bernoulli como enquadramento teórico para a explicação do fenómeno.

NC5 – Nota de Campo 5

Data: 14 de maio de 2026

Contexto: Aula 33 de Física e Química/Módulo F2 – Hidrostática e Hidrodinâmica numa turma do 10º do Ensino Secundário Profissional. Oitava aula da sequência didática criada para o ensino da Hidrodinâmica. Conclusão de atividade prática em aula: construção de um tubo de Pitot.

Registo: Durante a atividade de construção do tubo de Pitot, observou-se, de um modo geral, um elevado envolvimento dos alunos na realização da tarefa. Na maioria dos

grupos, os alunos colaboraram entre si na construção do modelo, embora se tenha verificado uma distribuição desigual das tarefas, com alguns elementos a assumirem um papel mais ativo do que outros. Num dos grupos, registaram-se alguns desentendimentos entre os seus membros durante a execução da atividade.

Na fase de apresentação dos modelos construídos, observou-se que apenas um dos três grupos tinha preparado previamente a apresentação. Os restantes grupos organizaram a apresentação durante a própria aula.

O grupo que preparou previamente a apresentação explicou o funcionamento do tubo de Pitot, relacionando-o com a Equação de Bernoulli. Um dos alunos procurou demonstrar, com base nessa equação, a forma como é possível determinar a velocidade de uma aeronave. O mesmo grupo estabeleceu ainda uma relação entre o modelo construído e o acidente do voo 447 da Air France, referindo as alterações introduzidas no tubo de Pitot na sequência desse acidente.

Os outros dois grupos realizaram apresentações mais sucintas, centrando-se essencialmente na descrição do modelo construído e do seu funcionamento. Apesar das diferenças na preparação e no nível de detalhe das apresentações, observou-se que, em todos os grupos, os alunos colaboraram entre si durante a exposição oral.