

A Física do Som e do Silêncio com Inspiração Musical: um estudo no 11^o ano de escolaridade

Hélder Ferreira

Mestrado em Ensino de Física e Química no 3^o ciclo do ensino básico e no ensino secundário

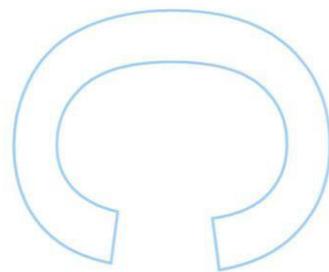
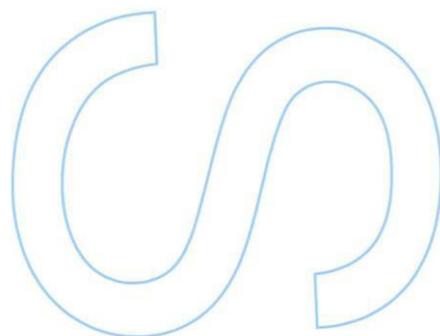
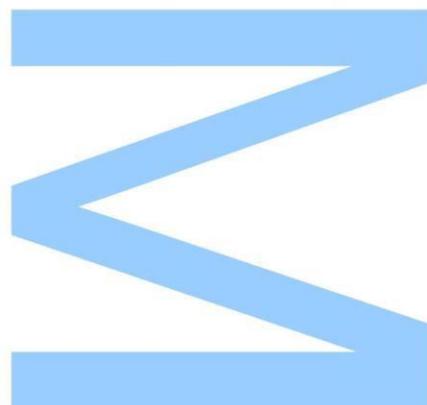
Unidade de Ensino das Ciências

2023

Orientador:

José Luís Campos de Oliveira Santos Professor Catedrático

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto



N

S

O

Declaração de Honra

Eu, Helder Filipe da Silva Ferreira, inscrito no Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto declaro, nos termos do disposto na alínea a) do artigo 14.º do Código Ético de Conduta Académica da U.Porto, que o conteúdo da presente relatório de estágio reflete as perspetivas, o trabalho de investigação e as minhas interpretações no momento da sua entrega.

Ao entregar este relatório de estágio, declaro, ainda, que a mesma é resultado do meu próprio trabalho de investigação e contém contributos que não foram utilizados previamente noutros trabalhos apresentados a esta ou outra instituição.

Mais declaro que todas as referências a outros autores respeitam escrupulosamente as regras da atribuição, encontrando-se devidamente citadas no corpo do texto e identificadas na secção de referências bibliográficas. Não são divulgados no presente relatório de estágio quaisquer conteúdos cuja reprodução esteja vedada por direitos de autor.

Tenho consciência de que a prática de plágio e auto-plágio constitui um ilícito académico.

Hélder Ferreira

Porto, 21 de junho de 2023

Agradecimentos

Deixo em primeiro lugar um agradecimento à minha família, à minha mulher Susana e aos meus filhos Helena e Xavier, pois sem o apoio, o amor, o carinho, a paciência e o sacrifício da parte deles isto não fazia sentido e eu não conseguiria atingir mais um capítulo da minha vida académica.

Um agradecimento especial ao professor José Luís Santos, que me acompanhou nesta etapa da vida sempre com um espírito de alegria e de entusiasmo, sempre disponível para me ajudar e guiar neste processo de aprendizagem e que contribuiu para a minha formação profissional.

Também um agradecimento para as professoras da escola secundária Inês de Castro, onde realizei o estágio profissional, pela disponibilidade e recetividade. Em particular, deixo um agradecimento especial para a professora Teresa Simões com quem trabalhei mais de perto, pelo bom ambiente que criou, que nos facilitou a adaptação e aprendizagem, pela sua empatia, flexibilidade e maneira de ser que nos cativou e ajudou ao longo deste processo.

Não podia também deixar de referir o meu companheiro de estágio Nuno Martins, pelas nossas conversas e partilhas, pela sua emoção, pelo seu ponto de vista único das coisas e acima de tudo pela sua criatividade que muito contribuiu para a nossa aprendizagem ao longo deste ano letivo. Também um agradecimento ao Francisco Alves, que também estagiou na escola e esteve sempre presente nas conversas e partilhas, e, estando na sala ao lado, sempre disponível para ajudar.

Por fim, um agradecimento aos meus amigos, pois graças a eles e aos convívios efetuados quer seja a fazer música, a andar de bicicleta, a jogar à bola ou simplesmente a conversar, contribuíram para manter a minha saúde mental ao longo desta etapa da minha vida.

O meu mais sincero obrigado a todos por fazerem parte da minha vida.

Resumo

Este relatório de estágio, na área da física, tem como objetivo apresentar uma metodologia de ensino que incentive o envolvimento dos estudantes. Para tal, recorreu-se à técnica de *peer instruction*, à utilização de instrumentos musicais na sala de aula e a uma avaliação com gamificação para estudantes do 11.º ano de escolaridade.

Foram elaborados questionários com recurso a questões conceptuais de escolha múltipla para avaliar os conhecimentos dos estudantes antes da apresentação de um domínio da matéria, de modo a analisar a sua motivação e o raciocínio crítico. Os métodos de gamificação, que utilizam elementos de jogos para incentivar a aprendizagem, foram também utilizados durante as regências, a fim de obter indicações em tempo real sobre a compreensão dos estudantes. Esta informação foi depois utilizada para reforçar os conteúdos que necessitavam de ser reforçados, ajudando a garantir uma aprendizagem mais significativa e abrangente do que a que normalmente se encontra apenas nos manuais escolares. A utilização de instrumentos musicais na sala de aula permitiu uma forma diferente de aprender ciência. A maioria dos estudantes não relaciona a música com outras disciplinas, e a utilização de analogias entre a música e a ciência ajuda a compreender melhor a matéria em questão.

Todas as atividades, técnicas e procedimentos utilizados encontram-se descritos neste relatório. Os resultados obtidos através desta implementação demonstram que a utilização desta abordagem é viável e resulta em melhorias na aprendizagem.

Palavras-chave: *Peer instruction*, Gamificação, Sinais, Ondas, Instrumentos Musicais, Ensino Física.

Abstract

This internship report in physics aims to present a teaching methodology that leads to student participation. For this purpose, the technique of peer instruction was used, combined with the use of musical instruments in the classroom, as well as an assessment with gamification for eleventh grade students.

Questionnaires with conceptual multiple-choice questions were developed to assess students' knowledge before presenting their knowledge of the topic to analyze their motivation and critical thinking. During the substitution lessons, assessment methods using games were applied to obtain real-time indicators of students' knowledge to evaluate which content needs to be reinforced to provide more meaningful and comprehensive learning compared to the content included in the textbooks. In the context of the study of sound, the use of musical instruments also brought the possibility of learning differently, since most students do not associate music with science and the use of analogies between music and science contributes to a better understanding of the subject and learning.

The activities developed are described in this report, which presents the results obtained during the learning process, and it was possible to verify that the use of this methodology allowed an improvement in the acquisition of knowledge by the students.

Keywords: Peer instruction, Gamification, Signs, Waves, Musical Instruments, Physical Education.

Índice

Declaração de Honra.....	iv
Agradecimentos.....	v
Resumo	vi
Abstract.....	vii
Índice	viii
Lista de Tabelas	ix
Lista de Figuras	ix
Lista de Gráficos.....	ix
Lista de Abreviaturas	x
1. Introdução	1
2. Dossier de Estágio.....	5
3. Enquadramento Teórico	6
3.1. Ensino da física através da música.....	6
3.2. Testes Conceptuais	9
3.3. Avaliação dos Conhecimentos com Teste de Gamificação	10
4. Enquadramento didático-curricular	11
5. Prática em ambiente escolar.....	12
5.1. Caracterização dos estudantes.....	12
5.2. Elaboração dos testes.....	12
5.2.1. Avaliação dos resultados dos testes	13
5.3. Avaliação formativa nas aulas	22
5.3.1. Avaliação dos Mentimeters	23
5.4. Questionário de satisfação.....	24
6. Conclusões e considerações finais.....	25
7. Reflexão autocrítica e projetos futuros.....	27
8. Bibliografia	29
9. Apêndice 1 – Teste de Avaliação.....	a
10. Apêndice 2 – Questões do 1.º Mentimeter	e
11. Apêndice 3 – Questões do 2.º Mentimeter	h
12. Apêndice 4 – Questionário de Satisfação.....	l
13. Apêndice 5 – Poema Musical	m

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Resultados obtidos no pré-teste.....	13
Tabela 2 - Temática de cada questão.	15
Tabela 3 – Resultados obtidos no pós-teste	16
Tabela 4 - Ganhos relativos normalizados de cada estudante, em percentagem.....	18
Tabela 5 - Ganhos normalizados questão a questão, em percentagem	20
Tabela 6 - Resultados peer instruction	21
Tabela 7 - Resultados do 1º Mentimeter.	23
Tabela 8 - Resultados do 2º Mentimeter.	23

Lista de Figuras

Figura 1 - Relação entre vibração e som com outras disciplinas.	7
Figura 2 - Utilização de instrumentos na sala de aula.....	8

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Distribuição das notas obtidas no pré-teste.....	14
Gráfico 2 - Respostas corretas (%) a cada uma das questões do pré-teste.	15
Gráfico 3 - Distribuição dos resultados obtidos no pós-teste	16
Gráfico 4 - Respostas corretas (%) a cada uma das questões do pós-teste	17
Gráfico 5 - Gráfico de comparação dos resultados	17
Gráfico 6 - Ganhos absolutos em função das respostas corretas do pré-teste.....	19
Gráfico 7 - Ganhos relativos normalizados (%), questão a questão.	20
Gráfico 8 - Resultado questão a questão com % de respostas corretas.....	22

Lista de Abreviaturas

AE – Aprendizagens essenciais

DGE – Direção Geral da Educação

ESIC – Escola secundária Inês de Castro

FCUP – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

IAVE – Instituto de Avaliação Educativa

IPP – Iniciação à prática profissional

PASEO – Perfil do aluno à saída da escolaridade obrigatória

TAF – Tarefa de avaliação formativa

TIC – Técnicas de informação e comunicação

1. Introdução

Vivemos num mundo em pleno desenvolvimento tecnológico, sendo essencial para a sociedade compreender os fenómenos que ocorrem no planeta Terra bem como no universo, daí a ciência, nos seus diferentes ramos, desde a física, a química, a biologia, a geologia e a astronomia, sem nos esquecermos da matemática que envolve muitos dos processos e contribui para os meios de os podermos compreender.

No caso da física, esta tem um papel fundamental na vida das pessoas e envolve um sem número de atividades das quais o ser humano nem se apercebe, tais como, andar, ver, escutar, produzir sons, conduzir uma bicicleta, falar ao telemóvel, exemplos apenas de um conjunto vastíssimo de atividades que, de modo consciente ou inconsciente, envolve a vida do ser humano. Todas elas aplicam princípios da física, motivo pelo qual no ensino é necessário encontrar sempre analogias com o mundo em que vivemos para, deste modo, os estudantes serem capazes de compreender com um toque de diversão os fenómenos do dia a dia.

No presente relatório vou abordar o domínio dos sinais e ondas relacionados com o som.

Na nossa vivência diária muitas vezes não nos apercebemos da importância do som. Alguém com capacidade auditiva consegue imaginar o nosso quotidiano sem a beleza da diversidade de sons que nos cercam? Sem eles imagina-se um cenário muito mais triste e frio, quase sem vida. Para além de nos ajudar num relacionamento mais claro e compreensivo, o som tem a espantosa capacidade de sintonizar a memória e de despertar. Sem som a vida seria certamente muito menos colorida. Desde logo, através do som é possível produzir música com tudo o que daí decorre para o equilíbrio da existência humana.

Tudo começa com as ondas, as ondas estão por toda a parte. Então, o que é uma onda?

Uma onda é descrita como uma perturbação que viaja através do espaço de um local para outro, transportando energia, mas não matéria. Onda esta que é responsável por nos conseguirmos comunicar com diferentes timbres, intensidades e alturas.

Com a evolução tecnológica torna-se então mais fácil de fazer chegar aos discentes a informação, mas para isso também é importante estarmos a par da evolução tecnológica, “*Os professores precisam de integrar em plenitude a tecnologia ao currículo, em vez de a ver apenas como um complemento, uma reflexão ou um evento*”. (Heidi Hays Jacobs, 1989)

Tendo em conta a disciplina de Física e Química, temos como objetivo ser capazes de cativar, entusiasmar e motivar os estudantes para a aprendizagem desta ciência, utilizando ferramentas que permitam que sejam capazes de compreender diferentes fenómenos, e descobrir as suas relações e conceber aplicações, tudo numa envolvência que se pretende que seja caracterizada pela curiosidade e procura de conhecimento integrado.

A escola assume um papel importante neste processo, pois, “*perante os outros e a diversidade do mundo, importa criar condições de equilíbrio entre o conhecimento, a compreensão, a criatividade e o sentido crítico. Trata-se de formar pessoas autónomas e responsáveis e cidadãos ativos*” (PASEO, 2017:5).

Com o conhecimento adquirido, os estudantes têm a liberdade de desenvolver ideias e projetos criativos que a eles façam sentido, a partir da sua imaginação, inovação, criatividade, pensando por eles próprios. É relevante enfatizar que o mundo evolui à nossa volta e com o desenvolvimento tecnológico é necessário adaptar o ensino ao estado atual tecnológico. Conforme Marcus Spetch (2021), “*os estudantes do futuro exigirão um suporte de aprendizagem adequado ao seu contexto... e eles querem-no quando surge essa necessidade. Não antes, nem depois. Os dispositivos moveis serão a chave tecnológica para fornecer esse suporte de aprendizagem*”. Compreende-se, pois, a necessidade de equipar os professores com tecnologia que automatizará o trabalho enfadonho, potenciará a educação e a tornará mais poderosa, deste modo, os professores podem dedicar mais tempo de qualidade naquilo em que são bons, ou seja, a ensinar.

Com esta contextualização, para contribuir para uma melhor aprendizagem dos estudantes, para além da utilização de instrumentos e recurso a analogias relativas ao dia-a-dia, foi usada a estratégia da gamificação para a avaliação do conhecimento, estratégia esta que consiste na utilização de plataformas digitais nas quais são criadas perguntas com quatro opções de respostas para as quais os alunos tem que responder de modo a verificar os conhecimentos adquiridos durante a aula, a plataforma utilizada

foi o *Mentimeter*. Esta estratégia foi projetada de modo que os estudantes sejam obrigados, a estimular a sua capacidade de raciocínio e de decisão mediante situações concretas.

A utilização da Peer Instruction, metodologia desenvolvida pelo professor de Física da Universidade de Harvard, Eric Mazur, durante os anos 90, "*Peer Instruction: A User's Manual*" na qual se altera a dinâmica da sala de aula, de modo que os estudantes se auxiliem uns aos outros na compreensão dos conceitos também contribuiu para o desenvolvimento do estudante. "*Os estudantes desenvolvem habilidade de um raciocínio complexo de uma forma mais eficaz, quando estão envolvidos ativamente com os conteúdos que estão a estudar, e descobriram que as atividades colaborativas são uma excelente maneira de envolver os estudantes de uma forma mais eficaz*" (D.W. Johnson, R.T. Johnson, and K.A. Smith, 1991). Desta forma, a "*Peer Instruction modifica o formato de uma aula tradicional de modo a incluir perguntas destinadas a envolver os alunos e a descobrir as suas dificuldades*" (Eric Mazur, 1997). Numa primeira fase foi dado um teste conceptual que os estudantes tiveram de realizar para o impacto destas abordagens de ensino no domínio da física, os testes conceptuais apresentam questões relacionadas com os conteúdos a ensinar, como por exemplo, o som precisa de um meio material para se propagar? "*O uso de testes conceptuais provou com sucesso o aumento do interesse e desempenho de um estudante a aprender física*" (Eric Mazur, 1997). Os testes conceptuais "*não são simplesmente baseados em conteúdos baseados em questões de escolha múltipla que dependem apenas do facto de o estudante ler os seus apontamentos ou memorizar um facto ou uma definição. Os testes conceptuais são projetados para avaliar a compreensão do estudante sobre os principais conceitos subjacentes ao material da aula*" (Eric Mazur), os testes conceptuais, "*podem ser considerados equivalentes a questões de compreensão, aplicação ou análise como as definidas pela taxonomia de Bloom*" (Eric Mazur), em que os objetivos de aprendizagem partem dos de menor complexidade a fim de atingir o objetivo principal. Foi feito então no final das aulas de regência o mesmo teste conceptual de forma a quantificar a melhoria adquirida pelos estudantes na compreensão dos conceitos lecionados. Então com a metodologia da peer instruction, pretende-se que os estudantes tenham a capacidade do pensamento crítico, adquirindo competências para a avaliação de contextos mais complexos, de serem capazes de analisa e criar situações relacionadas com os conceitos adquiridos, assim como aplicar o correspondente conhecimento, tudo isto tendo em conta um fator essencial de peer Instruction, nomeadamente a competência interpessoal.

Deste modo os estudantes adquirem a motivação e capacidade de trabalharem em grupo e de desenvolverem uma atitude colaborativa e participativa para a resolução de problemas.

2. Dossier de Estágio

Este capítulo tem como objetivo introduzir o dossier da iniciação à prática profissional (IPP), elaborado ao longo do ano letivo de 2022/2023, o qual, engloba todas as práticas educativas realizadas ao longo do estágio na escola Secundária Inês de Castro, sob a supervisão da professora Teresa Simões.

Link dossier:

https://sigarra.up.pt/fcup/pt/conteudos_service.conteudos_cont?pct_id=646139&pv_co_d=51taSm0Daua

Este documento começa com uma breve descrição da escola ESIC e uma pequena caracterização das turmas que acompanhei ao longo do ano letivo.

De seguida são apresentadas todas as planificações efetuadas para as turmas bem como os materiais de apoio utilizados durante as regências. Nestes documentos constam testes de avaliação formativa em papel, em *google forms*, bem como outras formas de avaliação através de ferramentas digitais como o *Mentimeter* e o *Kahoot*. Também são utilizados simuladores online que contribuíram para uma melhor compreensão da matéria, desses simuladores destaco o PHET e o *Ophysics*.

No capítulo seguinte são apresentadas algumas das atividades extracurriculares realizadas com os estudantes quer do 8º ano quer do 11º ano.

No final é feita uma reflexão crítica de todo o percurso realizado ao longo deste ano letivo, dos quais são destacados alguns momentos mais marcantes das aprendizagens realizadas, bem como agradecimentos e projetos futuros.

3. Enquadramento Teórico

3.1. Ensino da física através da música

Com esta atividade, pretendeu-se mostrar o papel fundamental que a física tem na compreensão da dinâmica musical e, por outro lado, usar a música para potenciar a aprendizagem da física. Então para a sala de aulas foram levados instrumentos musicais, os quais foram explorados pelos estudantes, a relação entre esses instrumentos, como varia a sua frequência, a sua intensidade e as diferenças de timbre, bem como a criação de um tema musical relativamente aos conceitos em estudo.

Tanto quanto é conhecido, a ligação entre a física e a música começou com Pitágoras, no século VI antes de Cristo. As suas experiências demonstraram a ligação entre a música e a física e, em resultado disso, a sua ligação à matemática, levando à criação da Escola Pitagórica. De acordo com Rogers (2004), *“a música é um domínio perfeito para uma abordagem interdisciplinar pois é natural a sua interseção com a física e com a matemática, em geral com a Ciência”*, sendo de salientar que a conceção interdisciplinar pode potenciar as perspetivas educativas dos professores.

Esta conjetura leva a uma abordagem interdisciplinar, o que permite explicar processos que, por vezes, podem ser mais complexos quando se considera apenas uma destas disciplinas. Citando Piaget, (1972) *“com tempo uma abordagem interdisciplinar evolui para uma abordagem multidisciplinar e transdisciplinar, e com isto o estudante é capaz de adquirir o conhecimento necessário para a compreensão dos conceitos, pois a abordagem multidisciplinar envolve a cooperação entre esses conceitos, teorias e, métodos, levando a que eles convirjam para o objetivo pretendido”*. A música, em particular os seus constituintes básicos, nomeadamente a vibração e o som, estão relacionados não só com a física e com a matemática, mas também com um universo que envolve diferentes campos. Isto pode ser observado na Figura 1, que mostra um modelo de interdisciplinaridade e definições de música segundo diferentes perspetivas, desde a física à biologia, a educação à sociologia.

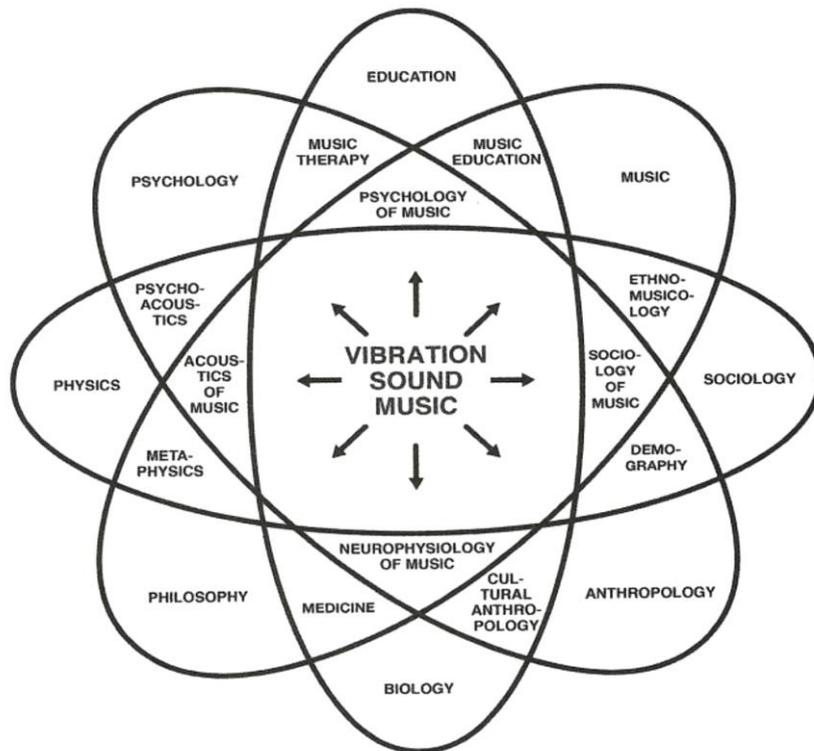


Figura 1 - Relação entre vibração e som com outras disciplinas.

(Eagle, 1996)

Com a música é possível fazer inúmeras analogias aos conteúdos lecionados de modo a complementar o conhecimento por parte dos alunos, como diz Daniel Levitin (2006), “*Quanto mais eu aprendo musica e ciência mais fascinantes elas se tornam, e mais me sinto fascinado por quem é bom nas duas*” e a “*história entre a musica e a ciência tem uma relação de interação entre neurónios e notas*”, quer o campo da física, quer o campo da música aliados tem muito para oferecer um ao outro.

Com este enquadramento, neste estágio, pretendemos utilizar uma metodologia ancorada na música para ajudar os estudantes a compreender conceitos como sinais, ondas, período, frequência, comprimento de onda, timbre, intensidade e altura.

Como é que a música pode ser usada na sala de aulas?

A música é usada para ensinar ou reforçar conteúdos científicos. Utilizar a música para uma melhor compreensão dos termos e dos conceitos utilizados, a música também é usada para melhorar o ambiente da sala de aula, “*A ciência e a música são inseparáveis e simbióticas*” Michael J. Montague (2019).

Foram então utilizadas várias atividades com recurso a instrumentos musicais na sala de aula, Figura 2, de modo a potenciar a aprendizagem dos estudantes, tais como a utilização da guitarra para mostrar os atributos do som, tais como a frequência de diferentes notas, a intensidade com o tocar mais próximo de um microfone ou mais afastado, bem como o timbre, com jogos de diferentes instrumentos nos quais os estudantes identificam pelo timbre característico, também testando os estudantes a ouvir os seus colegas sem os ver para reconhecer o timbre característico que todos nós temos e que nos define.

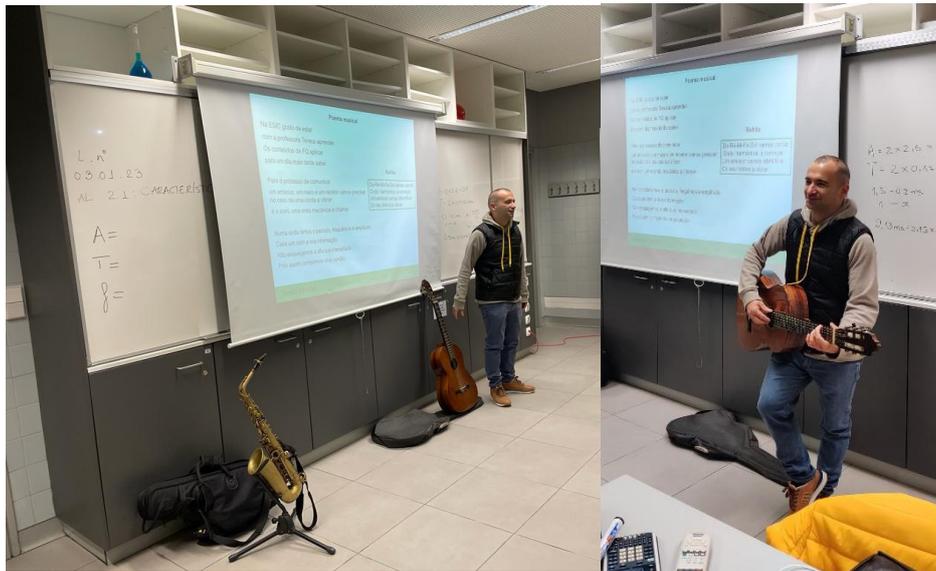


Figura 2 - Utilização de instrumentos na sala de aula

A aplicação de TAF's durante as regências também contribuíram para um maior empenho e participação por parte dos estudantes.

Existem vários estudos que demonstram que o processo educativo beneficia da interdisciplinaridade entre a música e a física dos quais se podem referir os trabalhos de Michael J. Montague (2019) *The Science of Music and the Music of Science: How Music reveals Our Brain, Our Humanity, and the Cosmos*, também de Laura Sanders (2017), *Your Brain on Music: The Cognitive Benefits of Music*, o livro de Michael H. Thaut e Donald A. Hodges (2021), *The Oxford Handbook of Music and the Brain*, também destaque o livro de Ian Johnston (2009), *Measured tones: the interplay of physics and Music*, entre muitos outros livros que existem sobre o tema.

Portanto, a relação entre a música e a física é muito rica e diversa, e há muitas maneiras em que as duas podem se complementar e enriquecer mutuamente, como por exemplo, a explicar a relação entre som grave e som agudo recorrendo a uma guitarra e mostrando através da grossura das cordas ou do seu comprimento. Destaco o físico Carlos Fiolhais que é um divulgador de ciência em Portugal e que tem explorado essa relação mostrando como a física pode ser uma ferramenta útil para entender a música, e como a música pode ser uma fonte de inspiração para a física, “*a relação entre a música e a física é fascinante, pois ambas as áreas buscam entender os fenómenos naturais e como eles se manifestam no nosso mundo*”. Em 2017, foi criado o projeto Música e Ciência, que conta com o professor Carlos Fiolhais. Este programa foi criado com o objetivo de levar a todos os estudantes a exploração das relações entre a música clássica e a ciência, “*A arte de conjugar sons encerra um imenso conjunto de processos científicos e convenções.*” Carlos Fiolhais (2022).

3.2. Testes Conceptuais

Os testes conceptuais utilizados são de questões múltiplas com foco num conceito ou num campo conceptual e que permitem uma rápida avaliação formativa da aprendizagem por parte do estudante. A sua combinação com a instrução de pares, é uma ferramenta de estratégia institucional que envolve todos os estudantes da sala, sendo que “*a peer instruction modifica o formato de uma aula tradicional de modo a incluir perguntas destinadas a envolver os estudantes e a descobrir as suas dificuldades*” (Mazur, 1997; Sokoloff and Thornton, 1997; Hake, 1998; Crouch and Mazur, 2001; Jones et al., 2001; Pilzer, 2001; Cox and Junkin, 2002).

Então com a atividade da Peer instruction, o objetivo foi a interação entre os estudantes, criando um ambiente colaborativo em que eles são capazes de interpretar e discutir conceitos de forma a serem capazes de em conjunto chegar à resposta correta. Foi então disponibilizado o teste em formato digital por grupo, após a realização do pós-teste individual, no qual os estudantes não sabem se o que responderam está correto.

Após a realização do mesmo verificou-se a percentagem de acerto, na qual abaixo dos 30% era necessário rever os conceitos, entre os 30% e os 70% era necessário fazer uma nova discussão de pares e votação, e acima dos 70% considerávamos que os

conceitos foram aprendidos com sucesso, tudo isto de acordo com o modelo de Eric Mazur (Mazur, 1997).

3.3. Avaliação dos Conhecimentos com Teste de Gamificação

São grandes os desafios que se encontra no ensino da Física, as aulas onde predominava o ensino centrado no professor, em que ele expunha os conteúdos e havia uma reprodução do mesmo por parte dos estudantes, sendo essa aprendizagem mecanizada, não contribui para cativar o aluno na aprendizagem de algo que se pode tornar mais complexo. Mas com a evolução tecnológica e as TIC, as aulas tornam-se mais apelativas e flexíveis, de forma que o estudante seja o foco, e a aprendizagem se centre nele. Motivar um aluno para aprender não é tarefa fácil, é de facto bem complexa, e o aparecimento das TIC veio ajudar nesse processo.

O conceito *gamificação* foi apresentado por Deterding et al. (2011), no qual a utilização de um *design* de jogo na sala de aula, pode motivar, aumentar o interesse e a capacidade de aprendizagem do estudante. Então são destacados quatro elementos fundamentais para o processo de gamificação: “*voluntariedade, regras, objetivos e feedbacks*” (McGonigal, 2011)

Então, neste conceito, a utilização de *quizzes* tem como objetivo incentivar os estudantes a participar e a desenvolver o seu conhecimento, ajudando a descobrir as suas dificuldades e possibilitando uma atuação rápida na procura de os fazer compreender um determinado conceito.

Este processo de *gamificação* foi utilizado no final da aula para a verificação da aprendizagem adquirida com recurso a uma ferramenta prática, divertida e dinâmica, o *Mentimeter*, plataforma colaborativa que permite a interação em tempo real.

4. Enquadramento didático-curricular

Este trabalho de análise e investigação relativamente às aprendizagens essenciais (AE) referentes ao ensino da Físico-Química (DGE despacho nº 8476-A/2018), focou-se no programa do 11º ano na vertente das Ondas e Eletromagnetismo, em concreto no domínio de Sinais e Ondas.

Aprendizagens essenciais:

- Interpretar, e caracterizar, fenómenos ondulatórios salientando as ondas periódicas, distinguindo ondas transversais de longitudinais e ondas mecânicas de eletromagnéticas;
- Relacionar frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação, explicitando que a frequência de vibração não se altera e depende apenas da frequência da fonte;
- Aplicar, na resolução de problemas as periodicidades espacial e temporal de uma onda e a descrição gráfica de um sinal harmónico, explicando as estratégias de resolução e os raciocínios demonstrativos que fundamentam uma conclusão;
- Identificar o som como uma onda de pressão.

5. Prática em ambiente escolar

Este trabalho está dividido em duas partes. A 1ª parte é relativa ao teste conceptual, que foi utilizado de duas formas diferentes, como pré-teste para determinar o conhecimento prévio dos estudantes, e como pós-teste em duas fases, uma delas em que os estudantes respondem individualmente ao teste, e uma outra em que aplicando a metodologia de trabalho de pares verificou-se a evolução e a melhoria obtida pelos estudantes. No período entre o pré-teste o pós-teste as aulas foram lecionadas de modo a potencializar a utilização de ferramentas que estimulassem os estudantes, tais como avaliações com recurso a jogos com cartões de cores, a questões colocadas das quais o aluno tem um cartão de resposta, bem como a utilização da música como veículo de ligação com a física, neste caso nos atributos do som e em fenómenos acústicos. A 2ª parte consiste no uso da gamificação para análise da compreensão dos estudantes nos conteúdos lecionados em sala de aula.

5.1. Caracterização dos estudantes

A turma do 11ºC é constituída por 22 estudantes, 10 rapazes e 12 raparigas. Não existem estudantes com referência de necessidades educativas, mas existem alguns com dificuldades de aprendizagem assinaladas. A turma também tem três estudantes que ingressaram oriundos de outros países, neste caso, Brasil, Angola e Venezuela. Pelas informações recolhidas, é uma turma heterogénea com predominância de estudantes de baixo rendimento escolar.

5.2. Elaboração dos testes

Para a elaboração dos testes foram utilizadas questões do manual de Eric Mazur, "*Peer instruction: A User's Manual*" tendo em conta o currículo já adquirido pelos estudantes (questões 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9 e 12). As questões 7, 11 e 13 são relativas ao livro do IAVE, "*Física e Química A, questões de exames nacionais e de testes intermédios*", já as questões 8 e 10 foram criadas levando em conta os conceitos a serem trabalhados, tendo sido validadas por professores da área, assim como por estudantes não inseridos

neste teste, a validação foi feita através da resposta a estas questões e à análise das mesmas.

O teste foi feito em dois formatos, em papel e em formulário google *forms*. Na realização do pré-teste, antes das aulas de regência, foi utilizado o formato em papel. Já no pós-teste foi utilizada a plataforma digital do google *forms* para as respostas individuais. Após a realização do teste individual foi aplicada a metodologia da *peer instruction*, formaram-se alguns grupos e realizaram de novo o mesmo teste. O teste encontra-se no *Apêndice 1*.

5.2.1. Avaliação dos resultados dos testes

Foram consideradas 16 questões, cujos resultados se encontram na Tabela 1, (0 errado; 1 certo).

Tabela 1 - Resultados obtidos no pré-teste

	N.º da questão	N.º da questão																Total 16/16	Total %
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13.1	13.2	13.3	13.4		
N.º do estudante	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	3	18.75
	2	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4	25
	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	4	25
	A	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	12.5
	4	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	25
	5	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	4	25
	6	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	6	37.5
	7	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	5	31.25
	8	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	6	37.5
	9	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	5	31.25
	10	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	5	31.25
	11	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	5	31.25
	12	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	5	31.25
	13	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	6	37.5
	14	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	3	18.75
	15	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	5	31.25
B	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	6	37.5	
16	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	7	43.75	
17	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	10	62.5	
18	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	4	25	
C	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	5	31.25	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	12.5	

Pela análise dos dados da Tabela 1 constata-se que a turma não dominava os conceitos da unidade *Sinais e Ondas*. 3 estudantes foram identificados com as letras A,B e C pois não estavam em sala aquando da realização do pós-teste.

A partir desses dados construiu-se o Gráfico 1, em que os estudantes são agrupados pelos resultados obtidos.



Gráfico 1 - Distribuição das notas obtidas no pré-teste.

É possível verificar que apenas um estudante tem um nível satisfatório de aproveitamento no tema. De realçar que grande parte dos estudantes não tem conhecimentos de base sólidos sobre o tema, pois apenas um, se aproxima dos 50%.

Analisando cada questão com identificação do seu foco, Tabela 2, e as quais estão com uma cor correspondente ao nível de desempenho obtido que vai do vermelho-escuro para níveis de classificação abaixo dos 20%, vermelho-claro entre os 20% e os 30%, laranja para níveis entre os 30% e os 40%, amarelo entre os 40% e os 50%, e o verde com valores acima dos 50%, obteve-se os resultados indicados no Gráfico 2.

Tabela 2 - Temática de cada questão.

Questão	Temática
1	Características do som
2	Velocidade da onda
3	Intensidade do som
4	Efeito de Doppler
5	Propagação de ondas
6	Propagação de ondas
7	Variação das características da onda
8	Variação das características da onda
9	Variação das características da onda
10	Variação das características da onda
11	Tipo de ondas
12	Características do som
13.1	Características do som
13.2	Variação das características da onda
13.3	Variação das características da onda
13.4	Características do som

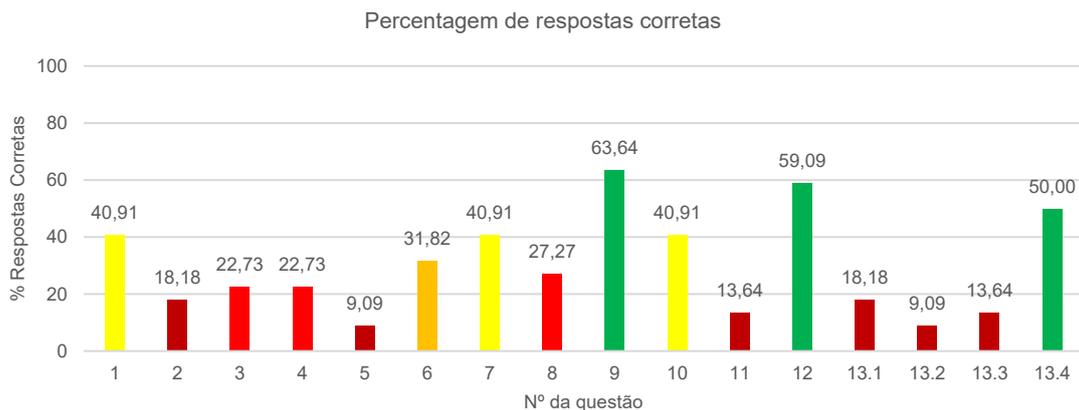


Gráfico 2 - Respostas corretas (%) a cada uma das questões do pré-teste.

Pela análise destes resultados verificamos que quando o tópico em análise é a característica do som estes revelam-se satisfatórios para a maioria dos estudantes, acontecendo o contrário quando o objeto em análise é o próprio conceito de onda. Assim, através deste pré-teste foi possível identificar as fragilidades dos estudantes, permitindo orientar o foco em sala de aula durante as aulas de regência.

Após as aulas de regência foi de novo realizado o mesmo teste, tendo sido obtidos os resultados indicados na Tabela 3 e a distribuição expressa no gráfico 3.

Tabela 3 – Resultados obtidos no pós-teste

N.º do estudante	N.º da questão																Total 16/16	Total %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13.1	13.2	13.3	13.4		
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	6	37.5
2	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	11	68.75
3	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	10	62.5
4	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	11	68.75
5	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	12	75
6	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	13	81.25
7	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	37.5
8	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	9	56.25
9	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	12	75
10	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	10	62.5
11	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	10	62.5
12	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	10	62.5
13	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	10	62.5
14	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	12	75
15	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	11	68.75
16	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	9	56.25
17	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	12	75
18	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	12	75
19	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	10	62.5

Distribuição das notas dos estudantes

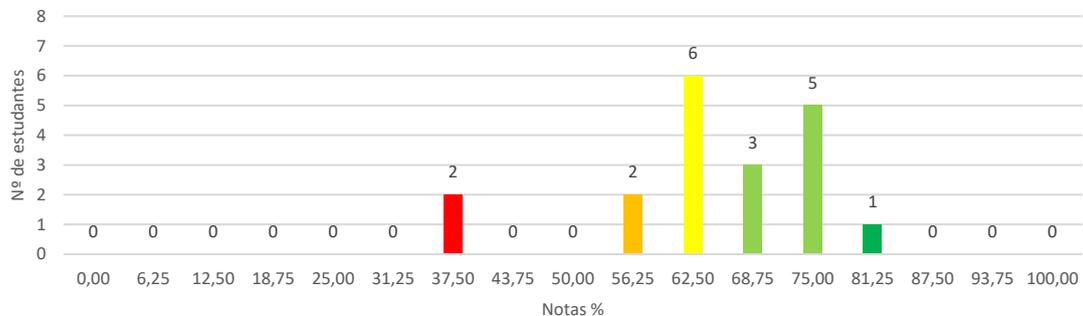


Gráfico 3 - Distribuição dos resultados obtidos no pós-teste

Comparando com os resultados do pré-teste no qual apenas um estudante obteve classificação positiva, 4,5% dos estudantes da turma, os resultados melhoraram substancialmente, traduzindo-se numa percentagem de 89,5% de avaliações positivas.

Esta melhoria de aproveitamento é também bem evidente ao nível das percentagens de respostas corretas para cada uma das questões do gráfico 4.

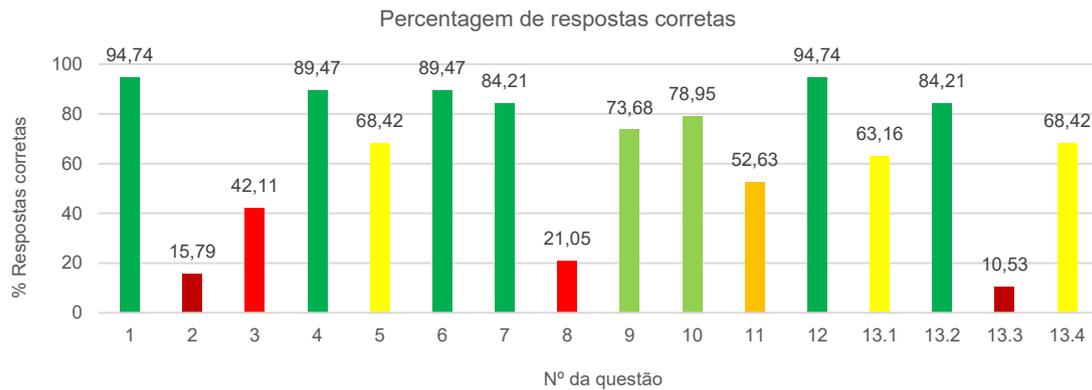


Gráfico 4 - Respostas corretas (%) a cada uma das questões do pós-teste

Uma análise a estes resultados indica que a maioria dos conceitos já estão bem dominados, mas ainda existem problemas relativamente à velocidade de propagação (questão 2), no qual os estudantes assumem que para além da propriedade do material também a amplitude da onda afeta a sua velocidade. Em relação à questão 3, os estudantes ainda confundem os conceitos intensidade e altura. Na questão 8 surge o mesmo problema entre a intensidade e a altura do som e a sua relação com a amplitude e frequência. Relativamente à questão 13.3 os estudantes evidenciaram dificuldade em relacionar as propriedades do som com a mudança de meio físico, quais as que se mantêm e quais as que se alteram.

Das questões cuja percentagem de aproveitamento é positiva, a questão 11 ainda deixa alguns estudantes com duvidas relativamente à diferença entre um sinal puro e um sinal complexo.

O gráfico abaixo representa a comparação entre o pré e o pós-teste.

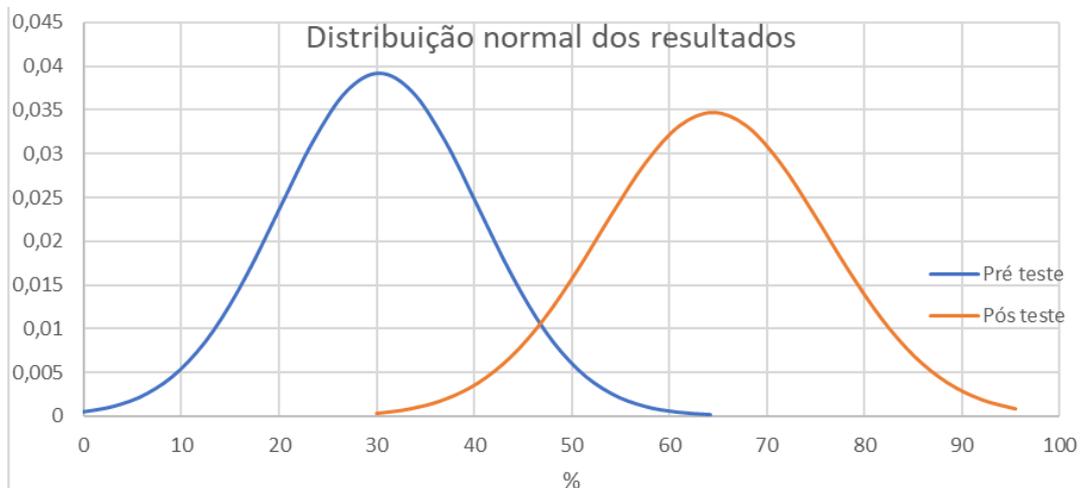


Gráfico 5 - Gráfico de comparação dos resultados

Em relação à evolução registada pelos estudantes vamos usar o método de ganho normalizado de Hake que é obtido pela relação:

$$g \text{ Hake } \% = \frac{(Pós-teste)\% - (Pré-teste)\%}{(100 - (Pré-teste)\%)} \times 100$$

Este método foi aplicado com base nas duas avaliações idênticas (*Apêndice 1*) e o valor do ganho é obtido pela razão entre o ganho da relação entre os dois testes e o ganho máximo possível. Este método descrito por Hake e pelas suas observações (Hake, 1987, 1991, 1992, 2002) e associado ao desenvolvimento de práticas interativas por Arons (Arons, 1973, 1974, 1983, 1986, 1987) permitiu estabelecer uma avaliação adequada para a aplicação de práticas interativas para a verificação dos conceitos de física.

Então aplicando os ganhos normalizados à turma obtivemos os resultados da Tabela 4.

Tabela 4 - Ganhos relativos normalizados de cada estudante, em percentagem.

Estudante	Pré-teste	Pós-teste	Ganhos normalizados %
1	18,75	37,50	23,08
2	25,00	68,75	58,33
3	25,00	62,50	50,00
4	25,00	68,75	58,33
5	25,00	75,00	66,67
6	37,50	81,25	70,00
7	31,25	37,50	9,09
8	37,50	56,25	30,00
9	31,25	75,00	63,64
10	31,25	62,50	45,45
11	31,25	62,50	45,45
12	31,25	62,50	45,45
13	37,50	62,50	40,00
14	18,75	75,00	69,23
15	31,25	68,75	54,55
16	37,50	56,25	30,00
17	62,50	75,00	33,33
18	25,00	75,00	66,67
19	12,50	62,50	57,14

Como podemos observar pela Tabela 4, com a aplicação dos ganhos normalizados foi possível verificar as melhoras obtidas pelos diferentes estudantes da turma e no que ainda podem melhorar.

Fazendo agora uma análise gráfica, no qual é explorado os ganhos absolutos de cada aluno em função do resultado obtido no pré-teste. No gráfico 6 são apresentados resultados aluno a aluno e estão identificados por uma letra seguido de um número.

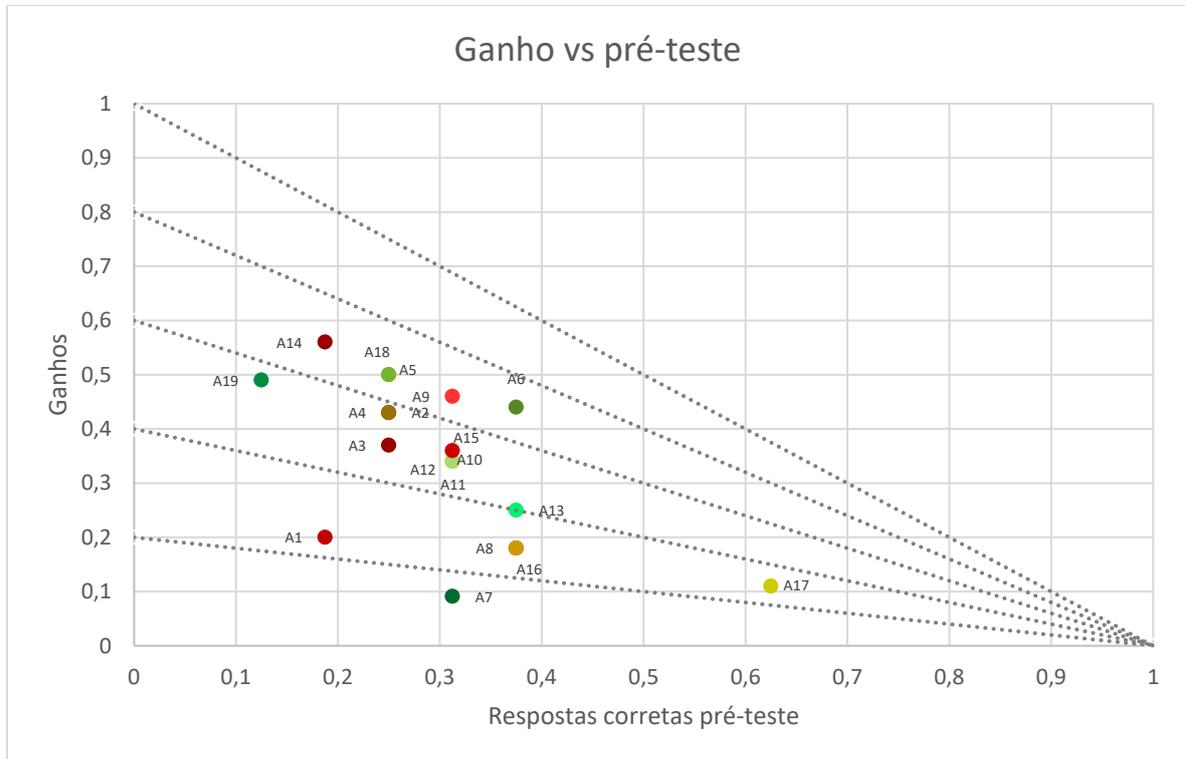


Gráfico 6 - Ganhos absolutos em função das respostas corretas do pré-teste

A interpretação dos ganhos de Hake é dada pela relação:

- Ganho exemplar se $g \geq 0.5$
- Ganho eficiente se $0.3 < g < 0.5$
- Ganho marginal se $0 \leq g \leq 0.3$
- Ganho inaceitável se $g < 0$

Analisando os estudantes individualmente temos, 10 estudantes com um ganho exemplar, 5 estudantes com um ganho eficiente, e 4 estudantes com ganho marginal.

De modo a obter uma análise mais clara dos resultados questão a questão, elaborou-se a Tabela 5 e o Gráfico 7 - Ganhos relativos normalizados (%), questão a questão.

Tabela 5 - Ganhos normalizados questão a questão, em percentagem

Questão	Pré-teste	Pós-teste	Ganhos normalizados%
1	40,91	94,74	91,09
2	18,18	15,79	-2,92
3	22,73	42,11	25,08
4	22,73	89,47	86,38
5	9,09	68,42	65,26
6	31,82	89,47	84,56
7	40,91	84,21	73,28
8	27,27	21,05	-8,55
9	63,64	73,68	27,63
10	40,91	78,95	64,37
11	13,64	52,63	45,15
12	59,09	94,74	87,13
13.1	18,18	63,16	54,97
13.2	9,09	84,21	82,63
13.3	13,64	10,53	-3,60
13.4	50,00	68,42	36,84

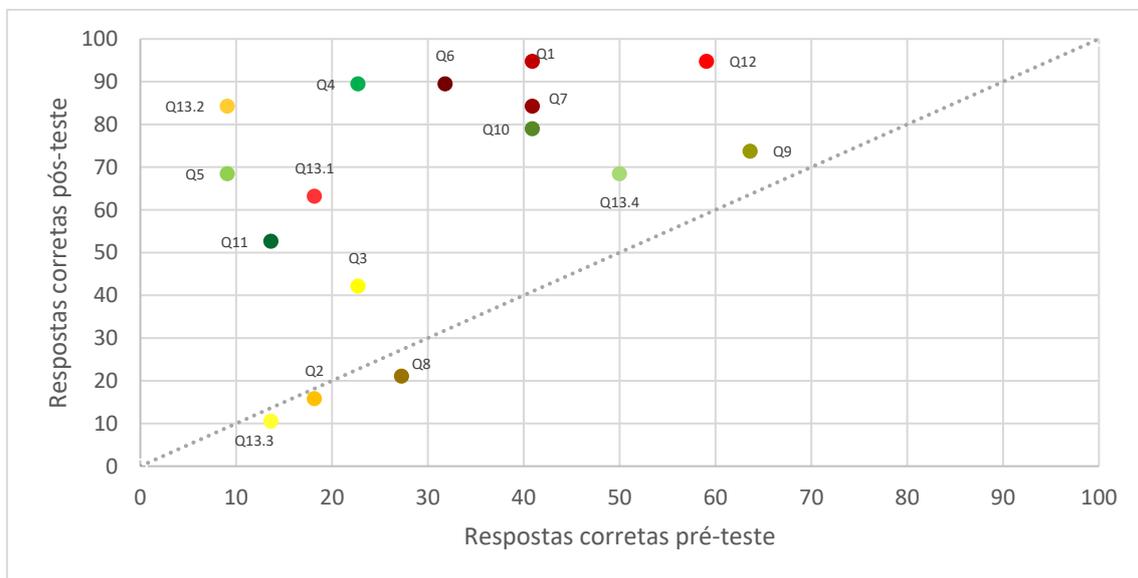


Gráfico 7 - Ganhos relativos normalizados (%), questão a questão.

Quer pela análise da Tabela 5, quer pela análise do Gráfico 7, podemos perceber que houve ganhos relativos normalizados em grande parte das questões, é possível verificar que o ganho foi notório do pré-teste para o pós-teste. Mas tal como já tinha sido referido

anteriormente, as questões 2, 8 e 13.3 foram questões que os estudantes não adquiriram bem os conceitos. A questão 2 e 13.3 estavam relacionadas com as características dos materiais e a sua relação com a velocidade e a questão 8 com a relação entre o comprimento da corda e a intensidade/altura do som produzido. É de notar que na realização do pós-teste alguns estudantes não estavam presentes, motivo pelo qual quando se relaciona o pré-teste com o pós-teste só temos em conta os estudantes presentes nos dois momentos de avaliação.

Após a realização dos testes individualmente foram formados sete grupos de estudantes, escolhidos de forma aleatória, os quais voltaram a responder ao mesmo teste aplicando a metodologia de *peer instruction*. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados peer instruction

	N.º da questão															Total 16/16	Total %	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13.1	13.2	13.3			13.4
Grupo 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	14	87,50
Grupo 2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	14	87,50
Grupo 3	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	14	87,50
Grupo 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	15	93,75
Grupo 5	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	11	68,75
Grupo 6	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	11	68,75
Grupo 7	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	14	87,50

Com a formação de grupos de trabalho foi possível verificar uma enorme melhoria nas notas obtidas em comparação com os testes individuais graças ao trabalho de grupo. De salientar que relativamente às questões em que subsistiram dúvidas foi dada uma sucinta explicação das mesmas envolvendo análise e debate.

De referir que na realização de todos os testes, os estudantes nunca souberam quais as respostas corretas, após o término deste método de avaliação e analisadas as respostas é que foram partilhados os resultados obtidos por cada estudante.

Em relação aos resultados, questão a questão, elaborou-se o Gráfico 8 para os analisar.

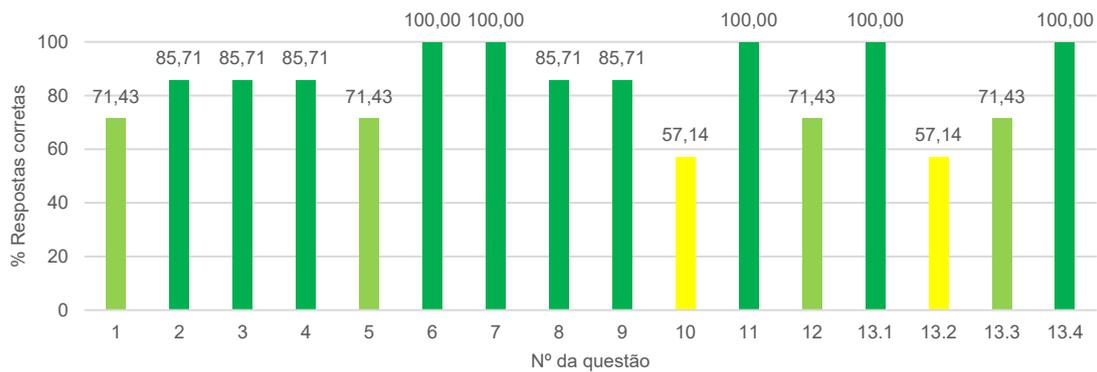


Gráfico 8 - Resultado questão a questão com % de respostas corretas

Após a realização da *peer instruction*, já não se verificou nenhum problema em relação à questão nº 2, 8 e 13.3 nas quais os estudantes em grupo chegaram à resposta correta. Em situação inversa tivemos uma diminuição da percentagem na questão 1, 10, 12 e 3.2, o que mostrou que estudantes que tinham a resposta certa no pós-teste acabaram por na discussão da escolha não serem capazes de manter a sua opção devido aos argumentos apresentados por outro elemento do grupo. A questão 1 diz respeito a características de ondas sonoras no ar, a questão 10 é relativa ao comprimento de um tubo e a sua relação com a intensidade/altura, a questão 12 está relacionada com o conceito de período e já a questão 13.2 está relacionada com a relação entre frequência e comprimento de onda no mesmo meio de propagação. Atendendo a que duas questões ficaram abaixo dos 70% em termos de respostas certas optou-se por explicar de novo o conceito em causa, o que possibilitou consolidar os conhecimentos envolvidos.

Em síntese, em face dos resultados obtidos pode-se afirmar que os objetivos de aprendizagem relativos a estes assuntos foram conseguidos.

5.3. Avaliação formativa nas aulas

A avaliação formativa foi feita recorrendo à metodologia da gamificação, na qual, após a leção dos conteúdos, os estudantes realizavam um *Mentimeter* com questões adaptadas, retiradas dos manuais da disciplina. Cada *Mentimeter* era composto por 5 questões.

5.3.1. Avaliação dos Mentimeters

A estratégia de utilizar a gamificação, neste caso o *Mentimeter* foi com o intuito de avaliar o conhecimento dos estudantes na sala de aula.

Foram então escolhidas questões (Apêndice 2 e Apêndice 3), às quais em modo de jogo, os estudantes envolvem-se no mesmo com o intuito de chegar à resposta correta. Esta forma de avaliar apesar de ser possível apresentar um resultado quantificável, teve o propósito de avaliar qualitativamente os estudantes, pois após a conclusão do jogo, as questões às quais os estudantes erraram foram explicadas aos mesmos de forma a colmatar as suas dúvidas.

Observou-se que houve interesse e empenho por parte dos estudantes na realização desta atividade, a qual contribuiu para a sua aprendizagem pois foram obrigados a pensar, decidir e escolher de forma a tomar decisões acertadas. As Tabela 7 e 8 apresentam os resultados obtidos com o primeiro e segundo *Mentimeter*.

Tabela 7 - Resultados do 1º *Mentimeter*.

Legenda: ✓ respostas corretas; ✗ respostas erradas

Questão	✓	✗
1	15	3
2	18	0
3	16	2
4	15	3
5	17	1

Tabela 8 - Resultados do 2º *Mentimeter*.

Legenda: ✓ respostas corretas; ✗ respostas erradas

Questão	✓	✗
1	16	4
2	11	9
3	13	7
4	10	10
5	17	3

A análise dos resultados obtidos mostra que atendendo ao maior grau de complexidade da matéria abordada no segundo *Mentimeter* o correspondente desempenho dos estudantes piorou relativamente ao obtido no contexto do primeiro *Mentimeter*, o que motivou uma ação formativa junto destes para as debilidades detetadas serem ultrapassadas.

5.4. Questionário de satisfação

Foi realizado um questionário de satisfação para analisar se os estudantes gostaram do método de ensino utilizado, procurando também aferir os aspetos mais e menos positivos.

Neste questionário participaram 20 alunos, (Apêndice 4). Os resultados obtidos quanto ao grau de satisfação no que respeita às estratégias de ensino utilizadas traduz-se no valor de 9,1 numa escala de 0 a 10, ou seja, grau de satisfação de 91%, o que revela que os alunos apreciaram os métodos utilizados nas aulas.

Em relação ao que os alunos mais gostaram destaque as seguintes respostas: a interação com o auxílio de diversas atividades que contribuiu para tirar as dúvidas dos alunos de uma forma mais descontraída, a dinâmica com os instrumentos musicais, os jogos e a forma empática de ajudar quando existem dúvidas, os powerpoints apelativos, a realização dos exercícios em pequenos grupos e as experiências laboratoriais.

Em relação ao que menos gostaram, de modo muito abrangente pode-se indicar tudo o que envolve a resolução de exercícios.

6. Conclusões e considerações finais

A aplicação de uma prática de ensino na qual é apresentado algo de novo aos estudantes tem associada o estímulo da novidade, pelo que contribui para criar um ambiente propício à aprendizagem. Assim, o facto de se ter utilizado uma metodologia em que os estudantes interatuam em grupo estimula o seu desenvolvimento e, em consequência disso, os resultados têm tendência para melhorar.

É importante destacar que este é um modelo que permite a multidisciplinaridade, em que se valoriza os princípios da liberdade, da responsabilidade, da integridade, da valorização do trabalho, da cidadania e da participação social, procurando fomentar a excelência, a exigência, a curiosidade, a reflexão e a inovação, tornando possível que os estudantes consigam desenvolver competências e formas de ser e estar que induzem confiança, autonomia e responsabilidade.

Este trabalho de investigação permitiu avaliar o grau de aprendizagem dos estudantes num domínio da Física pela verificação da sua evolução, sendo que na abordagem inicial apenas 4,5% dos estudantes tiveram classificação positiva, percentagem esta que evoluiu para 89,5% após a aplicação da metodologia descrita. Esta é uma melhoria substancial e encorajadora. No entanto, pelo facto de ter sido utilizada apenas numa turma de 11º ano, impede conclusões mais afirmativas quanto à sua eficácia, até porque não existiu uma turma de controlo sujeita a um formato tradicional de ensino para aferir essa melhoria por comparação. De qualquer forma, deste trabalho derivaram evidências, através dos resultados obtidos quanto às vantagens de uma estratégia de ensino que incluía as metodologias do trabalho de pares e a gamificação. A circunstância desta estratégia não ter sido também aplicada a uma turma do 8º ano foi consequência de as aulas assistidas para esta turma só acontecerem em março, relativamente próximo da data-limite para a apresentação deste trabalho.

Em relação ao pré-teste, a percentagem de avaliações positivas foi de 31,25%, a qual aumentou para 62,5% no pós-teste. Quando a metodologia de *peer Instruction* foi considerada, este valor subiu para 87,5%, o que mostra que o ensino baseado numa aprendizagem conjunta permite que aqueles que têm maiores dificuldades consigam melhores progressos quando trabalham em grupo que englobe estudantes que já compreenderam os assuntos em estudo. Assim, é natural o que decorre das respostas dos estudantes aos questionários apresentados, isto é, a preferência no seu estudo da abordagem *peer instruction*.

Em relação aos ganhos normalizados de Hake, foi possível verificar que o acompanhamento feito durante as aulas e a metodologia adotada contribuíram para que este ganho fosse de 50% entre o pré-teste e o pós-teste. Este resultado solidifica a hipótese de que a utilização na sala de aula de atividades englobando a vertente lúdica e instrumental tem um efeito positivo e significativo na aprendizagem dos estudantes.

No processo de gamificação utilizado, o qual teve uma avaliação qualitativa, foi possível verificar que os resultados obtidos foram positivos. Pela interligação entre o teste realizado e as questões aula a aula de gamificação surgiu um efeito curioso, nomeadamente alguns estudantes que apresentaram um pior desempenho na realização dos testes, conseguiram uma significativa melhoria na gamificação aula a aula, sendo que em ambas as questões de gamificação dois desses estudantes com um menor desempenho em avaliações quantitativas apresentaram os melhores resultados. Daqui se pode concluir que estiveram atentos e concentrados nas aulas, mas que após algum tempo já não foram capazes de evidenciar os conhecimentos adquiridos, seja por falta de estudo, ou por outra situação que os impossibilita de estudar e de se prepararem para as avaliações. Desta forma, a utilização do processo de gamificação pelos professores como uma ferramenta de avaliação aula-a-aula, tem impacto positivo quer no processo de avaliação quer na aquisição de conhecimentos por parte dos estudantes.

Para além do aspeto crucial na aprendizagem, pode-se constatar o grande impacto que teve na componente motivacional a utilização de instrumentos musicais em sala de aula, algo bem expresso nos questionários realizados. Essa utilização teve como suporte a criação de uma canção na qual a letra era alusiva à matéria que estava a ser lecionada (anexo V), canção essa que foi apresentada aos estudantes em aula prática laboratorial.

Em conclusão, a aplicação desta metodologia de ensino na aprendizagem revelou-se efetiva, permitindo demonstrar que é compatível com variadas adaptações (no caso envolvendo música), indicando que se consegue benefícios evidentes quando incorporada na lecionação de conteúdos de Física e Química quer do 3º ciclo quer do ensino secundário.

7. Reflexão autocrítica e projetos futuros

Em retrospectiva, acho que é normal constatar, depois de analisado todo o trabalho realizado (pela primeira vez) e em face dos comentários dos estudantes, que existem aspetos que deveriam ter sido melhorados relativamente à forma de realização dos exercícios, pois os estudantes preferem trabalhar em grupo e desta forma contribuíam para melhorar o desempenho dos estudantes.

Numa fase inicial era um estranho na turma, mas gradualmente foi-se conquistando a confiança dos estudantes a ponto de se sentirem à vontade para se expressarem bem ou mal, sabendo que é assim que se evolui, tolerando o erro e criando um ambiente propício à aprendizagem. Certamente que isso só foi possível graças à professora Teresa Simões que cria uma envolvência em sala de aula que a todos motiva.

Foi um enorme prazer fazer parte da vida destes estudantes, e ter contribuído para a sua aprendizagem durante este ano letivo. Foi com emoção que recebi as suas mensagens de despedida (estão várias delas no dossier de estágio, outras não vieram a tempo na altura da sua entrega) e das quais destaco a mensagem de uma aluna: “Eu queria lhe agradecer muito por sua ajuda porque apesar de eu não ter as notas perfeitas sempre gostei de aprender e tentar até o final sem importar as dificuldades. De igual maneira sempre me custou pedir ajuda e você cada vez que notava se aproximava e fazia todo o possível para me ajudar a compreender, pelo que posso dizer com toda a certeza que graças a você posso acreditar um pouco mais em mim e nas minhas capacidades”. São graças a mensagens como estas e outras mais que recebi que nos deixam emocionados e nos dão força para continuar a ensinar e evoluir.

Em termos de análise aos resultados obtidos, atendendo a que se está a avaliar metodologias para melhorar os resultados da aprendizagem teria sido útil a frequência de uma unidade curricular de estatística durante o mestrado, que proporcionasse acesso a métodos estatísticos adequados à análise dos dados obtidos ao longo do processo.

No meu futuro como professor tenho consciência de que, numa fase inicial, irei estar sujeito a muitas mudanças de escola, o que certamente se traduzirá em experiência, contribuindo para melhor ajustar as técnicas de ensino a utilizar ao perfil dos estudantes.

Espero ser capaz de promover uma educação de qualidade, equitativa e abrangente, que contribua para o objetivo do desenvolvimento sustentável, educação essa que seja

indutora de competências valorizando o saber, a capacidade de comunicar e a responsabilidade social. Ser professor envolve uma série de desafios e temos a responsabilidade de preparar os estudantes para o seu futuro, pois os jovens de hoje são o futuro do amanhã. Em síntese, uma educação com suporte em princípios, valores e incubadora de cidadãos com as características necessárias à construção de um bom futuro para a Humanidade.

8. Bibliografia

ARONS, A. B. (1973). Toward wider public understanding of science. *American Journal of Physics*, 41, 769–782.

ARONS, A. B. (1974). Toward wider public understanding of science: Addendum. *American Journal of Physics*, 42, 157–58.

ARONS, A. B. (1986). Conceptual difficulties in science. In M.R. Rice (Ed.), *Undergraduate education in chemistry and physics, proceedings of the Chicago conferences on liberal education*, No. 1, (pp. 23–32). Chicago: University of Chicago.

ARONS, A. B. (1997). *Teaching introductory physics*. New York: Wiley.

ARONS, A.B. (1983). Achieving wider scientific literacy. *Daedalus*, Spring. This article forms the basis of Chapter 12 “Achieving Wider Scientific Literacy”.

Cox, A.J., and Junkin, W.F., III, 2002, Enhanced student learning in the introductory physics laboratory, *Physics Education*, v. 37, p. 37-44.

Crouch, C.H., and Mazur, E., 2001, Peer Instruction: Ten years of experience and results, *American Journal of Physics*, v. 69, p. 970-977

Despacho n.º 6478/2017, de 26 de julho. (2017). *Diário da República: II série*, nº143. Lisboa: Educação - Gabinete do Secretário de Estado da Educação.

Despacho n.º 8476-A/2018, de 31 de agosto. (2018). *Diário da República: II série*, nº 168. Lisboa: Educação - Gabinete do Secretário de Estado da Educação.

Deterding, S. et al. (2011) “From game design elements to gamefulness: defining gamification”. In *Proceedings of the International Academic Mindtrek Conference Envisioning Future Media Environments*.

Direção Geral da Educação. (2018b). *Aprendizagens Essenciais – Ensino Secundário* <http://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-secundario>.

Eagle, C. T. (1996). An Introductory Perspective on Music Psychology. In *Handbook of Music Psychology*, edited by Donald Hodges, 1-28. San Antonio: IMR Press.

Fiolhais, Carlos (2020) *Science and Music*.

HAKE, R. R. (1987). Promoting student crossover to the Newtonian world. *American Journal of Physics*, 55, 878–884 <<http://www.physics.indiana.edu/~hake>>.

HAKE, R. R. (1991). My conversion to the Arons-advocated method of science education. *Teaching Education*, 3, 109–111.

HAKE, R. R. (1992). Socratic pedagogy in the introductory physics lab. *Physics Teacher*, 30, 546–552.

HAKE, R. R. (2000). Towards paradigm peace in physics education research. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA.

HAKE, R. R. (2002). Socratic dialogue inducing laboratory workshop. Proceedings of the United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization ASPEN (Asian Physics Education Network) workshop on active learning in physics, University of Peradeniya, Sri Lanka.

HAKE, R. R. (2007). Socratic dialogue inducing (SDI) lab website.

Hake, R.R., 1998, Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses, *American Journal of Physics*, v. 66, p. 64-74

IAVE Física e Química A, 1ª edição ISBN: 978-989-99741-9-7

Jacobs, Heidi Hayes (1989) - *Interdisciplinary Curriculum: Design and Implementation*. ISBN-0-87120-165

Johnson, D.W., and R.T. Johnson (1987), “Cooperative learning and the Achievement and Socialization Crises in Science and Mathematics Classrooms,” from *Students and Science Learning: Papers from the 1987 National Forum for School Science* (AAAS, 1987)

Johnson, D.W., R.T. Johnson, and K.A. Smith (1991), *Active Learning: Cooperation in the College Classroom* (Interaction Book Company).

Jones, L.R., Miller, A.G., and Watts, J.F., 2001, Conceptual learning and quantitative problem solving: Friends or Foes? *Journal of Cooperation and Collaboration in College*

Teaching, v. 10, p. 109-116 Pilzer, S., 2001, Peer instruction in physics and mathematics, Primus, v. 11, p. 185-192

Levitin, Daniel J. (2006) This is Your Brain on Music. The science of a Human Obsession.

Mazur, Eric (1997), Peer Instruction: A User's Manual (Prentice Hall, 1997).

McConnell, D.A., Steer, D.N., and Owens, K.D., 2003, Assessment and active learning strategies for introductory geology courses, Journal of Geoscience Education, v. 51, p. 205-216.

Mcgonigal, J. (2011) Reality is broken: why games make us better and how they can change the world. Nova Iorque: The Penguin Press.

Piaget, J. (1972). The epistemology of interdisciplinary relationships. Interdisciplinarity: Problems of Teaching and Research in Universities. Paris: OECD.

Rogers, G. L. (2004). Interdisciplinary lessons in musical acoustics: The science-math-music connection. Music Educators Journal, 91(1), 25-30.
<http://dx.doi.org/10.2307/3400102>

Sokoloff, D.R., and Thornton, R.K., 1997, Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment, The Physics Teacher, v.35, p. 340-347

Specht, Marcus (2021) - Computers & education ISSN: 0360-1315.

9. Apêndice 1 – Teste de Avaliação

		Física e Química A 11º Ano 09 de dezembro de 2022 Nome _____ Nº _____ 11º C
---	---	---

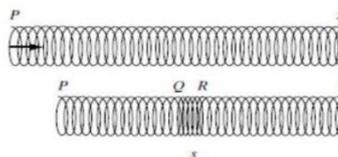
Teste de avaliação de conhecimentos

- Quais das seguintes características são relativas a ondas sonoras no ar?
 - São longitudinais
 - A força restauradora é fornecida pela pressão do ar
 - A densidade das moléculas do ar oscilam no espaço
 - a e b
 - a e c**
 - a,b e c
- A velocidade de uma onda depende:
 - Da amplitude da onda
 - Do material**
 - Ambas as opções a e b
 - Nenhuma das opções
- Um diapasão, é uma fonte sonora que produz sempre o mesmo tipo de som. Quanto maior for a intensidade da força com que se percute uma das hastes de um diapasão, mais:
 - Alto será o som emitido pelo diapasão
 - Forte será o som emitido pelo diapasão**
 - Ambas as opções a e b
 - Nenhuma das opções
- Estás em repouso numa plataforma na estação de comboio. À medida que o comboio se afasta o som da buzina
 - Aumenta
 - Diminui**
 - Mantem-se o mesmo
 - Depende da amplitude do som



5 Uma onda é enviada ao longo de uma mola movendo-se rapidamente da esquerda para a direita da mola. Identifica o tipo de onda:

- a. Onda longitudinal
- b. Onda transversal
- c. Ambas as opções a e b
- d. Nenhuma das opções



6 Uma onda transversal propaga-se ao longo de uma corda. As partículas na corda, movem-se:

- a. Perpendicularmente relativamente à direção de propagação
- b. Paralelamente à direção de propagação
- c. Depende da perturbação inicial
- d. Sem informação disponível

7 A extremidade de uma mola é posta a oscilar horizontalmente, conforme representado na figura.



Se o movimento da mão for mais rápido,

- a. O período e a frequência da oscilação aumentam
- b. O período e a frequência da oscilação diminuem
- c. O período da oscilação aumenta, mas a frequência diminui
- d. O período da oscilação diminui, mas a frequência aumenta

8 Considere agora uma guitarra como a da imagem, quanto maior for o comprimento da corda da guitarra, _____ é a _____ da onda sonora e mais _____ serão os sons produzidos.

- a. maior... amplitude ... agudos
- b. maior... frequência ... agudos
- c. menor... amplitude ... graves
- d. menor... frequência ... graves



9 Duas cordas, uma grossa e uma fina, são conectadas de modo a formar uma corda longa. Uma onda viaja através da corda e passa pelo ponto onde as duas cordas estão conectadas. O que muda nesse ponto entre as duas cordas:

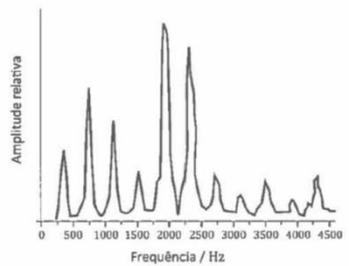
- a. A frequência
- b. O período
- c. A velocidade de propagação
- d. O comprimento da onda

10 Considere agora um órgão de tubos como o da imagem, quanto _____ é a coluna de ar, _____ é o som produzido.

- a. maior... mais agudo
- b. menor... mais agudo
- c. maior... mais grave
- d. menor... mais grave
- e. a resposta a e d estão certas
- f. a resposta b e c estão certas



11 A figura representa o espectro do som emitido pela buzina de um carro.



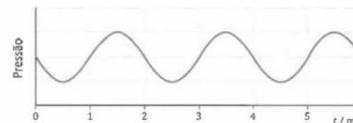
O espectro representado permite concluir que o som emitido pela buzina do carrinho é

- a. Puro, resultando na sobreposição de várias frequências
- b. Intenso, porque algumas das suas frequências são muito elevadas
- c. Harmónico, podendo ser descrito por uma função sinusoidal
- d. Complexo, resultando da sobreposição de vários harmónicos

- 12 O intervalo de um ciclo de repetição num movimento harmónico simples chama-se:
- Frequência
 - Período**
 - Amplitude
 - Fase

- 13 Considere um sinal sonoro que se propaga no ar. Na figura está representada graficamente a pressão do ar, em função do tempo t , num ponto onde o som foi detetado.

13.1 Por leitura direta do gráfico da figura, é possível obter, relativamente ao som detetado.



- O comprimento da onda
- A velocidade de propagação
- O período**
- A frequência

13.2 Se a frequência de vibração da fonte que origina o sinal sonoro aumentasse para o dobro, no mesmo meio de propagação, verificar-se-ia, relativamente ao som detetado, que

- O comprimento de onda diminuiria para metade**
- O comprimento de onda aumentaria para o dobro
- A velocidade de propagação aumentaria para o dobro
- A velocidade de propagação diminuiria para metade

13.3 Se esse som se propagar na água, terá

- A mesma frequência e o mesmo comprimento de onda
- A mesma frequência e o mesmo período**
- O mesmo período e o mesmo comprimento de onda
- O mesmo período e a mesma velocidade de propagação

13.4 Um sinal sonoro _____ de um meio material para se propagar, sendo as ondas sonoras _____ nos gases.

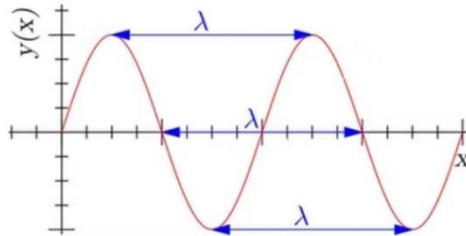
- Necessita ... transversais
- Não necessita ... transversais
- Não necessita ... longitudinais
- Necessita ... longitudinais**

10. Apêndice 2 – Questões do 1.º

Mentimeter

1ª questão

O gráfico descreve um sinal com



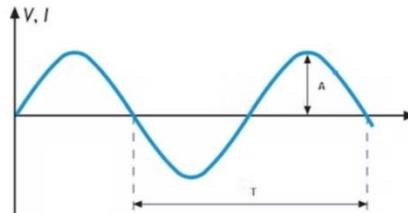
1000p

Periodicidade temporal

Periodicidade espacial

2ª questão

O que representam as letras A e T?



1000p

Alto e Tom

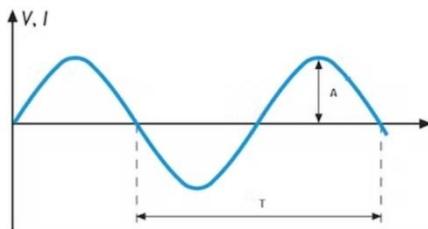
Amplitude e Tom

Amplitude e Período

Alto e Período

3ª questão

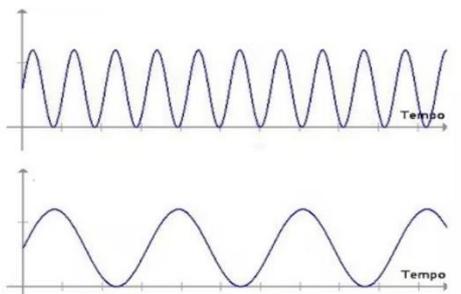
Uma onda transporta



- Matéria
- Energia
- Energia e matéria

4ª questão

Qual a característica que está a variar ?



- Período
- Amplitude
- Frequência
- Comprimento de onda

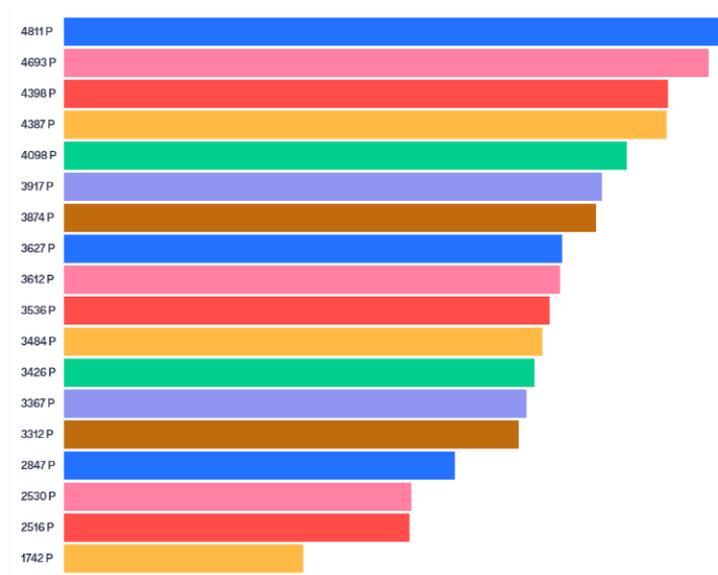
5ª questão

Numa onda transversal, a direção de propagação em relação à direção de vibração é



- Paralela
- Perpendicular
- Ambas

Resultados

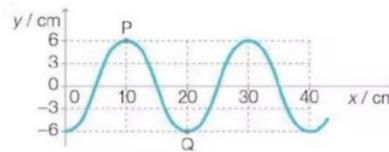


11. Apêndice 3 – Questões do 2.º

Mentimeter

1ª questão

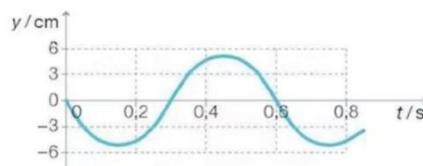
Qual o valor do comprimento de onda em cm?



- 6
- 10
- 20
- 40

2ª questão

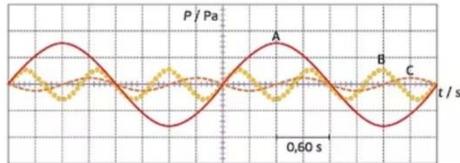
Qual a frequência da onda em Hz



- 0,6
- 1/0,6
- 6
- 1/6

3ª questão

Qual das ondas apresenta um som com maior intensidade?



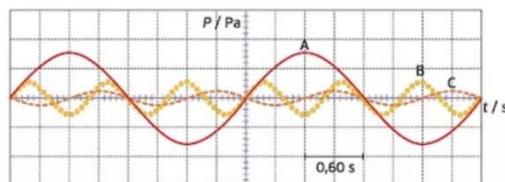
A

B

C

4ª questão

Qual das ondas apresenta um som mais alto?



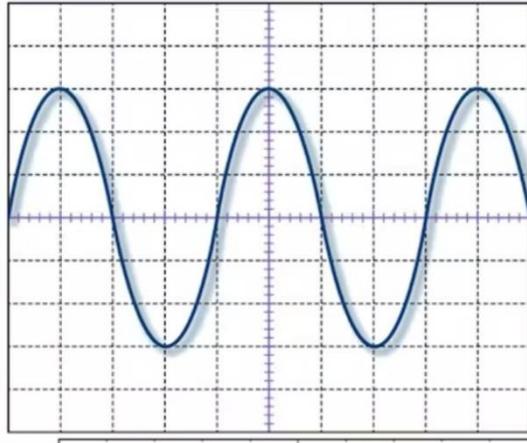
A

B

C

5ª questão

A onda harmônica dada tem uma escala de 2m/div (vertical) e de 2s/div(horizonta). Qual a equação da onda?



1000p

500p

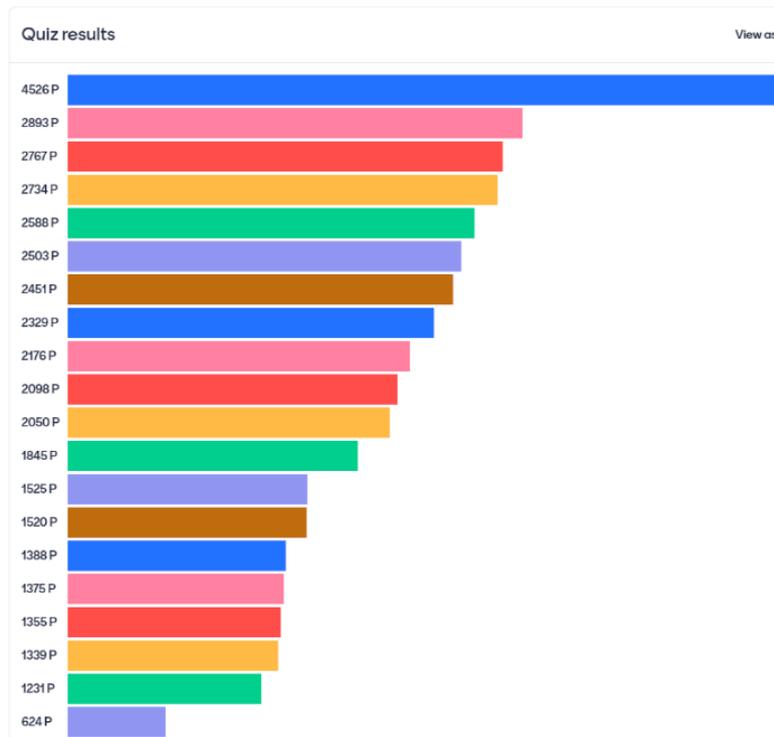
$Y = 3 \text{ sen}(2 \text{ Pi}/4 t)$

$Y = 6 \text{ sen}(\text{ Pi}/8 t)$

$Y = 6 \text{ sen}(\text{ Pi}/4 t)$

$Y = 3 \text{ sen}(\text{ Pi}/8 t)$

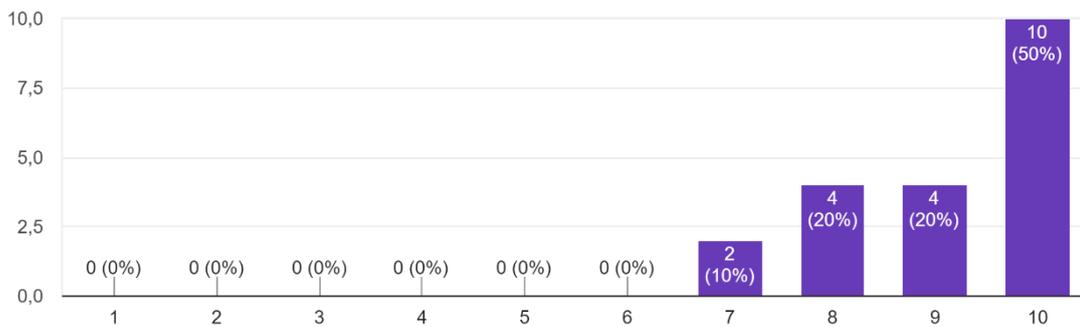
Resultados



12. Apêndice 4 – Questionário de Satisfação

Indica o grau de satisfação que ficaste com as estratégias de ensino aplicadas no domínio de sinais e ondas?

20 respostas



Endereço de email	Indica o grau de satisfação que ficaste com as estratégias de ensino aplicadas	Que partes das aulas mais gostaste?	Que partes das aulas menos gostastes?
a8532@esic.pt	10	Das explicações da matéria. Fiquei a perceber tudo.	Nenhuma
a8506@esic.pt	8	Simulações e dos instrumentos de sala. As explicações de aula quando temos dúvidas.	Ondas harmónicas, quase a mecânica toda...
a8713@esic.pt	10	Da dinâmica com instrumentos	Resolução de exercícios de forma individual. Ondas complexas
a9134@esic.pt	9	A Interação dos professores, os jogos e a sua forma tão empática de ajudar	Os cálculos em geral
a9280@esic.pt	10	Características do som	Intensidade, altura e timbre do som.
a7954@esic.pt	10	Parte onde havia interação	Gosto de tudo
a7983@esic.pt	8	A parte das cartas do Uno	Nenhuma
a.9158@esic.pt	10	As aulas foram interativas, com o auxílio de diversas atividades como por exemplo:	Função sinusoidal
a7917@esic.pt	9	PowerPoints	Ondas harmónicas
a8842@esic.pt	9	Da interacção dos professores connosco	Fazer exercícios, a maioria por culpa minha
a8843@esic.pt	10	tudo	nada
a8548@esic.pt	7	Dos exemplos e atividades dinâmicas que nos possibilitaram perceber melhor a matéria	Resolver exercícios. Confundi durante algum tempo frequências e amplitudes
a7893@esic.pt	10	Tudo	Gostei de tudo
a9133@esic.pt	7	Todas	Nenhuma
a8844@esic.pt	10	Questionários mentimeter, uso das cartas do Uno	Exercícios individuais. Efeito doppler
a8881@esic.pt	9	PowerPoints, exercícios em pequenos grupos e experiências laboratoriais	Exercícios em turma no quadro. Efeito doppler
a7746@esic.pt	8	Atividades experimentais e exercícios	Gráficos
a9266@esic.pt	10	Com as cartas do uno	Aquelas em que vemos a teoria nos powerpoints
a7939@esic.pt	8	jogos, simulações	não sei
a8845@esic.pt	10	Dinâmica da sala de aulas com muitas interatividades com instrumentos e jogos	Resolver exercicios sozinha. Onda sinusoidal

13. Apêndice 5 – Poema Musical

Poema musical

Na ESIC gosto de estar
com a professora Teresa aprender
Os conteúdos de FQ aplicar
para um dia mais tarde saber

Para o processo de comunicar
um emissor, um meio e um recetor vamos precisar
no caso de uma corda a vibrar
é o som, uma onda mecânica a chamar

Refrão

Do-Ré-Mi-Fá-Sol vamos cantar
Onda harmónica a começar
Um emissor vamos identificar
Do seu timbre a vibrar

Numa onda temos o período, frequência e amplitude
Cada um com a sua informação
Não esqueçamos a altura e intensidade
Pois assim compomos uma canção