



INSTITUTO FEDERAL
Amazonas

MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS/INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA POLO 04

Produto Educacional: O Ensino da Física Moderna na Relatividade Usando o GPS como Ferramenta Didática

Cristian Maria Costa de Souza
Octavio Daniel Rodriguez Salmon

Manaus - AM
Outubro de 2024

Biblioteca do IFAM – Campus Manaus Centro

S729e Souza, Cristian Maria Costa de.
O ensino da física moderna na relatividade usando o GPS
como ferramenta didática / Cristian Maria Costa de Souza. – Manaus,
2024.
81 p. : il. color.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas,
Campus Manaus Centro; Universidade Federal do Amazonas, 2024.
Orientador: Prof. Dr. Octavio Daniel Rodriguez Salmon.

1. Física – ensino. 2. Física moderna. 3. GPS. 4. Sequência didática. I.
Salmon, Octavio Daniel Rodriguez. (Orient.) II. Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Universidade Federal
do Amazonas. IV. Título.

CDD 530

Cristian Maria Costa de Souza
Octavio Daniel Rodriguez Salmon

Produto Educacional: O Ensino da Física Moderna na Relatividade Usando o GPS como Ferramenta Didática

Produto Educacional apresentado ao Polo 04 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Amazonas/Instituto Federal do Amazonas como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física Moderna.

Orientador

Prof. Dr. Octavio Daniel Rodriguez Salmon

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS/INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS

Manaus - AM

Outubro de 2024

Lista de figuras

Figura 1 – Produção dos conhecimentos prévios na cartolina e apresentações - Turmas 2º01,2º02,2º03 e 3º 01 . Fonte: da autora 2024.	9
Figura 2 – exposição do conhecimento prévio em sala. Fonte: da autora 2024.	10
Figura 3 – Vídeos sobre o GPS em sala de aula.	16
Figura 4 – Aplicação do questionário	16
Figura 5 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 1 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01	18
Figura 6 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 2 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.	19
Figura 7 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 3 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01	19
Figura 8 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 4 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01	19
Figura 9 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 5 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.	20
Figura 10 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 6 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.	20
Figura 11 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 7 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.	20
Figura 12 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 8 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.	21
Figura 13 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 9 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.	21
Figura 14 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 10 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.	21
Figura 15 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 11 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.	22

Figura 16 – 12: Gráfico gerado a partir das respostas à questão 12 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.	22
Figura 17 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 13 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.	22
Figura 18 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 14 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.	23
Figura 19 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 15 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 e 2º 02	23
Figura 20 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 16 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.	23
Figura 21 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 17 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.	24
Figura 22 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 18 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º 01.	24
Figura 23 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 19 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º 01.	24
Figura 24 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 20 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º 01.	25

Lista de abreviaturas e siglas

GPS Sistema de Posicionamento Global

Sumário

0.1	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	6
0.2	PROCEDIMENTOS DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	7
0.3	Um exemplo para explicar o funcionamento do GPS	11
0.4	A matemática por trás do GPS	12
0.5	Um exemplo na prática	13
0.6	Como é calculada a distância até um satélite?	13
0.7	Geometria analítica da terra	13
0.8	Como o sistema de GPS opera	14
0.9	Calcular o atraso na diferença de tempo medido nesses dois relógios	15
0.10	RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO DE MAPEAMENTO DOS ALUNOS	17
0.11	REFERÊNCIAS	27

PRODUTO EDUCACIONAL

0.1 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

O Produto Educacional foi aplicado em uma escola mantida pelo governo localizada na cidade de Itacoatiara, na área rural de Novo Remanso. A instituição oferece o Ensino Médio regular durante o dia e o Ensino Mediado por tecnologia à noite. Para a realização desse produto educacional, optamos por quatro turmas, três da 2ª série e uma da 3ª série do ensino médio do período do matutino. Ao todo, a escola possui dezoito turmas divididas entre os três anos do Ensino Médio. A Escola Estadual Sérgio Mendonça de Aquino está localizada em uma área com baixo poder econômico em comparação com o restante do Brasil e tem como principal público alunos de baixa e média renda. Atualmente, atende cerca de 600 estudantes nos períodos matutino, vespertino e noturno.

A gestão da escola não apresentou obstáculos para a realização e implementação do novo produto educacional. Em relação ao corpo pedagógico, pudemos observar boa disposição para colaborar no que fosse necessário.

Os estudantes do Ensino Médio dessa instituição frequentam a disciplina de Física em todas as séries. Com isso, houve a possibilidade de escolher entre aplicar o produto educacional para as turmas do primeiro, segundo ou terceiro ano. Visando facilitar a compreensão do conteúdo pelos alunos, e levando em consideração que o produto educacional envolve conhecimentos de Física Moderna como a relatividade restrita e geral, optou-se por aplicá-lo para quatro turmas do segundo ano do Ensino Médio.

0.2 PROCEDIMENTOS DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A aplicação do produto educacional realiza-se ao longo de quatro aulas, conforme demonstrado na Tabela 1.

Ao longo dessas aulas, disponibiliza-se uma cartolina para cada um dos quatro grupos em cada turma, com o objetivo de verificar o conhecimento prévio dos alunos sobre os conceitos introdutórios da Física Moderna, como a relatividade restrita e a relatividade geral, e sua importância para o funcionamento do GPS. Além disso, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel que descreve o comportamento teórico do processo de aprendizagem cognitiva a partir do raciocínio dedutivo do sujeito baseado em conhecimento prévio é empregado para identificar alguns conceitos-chave (AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN, 1968).

Em seguida, são exibidos três vídeos relacionados ao tema e, por fim, aplica-se um questionário aos alunos para avaliar o progresso de aprendizagem ao longo das diferentes etapas do processo da aplicação do produto educacional.

A primeira aula com os alunos dura 40 minutos, na qual deve ser realizada uma apresentação do tema do produto educacional e os alunos são organizados em quatro grupos em cada turma. Discute-se ainda os materiais que serão utilizados por cada grupo e a maneira como cada grupo deveria se apresentar. O objetivo dessa atividade é introduzir o produto educacional e permitir que cada grupo compartilhe seus conhecimentos prévios, lembrando que é importante considerar que o conhecimento prévio pode e deve variar dependendo do meio social e de uma série de outros fatores (MOREIRA, 2005).

A imagem (1) demonstra a produção dos conhecimentos prévios dos alunos feita em uma cartolina disponibilizada no início da aula.

Na primeira aula (Aula 01) os alunos de quatro turmas realizam uma atividade na qual são desafiados a produzir um trabalho em cartolinas sobre o tema "O que é o GPS e qual é a sua função?". Para isso, os estudantes utilizam os seus conhecimentos prévios sobre o assunto e

AULAS	ATIVIDADES	TEMPO DE AULA
Aula 1	Demonstração dos alunos utilizando cartolinas para compartilhar seu conhecimento prévio.	40 minutos
Aula 2	Exibição de vídeos para os alunos: <ul style="list-style-type: none"> • Funcionamento do Sistema de Posicionamento Global (GPS). Duração: 10 minutos e 15 segundos. Ciência no cotidiano. • Explicação avançada sobre o funcionamento do GPS por um Astrofísico. Duração: 11 minutos e 32 segundos. 	40 minutos
Aula 3	Apresentação em vídeo para os alunos: <ul style="list-style-type: none"> • Explorando a matemática por trás do GPS. • Desvendando os mistérios do GPS - Uma análise aprofundada (Duração do vídeo: 5 minutos e 42 segundos) • Abordagens: Trilateração e exemplificação da geometria analítica. • O GPS: uma visão da relatividade geral e suas aplicações. (Duração do vídeo: 14 minutos e 22 segundos) 	40 minutos
Aula 4	Analisando os desempenhos por meio da realização de questionários sobre os assuntos abordados nos vídeos.	40 minutos

Tabela 1 – Fonte: da autora (2024)

pesquisaram informações adicionais para enriquecer a sua apresentação.

As cartolinas produzidas pelos alunos devem conter informações detalhadas sobre o que é o GPS, abordando desde a definição do termo até a sua evolução ao longo do tempo. Além disso, os estudantes também descrevem a importância do GPS na sociedade contemporânea e apresentam exemplos práticos de como esse sistema de posicionamento global é utilizado no dia a dia. Após a produção das cartolinas, os alunos apresentam para as turmas e compartilham os seus conhecimentos sobre o tema. Durante as apresentações, os estudantes expressam, trocam ideias e debatem sobre as diferentes aplicações do GPS, a fim de enriquecer ainda mais o seu aprendizado.

As apresentações dos grupos são enriquecedoras para os alunos, pois além de fortalecer



Figura 1 – Produção dos conhecimentos prévios na cartolina e apresentações - Turmas 2º01,2º02,2º03 e 3º 01 . Fonte: da autora 2024.

o conhecimento sobre o tema, também estimulam a colaboração, o trabalho em equipe e a expressão oral. Os estudantes podem colocar em prática as habilidades adquiridas em sala de aula e aprender de forma mais dinâmica e significativa. É um momento de produção de material potencialmente significativo ou como denominado por Valadares (2011) conteúdo potencialmente significativo, que deve apresentar significado lógico, coerente e plausível.

Dessa forma, a produção e apresentação das cartolinas sobre o GPS é uma experiência positiva e enriquecedora para os alunos, que podem ampliar os seus conhecimentos. A imagem 2 abaixo destaca o momento em que os alunos expõem seus conhecimentos prévios em sala de aula.

Na aula 02 são apresentados vídeos com os temas "como o GPS funciona parte 1" e "como o GPS funciona parte 2".

Nos vídeos que são passados para os alunos (ver referências **CIÊNCIA TODO DIA, FÍSICO RADIOATIVO, PROESTUDO** e **SILVA Rodrigo Nemmen da**) destacam os seguintes temas:

1. A importância do sistema de posicionamento global (GPS)
2. Popularidade e utilização do GPS



Figura 2 – exposição do conhecimento prévio em sala. Fonte: da autora 2024.

3. Precisão do GPS em determinar a localização
4. Fundamentos teóricos por trás do GPS (teoria da relatividade de Einstein e física quântica)
5. O GPS como o ápice do conhecimento humano
6. História do GPS, iniciando com a localização do Sputnik-1
7. Desenvolvimento do GPS a partir do uso de satélites
8. Funcionamento do GPS baseado em satélites em órbita
9. Facilidade e simplicidade do princípio do GPS

Os vídeos que são passados para os alunos falam sobre o Sistema de Posicionamento Global, mais conhecido como GPS, e destacam a importância e a complexidade dessa tecnologia, além

disso destaca o GPS como uma das tecnologias mais populares do planeta, com mais de seis bilhões de aparelhos em todo o mundo que fazem uso desse sistema. Fica ressaltado também que o GPS permite descobrir a posição com precisão, seja com metros ou até mesmo com centímetros de precisão, a partir do uso de um celular ou aparelhos mais especializados. Em se tratando da Teoria da Relatividade de Einstein, os autores dos vídeos dão ênfase em que essa tecnologia GPS representa o ápice do conhecimento humano.

Destaca-se a história do GPS que teve o início quando dois físicos conseguiram localizar o satélite Sputnik-1 utilizando sinais de rádio emitidos pelo satélite e computadores. A partir desse sucesso, foram convidados pelo governo americano para investigar a possibilidade de utilizar satélites em órbita terrestre para determinar a posição na Terra, o que resultou no desenvolvimento do GPS.

Relata ainda que o GPS consiste em uma rede de 30 satélites em órbita ao redor do planeta a uma altura de 20 mil km, que permite a qualquer receptor determinar sua posição na Terra com base nesses satélites como pontos de referência. A tecnologia por trás do GPS é simplificada, mas sua implementação envolveu um grande conhecimento e pesquisa científica.

No vídeo que é apresentado aos alunos nota-se que o GPS se tornou essencial nos dias de hoje, pois necessita do conhecimento sobre o universo para funcionar na Terra, representando uma conquista significativa da humanidade na área da tecnologia e das ciências espaciais.

0.3 Um exemplo para explicar o funcionamento do GPS

Vamos imaginar que você queira achar um tesouro que está enterrado perto de um campo de futebol. Para te ajudar a encontrá-lo, vou te dar distâncias em relação a três pontos de referência. Primeiro, o tesouro está a 40 metros do canto superior direito do campo, a 30 metros do canto inferior direito e a 70 metros do canto superior esquerdo. Para encontrar a localização exata do tesouro, vamos seguir algumas instruções. Comece marcando todos os pontos a 40 metros do canto superior direito. Isso criará um círculo com um raio de 40 metros. Repita o processo com

o segundo ponto de referência a 30 metros do canto inferior direito, criando outro círculo. Os dois círculos se cruzarão em dois pontos, e o tesouro deve estar em um deles. Com a terceira referência, desenhe um círculo com raio de 70 metros em torno do canto superior esquerdo. O ponto onde os três círculos se cruzam é a localização exata do tesouro. O GPS do seu celular funciona de maneira semelhante. Ele usa a distância até quatro satélites e a posição exata deles no espaço para calcular a sua localização na Terra. A interseção das distâncias até os satélites é o ponto onde você está. Essa é a teoria por trás do funcionamento do GPS, mas na prática, é assim que ele te ajuda a encontrar o caminho certo.

Na aula 03 apresentam-se os vídeos 3 e 4 com os temas “A Matemática do GPS” e “a relativa geral e a relativa restrita de Albert Einstein”. O vídeo 3 contém os seguintes temas “A matemática por trás do GPS, como é calculada a distância até um satélite?” e a “Geometria analítica da terra”.

0.4 A matemática por trás do GPS

O princípio matemático usado é o chamado trilateração. A trilateração é o princípio matemático utilizado pelo GPS (Sistema de Posicionamento Global) para determinar a localização de um receptor baseado nas medições de distância de pelo menos três satélites. Para que a trilateração funcione, é necessário que o receptor do GPS receba sinais de pelo menos três satélites em órbita ao redor da Terra. Cada satélite transmite um sinal contendo sua posição e o tempo em que o sinal foi enviado. O receptor do GPS então calcula a distância de cada satélite com base no tempo que o sinal levou para chegar até ele (considerando a velocidade da luz) e, com isso, determina a sua própria localização. Por meio da trilateração, o receptor do GPS calcula a sua posição exata ao determinar os pontos de interseção das esferas (ou círculos, no caso de 2D) formadas pelas distâncias calculadas a partir de cada satélite. Dessa forma, o receptor consegue determinar a sua posição precisamente em latitude, longitude e altitude. É importante ressaltar que, para obter uma localização mais precisa, é ideal receber sinais de mais de três satélites. A trilateração é um princípio matemático fundamental para o funcionamento do GPS e tem sido essencial para uma

ampla gama de aplicações, desde navegação até monitoramento de veículos e pessoas.

0.5 Um exemplo na prática

Imagine que você precise encontrar alguém em Itacoatiara e receba três mensagens com a localização dessa pessoa. A primeira mensagem indica que a pessoa está a 450 metros do mercado dos pinhões, a segunda mensagem diz que ela está a 900 metros da Praça dos Leões e a terceira mensagem informa que ela está a 950 metros do Ginásio da Escola Gilberto Mestrinho. Um receptor GPS opera de forma semelhante, porém em três dimensões. Cada mensagem recebida corresponde a um círculo no mapa, com o raio igual à distância da pessoa aos pontos de referência. A interseção desses círculos determina com precisão a localização da pessoa, como por exemplo, na SEMED de Itacoatiara, na Avenida Parque.

0.6 Como é calculada a distância até um satélite?

Os sinais enviados pelos satélites viajam à velocidade da luz e chegam a um receptor na Terra. O receptor identifica o satélite e ambos se sincronizam, resultando em um pequeno atraso nos relógios de ambos. Devido à distância entre o satélite e o receptor, o tempo que o sinal leva para chegar é calculado multiplicando a velocidade da luz no vácuo (299.792.458 metros por segundo) pelo atraso no tempo. O receptor GPS recebe sinais de pelo menos quatro satélites simultaneamente (S1, S2, S3 e S4).

0.7 Geometria analítica da terra

A Geometria Analítica da Terra considera a Terra como um sistema de coordenadas, com sua origem localizada no centro do planeta. O eixo Z passa pelo Polo Norte, o eixo X passa pelo

cruzamento do Equador com o meridiano de Greenwich próximo à costa sudoeste da África, e o eixo Y passa pelo Equador, formando um ângulo de 90° com os eixos X e Z. Ao receber o sinal S1 de um satélite, um receptor situado a uma distância unitária do satélite cria uma esfera imaginária com centro no satélite e com a posição do receptor na superfície da esfera. Sincronizado com o satélite, o receptor obtém os dados de sua órbita para localização nos pontos a_1 , b_1 e c_1 do sistema de eixos coordenados, com esses dados formando a equação da esfera imaginária.

Da mesma forma, os satélites dois, três ou mais que estão ao alcance do receptor possuem suas equações de posição geradas. É importante ressaltar que existem outros fatores, como a teoria da relatividade, que influenciam no cálculo da distância entre o satélite e o receptor.

O vídeo 4 trouxe os temas da relatividade restrita e a relatividade geral. O sistema de posicionamento global (GPS) é considerado a principal aplicação prática da teoria da relatividade. Se não fossem considerados os efeitos da dilatação do tempo da relatividade restrita e da gravidade sobre a passagem do tempo, os erros no GPS se acumulariam rapidamente, tornando a geolocalização do sistema ineficaz. Isso significa que, se a teoria da relatividade não fosse levada em consideração nos cálculos realizados pelos aplicativos como Google Maps ou Apple Maps para determinar a posição do usuário na Terra, esses aplicativos seriam inúteis.

0.8 Como o sistema de GPS opera

Cada satélite em órbita transmite sinais de rádio com informações precisas sobre sua posição e o tempo registrado pelo relógio atômico a bordo. Estes sinais são captados por receptores ou dispositivos de geolocalização na superfície da Terra para determinar a localização exata do usuário.

O seu celular ou os sistemas de navegação por satélite nos carros usam satélites para localizar e guiar os veículos. Para funcionar corretamente, é necessário que pelo menos quatro satélites estejam visíveis para o receptor. Na animação apresentada, mostramos a variação do número de

satélites visíveis nos Estados Unidos ao longo do tempo. Quanto mais satélites visíveis, melhor será a precisão da geolocalização. O processo envolvido no sistema de GPS consiste em receber o sinal dos satélites e realizar uma triangulação para determinar a posição do receptor.

Considerando um único satélite enviando sinais para um smartphone, a altura da órbita do satélite é de aproximadamente 20 mil quilômetros. Isso gera um efeito de dilatação do tempo, tornando o tempo passado no satélite diferente do tempo passado no smartphone na Terra. Além disso, há um efeito de sincronização nos relógios do satélite e do smartphone devido às diferenças nos potenciais gravitacionais em que estão inseridos. Mesmo que os efeitos de dilatação do tempo e de relatividade sejam pequenos, são relevantes para garantir a precisão necessária na geolocalização.

Quantitativamente como que esses dois efeitos causam a de sincronização dos relógios De que forma esses dois fatores afetam a sincronização dos relógios em termos quantitativos? Imagine dois relógios: um localizado na superfície do planeta Terra, como o do seu smartphone, e outro em azul, carregado pelos satélites de GPS. O relógio azul está em uma região com um campo gravitacional potencial diferente, pois está orbitando o planeta Terra em uma velocidade específica. Isso influencia a sincronização dos relógios de que maneira?

0.9 Calcular o atraso na diferença de tempo medido nesses dois relógios

Determinar a discrepância entre os tempos registrados nos dois relógios. Suponhamos que um intervalo de tempo específico transcorra no relógio do satélite, resultando em seu tempo próprio, enquanto outro intervalo de tempo, representado por Δt , passe no relógio terrestre.

A apresentação dos vídeos é realizada em sala de aula conforme demonstra a imagem 3 abaixo em que os alunos recebem explicações acerca de como funciona o GPS e os cálculos existentes nele para que tenha maior precisão.



Figura 3 – Vídeos sobre o GPS em sala de aula.



Figura 4 – Aplicação do questionário

Ao apresentar as aulas por meio de mídias em sala de aula é possível perceber que a TAS de Ausubel é especialmente relevante para o ensino de Física no ensino médio, pois oferece uma abordagem que facilita a compreensão profunda e duradoura dos conceitos físicos. Essa teoria destaca a importância de relacionar novos conhecimentos aos conhecimentos prévios dos alunos, promovendo uma compreensão mais integrada e coerente.

Na aula 04 aplica-se o questionário para os alunos no intuito de verificar qual o nível de aproximação do estudante com os conhecimentos relacionados ao GPS e à Teoria da Relatividade de Einstein, tendo como fundamento os vídeos que foram exibidos e discutidos ao longo das aulas.

Nas quatro turmas é entregue um questionário para cada aluno, o qual possui 20 questões relacionadas aos assuntos vistos durante as aulas. A imagem 4 demonstra o momento em que os participantes respondem ao questionário em sala de aula.

0.10 RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO DE MAPEAMENTO DOS ALUNOS

Os gráficos das respostas ao questionário de mapeamento das Turmas 2º 01 , 2º 02, 2º 03 e 3º 01 são apresentados nas figuras a seguir. Por uma questão de melhor organização e fluxo de leitura, optou-se por reproduzir cada uma das questões contidas no questionário. Salienta-se que apesar da apresentação dos dados estarem na forma de gráficos e percentuais, não foi o intuito da pesquisa fazer uma análise quantitativa e chegar a conclusões estatísticas, mas sim analisar a evolução das turmas que participaram do processo de aprendizagem significativa.

Antes da aplicação do questionário foi explicado aos participantes que a ideia das questões não era a de atribuir uma nota ou determinar se eles sabiam ou não, mas sim o de contribuir para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem. Os dados estavam sendo coletados para fins científicos e que seria mantido o anonimato em relação aos seus nomes. Além disso, explicou-se acerca da importância da pesquisa e sobre a oportunidade de aprendizado gerada a partir dessa experiência.

As respostas dadas pelos alunos foram tabuladas no MS Excel 2016 da Microsoft e organizadas de forma a gerar dados consolidados e apresentados em forma de gráfico como exposto a seguir.

1. Quantos satélites operam no sistema GPS?
2. Qual é o princípio matemático usado no GPS?
3. Como é medida a distância entre um receptor GPS e um satélite?
4. Quantos satélites são necessários para determinar a posição de um receptor?
5. Como a terra é modelada geometricamente no sistema GPS?
6. Qual é a importância do raio da Terra no cálculo da distância no sistema GPS?
7. O que significa a sigla de GPS?
8. Como funciona o sistema de GPS ?

Questão 1

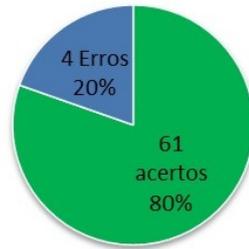


Figura 5 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 1 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01 .

9. Quais são os principais efeitos da relatividade que afetam o funcionamento do GPS?
10. Como o Efeito da gravidade afeta os relógios nos satélites e nos dispositivos GPS na Terra?
11. Como o efeito da gravidade afeta relógios nos satélites e nos dispositivos GPS na terra?
12. Por que os efeitos da relação são importantes para o GPS ?
13. Qual é o principal dos relógios atômicos nos satélites GPS?
14. Como a velocidade especial da luz se relaciona com a medição de tempo no GPS?
15. Como a relatividade especial de Einstein afeta os relógios nos satélites GPS?
16. Como a relatividade geral de Einstein afeta os relógios nos satélites GPS?
17. Qual seria o erro no GPS se não fossem aplicadas as correções da relatividade?
18. Como o GPS determina a distância entre o dispositivo e os satélites?
19. Por que a física quântica é relevante para o funcionamento do GPS?
20. Por que o GPS é considerado uma das maiores realizações do conhecimento humano?

Após a análise dos gráficos das respostas ao questionário de mapeamento dos alunos das turmas 2º 01, 2º 02, 2º 03 e 3º 01, foi possível perceber que, em geral, os estudantes conseguiram

Questão 2



Figura 6 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 2 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.

Questão 3



Figura 7 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 3 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01 .

Questão 4



Figura 8 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 4 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01

Questão 5

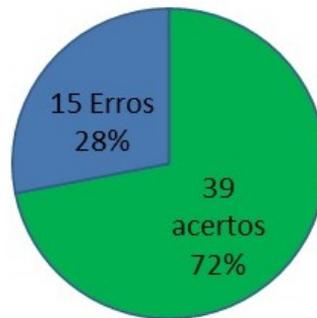


Figura 9 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 5 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.

Questão 6

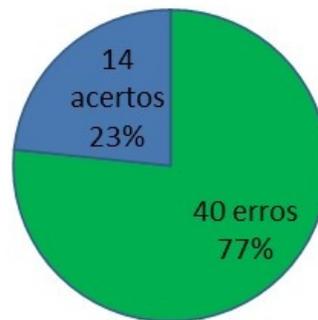


Figura 10 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 6 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.

Questão 7



Figura 11 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 7 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.

Questão 8



Figura 12 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 8 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.

Questão 9



Figura 13 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 9 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.

Questão 10



Figura 14 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 10 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.

Questão 11

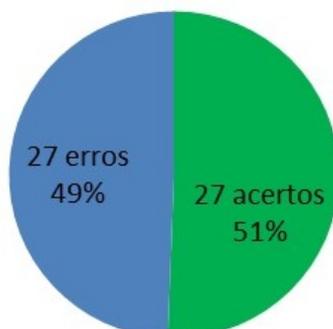


Figura 15 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 11 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.

Questão 12

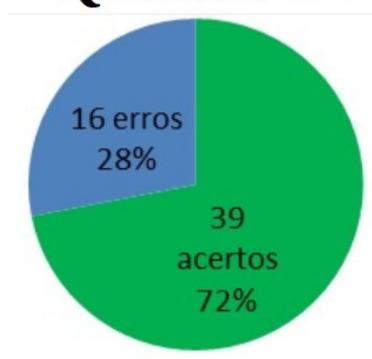


Figura 16 – 12: Gráfico gerado a partir das respostas à questão 12 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.

Questão 13

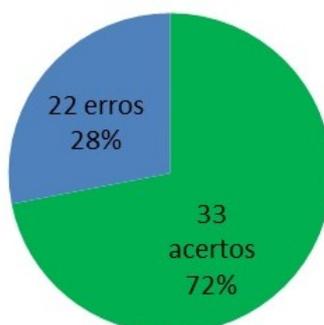


Figura 17 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 13 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.

Questão 14

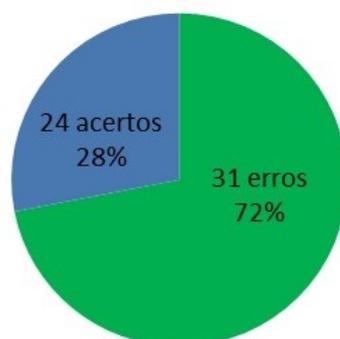


Figura 18 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 14 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.

Questão 15

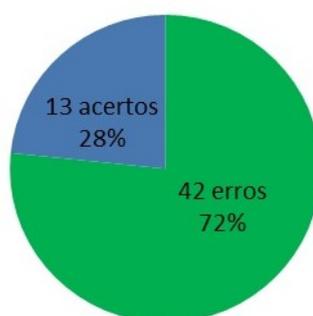


Figura 19 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 15 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 e 2º 02 .

Questão 16

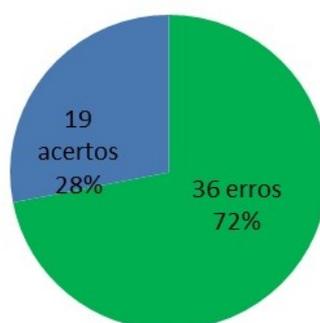


Figura 20 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 16 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.

Questão 17

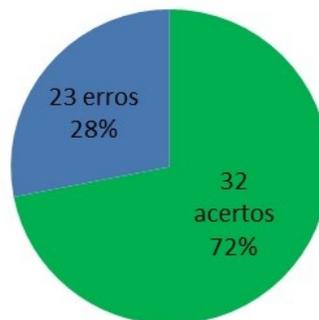


Figura 21 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 17 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º01.

Questão 18

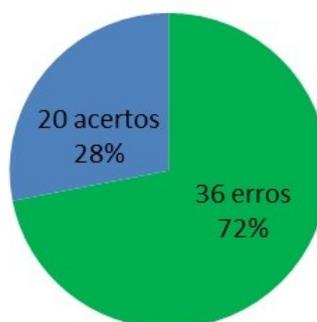


Figura 22 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 18 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º 01.

Questão 19

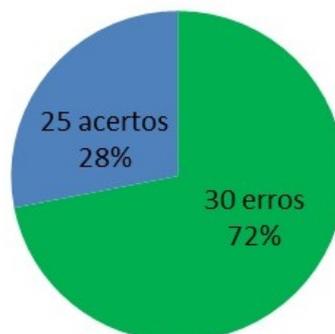


Figura 23 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 19 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º 01.

Questão 20

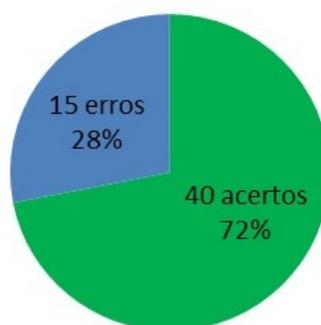


Figura 24 – Gráfico gerado a partir das respostas à questão 20 do questionário de mapeamento pelos alunos das Turmas 2º 01 ,2º 02,2º 03 e 3º 01.

aprimorar os seus conhecimentos através dos vídeos que foram passados sobre o funcionamento e os princípios do sistema GPS. As respostas demonstram que a maioria dos alunos compreenderam a quantidade de satélites em operação no sistema, o princípio matemático utilizado, a medição de distância, a importância do raio da Terra nos cálculos, a modelagem da Terra geometricamente, a sigla do GPS, o funcionamento do sistema, os efeitos da relatividade que afetam seu funcionamento, a relação com os relógios nos satélites, a importância dos efeitos da relatividade, a utilização de relógios atômicos, a velocidade da luz na medição de tempo, a relatividade especial e geral de Einstein, os erros que ocorreriam sem as correções da relatividade, a determinação da distância entre dispositivos e satélites, a relevância da física quântica e a consideração do GPS como uma grande realização do conhecimento humano.

Esses resultados nos gráficos indicam que os temas abordados para os alunos contribuíram para aprimorar os conhecimentos sobre tecnologias fundamentais para a nossa sociedade, como o sistema de posicionamento global. Além disso, é possível observar que os estudantes estão cientes da complexidade e da interdisciplinaridade envolvidas no funcionamento do GPS, uma vez que questões relacionadas à física, matemática e tecnologia foram abordadas no questionário.

Ao conversar com os alunos em sala de aula foi possível notar algumas falas a respeito dos temas estudados como demonstrado na tabela 2.

Foi muito proveitoso ver os alunos tão engajados. Eles trabalharam em equipe, discutiram ideias e ajudaram uns aos outros a entender os conceitos. Além disso, promovemos uma discussão

Tabela 2 – Observação direta com os estudantes

Aluno (nome fictício)	Comentário sobre a aula
Ana (2º ano)	"Nunca pensei que entender como o GPS funciona poderia ser tão interessante, a aula foi super dinâmica e cheia de exemplos práticos".
Benjamin (3º ano)	"Foi incrível ver como a física está presente no nosso dia a dia. Entender os princípios por trás do GPS me fez perceber como a ciência é fundamental para a tecnologia que usamos".
Larissa (2º ano)	"Eu sempre achei física difícil, mas a aula de hoje mudou minha visão. Aprender sobre GPS com exemplos reais e atividades práticas foi muito divertido e educativo."
Ricardo (3º ano)	"A abordagem dinâmica da aula fez toda a diferença. Eu consegui visualizar o funcionamento do GPS e isso me motivou a aprender mais sobre física."

aberta sobre a teoria da relatividade, onde cada aluno pôde compartilhar suas percepções e dúvidas. Os alunos ficaram impressionados ao ver como a teoria de Einstein se aplica diretamente à tecnologia do GPS. Muitos deles comentaram que nunca tinham imaginado que algo tão abstrato pudesse ter uma aplicação tão prática e cotidiana.

A abordagem dinâmica e interativa permitiu que os alunos não só entendessem a teoria por trás do GPS e da relatividade, mas também vissem a aplicação prática desses conceitos. Ver a curiosidade e o engajamento deles foi extremamente recompensador e me motivou a continuar explorando métodos de ensino inovadores e interativos.

Dessa forma, a observação direta e o questionário de mapeamento se mostram ferramentas importantes para avaliar o nível de compreensão dos alunos em relação ao tema e para identificar possíveis lacunas no conhecimento. A partir desses resultados, os professores podem elaborar estratégias de ensino mais eficazes e adequadas às necessidades dos estudantes, visando aprimorar a aprendizagem e o entendimento dos sistemas de posicionamento global e suas aplicações no cotidiano.

0.11 REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., HANESIAN, H. Educational psychology: A cognitive view. Nova Iorque: Holt, Rinehart Winston, 1968.

CIÊNCIA TODO DIA. Como o GPS Funciona?. 2023. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=n>

FÍSICO RADIOATIVO. Como funciona o GPS. 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KqfcKSEYE>.

MOREIRA, M.A. Aprendizagem significativa crítica. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS. 45p, 2005.

PROESTUDO. A matemática do GPS - como funciona o Sistema de Posicionamento Global pela matemática. 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=aZsQ-xl4SMc>.

SILVA, Rodrigo Nemmen da. Aula 11 – GPS | Relatividade geral e aplicações astrofísicas (IAG USP, 2020). 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SNsYJkUm7Lw>.

VALADARES, J. A. teoria da aprendizagem significativa como teoria construtivista. Aprendizagem Significativa em Revista, 1(1), 36-57, 2011.