

## GUIA DO PROFESSOR:

### CONSTRUÇÃO DE UM WEBSITE SOBRE A FÍSICA DOS NEUTRINOS PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

Denis Marcel Gouveia de Souza

Orientador: Prof. Dr. José Kenichi Mizukoshi



Santo André - SP

2020

## SUMÁRIO

1.	MANUAL DE INSTRUÇÕES PARA USO DO WEBSITE.....	3
1.1.	Descrição dos conteúdos e objetivos das páginas do Website .....	3
2.	MANUAL DE INSTRUÇÕES PARA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL (SUGESTÃO) .....	9
2.1.	Metodologias de ensino utilizadas na aplicação do produto .....	9
2.1.1.	Ensino Híbrido .....	9
2.1.2.	Sala de Aula Invertida (Flipped Classroom).....	10
2.1.3.	Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) .....	12
2.2.	PLANO DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL (PARA O PROFESSOR) .....	14
2.3.	INSTRUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (GUIA DO ALUNO).....	17
3.	TESTES CONCEITUAIS QUE PODEM SER UTILIZADOS DURANTE AS AULAS OU AVALIAÇÕES.....	24
4.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

## 1. MANUAL DE INSTRUÇÕES PARA USO DO WEBSITE

Caro professor, o website “Neutrinos” é um produto educacional do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de física - Polo UFABC. Ele foi construído utilizando a plataforma de desenvolvimento livre Wordpress e está hospedado no servidor da Universidade Federal do ABC (UFABC), no seguinte endereço eletrônico:

<http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/neutrinos>

Com a intenção de transmitir informações sobre os neutrinos, o website está estruturado em páginas que ramificam em subpáginas, conforme ilustrado na figura 1.



NEUTRINOS								
PÁGINAS	PÁGINA INICIAL	SITUANDO OS NEUTRINOS	PROPRIEDADES E CARACTERÍSTICAS	FONTES	DETECTORES	EXPERIMENTOS	EXTRAS	PARA PROFESSORES
	APRESENTAÇÃO DO PRODUTO	O QUE É O NEUTRINO?	SABORES	ACELERADORES DE PARTÍCULAS	VISÃO GERAL	SUPER-KAMIOKANDE	SITES E TEXTOS	ORIENTAÇÕES PARA APLICAÇÃO
	CONTATO	AS PARTÍCULAS ELEMENTARES	MASSA	ATMOSFÉRICOS	DETECTORES CHERENKOV	ICECUBE	VÍDEOS	
SUBPÁGINAS		INTRODUÇÃO AO MODELO PADRÃO	OSCILAÇÃO	BIG BANG	DETECTORES CINTILADORES	DUNE	NOTÍCIAS	
		INTERAÇÕES DOS NEUTRINOS	NÚMERO LEPTÔNICO (ANTINEUTRINO)	CÓSMICOS		SNO	REFERÊNCIAS	
			HELICIDADE E QUIRALIDADE	DECAIMENTOS		BOREXINO		
				REATORES NUCEARES		KAMLAND		
				SOLAR				
				SUPERNOVAS				
				ELEMENTOS RADIATIVOS				

Figura 1 – Estrutura do website em páginas e subpáginas

### 1.1. Descrição dos conteúdos e objetivos das páginas do Website

#### Página inicial

Ao acessar o URL acima você acessará a página inicial (ou “home”). Esta página tem o objetivo de apresentar o site e instigar o visitante a acessar as páginas do menu. Para isso, a página está dividida em 3 partes: cabeçalho, apresentação básica dos neutrinos e apresentação do produto educacional.

Após o contato inicial com o cabeçalho, o visitante encontra uma breve apresentação do conteúdo que encontrará no site, contendo informações rápidas sobre os neutrinos, curiosidades e uma ilustração feita por alunos colaboradores. Em seguida, o usuário terá acesso a

apresentação do site, os autores, os objetivos de trabalhar com os neutrinos no Ensino Médio e um breve guia de navegação.

No fim da página inicial, há um botão para iniciar o estudo guiado do *site*, o qual otimizará a navegação do usuário, levando-o para a página “Situando os neutrinos”.

### **Situando os neutrinos**

Esta página tem o objetivo de situar os neutrinos dentro das partículas elementares, mostrando suas principais propriedades e interações. Para isto, o conteúdo da página está dividido em 4 subpáginas sequenciais:

- “O que é o neutrino?”,
- “As partículas elementares”,
- “Introdução ao modelo padrão”
- “Interações dos neutrinos”

Ao término de cada subpágina há um quadro resumindo os pontos mais importantes dos textos, ajudando o usuário a focar o estudo no neutrino.

Ao fim deste eixo temático, o usuário deve ser capaz de:

- classificar os neutrinos como Bósons, pertencentes ao grupo dos Léptons.
- conhecer quais são as interações que os neutrinos podem experimentar e suas razões.
- espera-se que o usuário tenha muitos questionamentos sobre esta partícula, pois isso o incentivará a continuar navegando pelo website.

Agora, o estudo guiado dá 3 possibilidades para o usuário prosseguir, “Propriedades dos neutrinos”, “Fontes de neutrinos” ou “Detectores de Neutrinos”. Essa tática foi adotada, pois o usuário já contextualizou a partícula e agora pode seguir para a área de maior interesse. Essa liberdade de navegação permite que ele se envolva cada vez mais com o *website*.

### **Propriedades dos neutrinos**

Esta página tem o objetivo de apresentar algumas das propriedades dos neutrinos. Cada propriedade é apresentada numa subpágina, são elas:

- “Sabores”
- “Massa”
- “Oscilação”
- “Número Leptônico e o Antineutrino”
- “Helicidade e Quiralidade”

Para ajudar na compreensão da leitura e expandir o estudo, ao longo dos textos há muitos links internos e externos complementares ao conteúdo. E, ao término de cada subpágina há um quadro resumindo os pontos mais importantes dos textos, ajudando o usuário a focar no objeto de estudo, o neutrino.

Ao fim deste eixo temático, o usuário deve ser capaz de:

- conhecer os 3 sabores de neutrinos (elétron, múon e tau) e associá-los ao seu respectivo lépton.
- entender que a massa de cada sabor de neutrino é constituída por três entidades coexistentes (=neutrinos físicos).
- entender o básico da oscilação e o mecanismo dessa mudança de sabor.
- diferenciar um neutrino de um antineutrino utilizando o número leptônico. Entender como esse número é distribuído entre os léptons e como funciona sua conservação.
- construir a ideia de quiralidade, ter o conhecimento que todos os neutrinos detectados até hoje são de mão esquerda, pois toda partícula detectada pela interação fraca é de mão esquerda.

### **Fontes de neutrinos**

Esta página tem o objetivo de mostrar quais são as principais fontes e a importância em estudar os neutrinos. Assim, a página apresenta 9 fontes de neutrinos diferentes, sendo uma subpágina exclusiva para cada fonte:

- “Aceleradores de partículas”
- “Atmosféricos”
- “Big Bang”
- “Cósmicos”
- “Decaimentos”
- “Reatores nucleares”
- “Solar”
- “Supernovas”
- “Elementos radioativos”

Cada uma das subpáginas segue o seguinte roteiro:

1º) É apresentado os sabores de neutrinos produzidos neste tipo de fonte através de ilustrações próprias (Figura 2);



Figura 2 – Apresentação dos sabores de neutrinos em cada fonte

2º) Explicação de como os neutrinos são produzidos neste tipo de fonte;

3º) Explicação da importância do neutrino produzido neste tipo de fonte.

4º) Uso da mascote Cerebitto para explicar algum conceito essencial do texto. A figura 3 mostra um exemplo de utilização do Cerebitto, onde ele explica o que é um acelerador de partículas.

5º) Para ajudar na compreensão da leitura e expandir o estudo, ao longo dos textos há muitos links internos e externos complementares ao conteúdo.



Figura 3 – Parte da explicação do Cerebitto sobre aceleradores de partículas

## Detectores de Neutrinos

Esta página tem o objetivo de mostrar as principais características de um detector e como ocorre a detecção dos neutrinos. Para isso, a página apresenta 3 subpáginas:

- “Visão geral”
- “Detectores Cherenkov”
- “Detectores Cintiladores”

Ao fim deste eixo temático, o usuário deve ser capaz de:

- destacar as 3 principais características de um detector de neutrinos: alvo com grande volume, enterrado em grandes profundidades e possui milhares de sensores de luz.
- entender que o neutrino interage com um elétron ou partículas do núcleo atômico via interação fraca, liberando radiação em forma de luz.
- entender que o uso de materiais cintiladores possibilita a detecção de neutrinos de baixas energias (inferior a 1 MeV).

Para ajudar na compreensão da leitura e expandir o estudo, ao longo dos textos há muitos links internos e externos complementares ao conteúdo.

Além dessas páginas de conteúdo, o site também possui páginas complementares, como: “Experimentos”, “Extras”, “Para professores”.

### **Experimentos**

Esta página apresenta alguns dos principais experimentos de neutrinos. Cada um desses experimentos está numa subpágina que discute as principais características, além de fornecer os links oficiais desses detectores.

- “Super-Kamiokande”
- “IceCube”
- “DUNE”
- “KamLand”
- “SNO+”
- “Borexino”

Um dos principais objetivos da página é que o usuário entenda a grandiosidade desses experimentos e que enxergue a Física de neutrinos como algo importante para construção de conhecimento humano, já que muitos países espalhados pelo mundo vêm investindo muito dinheiro na área.

### **Extras**

Esta página concentra materiais disponíveis na internet sobre neutrinos. Para melhor organizar os materiais, foram criadas 4 subpáginas:

- “Sites e textos da internet”
- “Vídeos”
- “Notícias”
- “Referências bibliográficas”

Assim, o usuário pode encontrar todos os links externos utilizados no site e outras referências para aprofundamento no assunto de interesse.

### **Para professores**

Esta página traz orientações para o professor, assim o professor que pretende utilizar o produto educacional em suas aulas pode ser norteado por esses documentos. São eles:

- Manual de instruções para uso do website
- Uma sugestão de sequência didática utilizando o website
- Material complementar de estudo para o professor



## 2. MANUAL DE INSTRUÇÕES PARA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL (SUGESTÃO)

Caro professor, vamos apresentar uma sugestão de sequência didática para uso do *website*. Esta sequência didática está pautada na sala de aula invertida, utilizando o *website* como principal referência bibliográfica.

Este manual apresenta:

- uma fundamentação teórica das metodologias de ensino utilizadas na aplicação;
- um plano de aplicação para o professor (modelo para impressão);
- um caderno de instruções para o aluno, vinculado com o plano de aplicação (modelo para impressão).

### 2.1. Metodologias de ensino utilizadas na aplicação do produto

O planejamento da aplicação deste trabalho foi norteado pelo ensino híbrido, utilizando muito das estratégias propostas pela sala de aula invertida e pelo ensino colaborativo (Instrução pelos colegas). As seções a seguir irão descrever o básico de cada uma destas metodologias.

#### 2.1.1. Ensino Híbrido

O ensino híbrido (ou *blended learning*) é uma modalidade de ensino em que parte das atividades são realizadas a distância e outra parte em sala de aula. O trabalho de Valente (2014, p. 84), define o ensino híbrido como “um programa de educação formal que mescla momentos em que o aluno estuda os conteúdos e instruções usando recursos on-line, e outros em que o ensino ocorre em uma sala de aula, podendo interagir com outros alunos e com o professor.”

Valente (2004) também explica qual é o papel do aluno e do professor nesta modalidade de ensino. Durante a parte on-line, o aluno é capaz de controlar como, quando e onde estudar. E, durante a aula presencial, o aluno pode contar com a orientação do professor, o qual propõe atividades que valorizam as interações interpessoais e complementam o conteúdo estudado a distância. O autor alerta que ao utilizar o ensino híbrido, o professor deve se atentar a tênue linha entre o aspecto formal e informal dos conteúdos on-line. Assim, para atingir melhores resultados, o professor deve elaborar as instruções e o conteúdo para cada etapa do curso, ao invés de utilizar qualquer material disponível na internet, os quais podem se aproximar de uma aprendizagem mais informal.

No cenário atual, as tecnologias móveis (celulares e tablets) conectadas a rede são os principais aliados desta modalidade, permitindo a flexibilização dos processos de ensino-

aprendizagem e a integração simultânea de todos os espaços. Desta maneira, o ensino híbrido atende dos estudantes mais proativos até os mais passivos, dos mais rápidos aos mais lentos, dos autodidatas aos mais dependentes de tutoria. BACICH e MORAN (2015, p. 45)

Em relação aos aspectos positivos, Valente (2004) defende que o ensino híbrido proporciona “um processo de ensino e de aprendizagem mais eficiente, interessante e personalizado”. Enquanto, BACICH e MORAN (2015, p. 45) defendem que “a integração cada vez maior entre sala de aula e ambientes virtuais é fundamental para abrir a escola para o mundo e trazer o mundo para dentro da escola”.

Um modelo de ensino híbrido que pode ser utilizado atualmente é a sala de aula invertida, este será o tema da próxima seção.

### **2.1.2. Sala de Aula Invertida (Flipped Classroom)**

Segundo Oliveira et al. (p. 5) esta metodologia de ensino tem como principal característica colocar o aluno em contato com o conhecimento antes da aula, invertendo a lógica tradicional de ensino. Durante a aula, o professor emprega técnicas que incentivam o trabalho colaborativo, além disso, auxilia na execução de tarefas que utilizam o conhecimento prévio dos estudantes. Tudo isso ocorre estimulando o aluno como protagonista, onde ele é engajado em construir seu próprio conhecimento.

Na sala de aula invertida, o contato prévio entre o aluno e a informação pode acontecer por meio de leituras, vídeos, simuladores e outros materiais selecionados pelo professor na elaboração da pré-aula. A grande vantagem deste momento é a liberdade que o aluno possui para o estudo, ele pode rever o material e dar ênfase no que julgar mais importante até atingir uma compreensão adequada do objeto de estudo, muito diferente da aula expositiva tradicional. (Oliveira et al., 2014, p. 5)

Durante a aula, o professor propõe um problema que valoriza a aplicação dos conceitos estudados em casa pelos alunos. Geralmente, essas atividades valorizam a postura ativa dos alunos, o professor tem apenas a função de orientá-los ao longo do processo, ressignificando as relações de aprendizagem que conhecemos tradicionalmente. O trabalho de Valente (2014) retirou do relatório Flipped Classroom Field Guide as seguintes regras básicas para inverter a sala de aula:

*1) as atividades em sala de aula envolvem uma quantidade significativa de questionamento, resolução de problemas e de outras atividades de aprendizagem ativa, obrigando o aluno a recuperar, aplicar e ampliar o material aprendido on-line;*

2) Os alunos recebem feedback imediatamente após a realização das atividades presenciais;

3) Os alunos são incentivados a participar das atividades on-line e das presenciais, sendo que elas são computadas na avaliação formal do aluno, ou seja, valem nota;

4) tanto o material a ser utilizado on-line quanto os ambientes de aprendizagem em sala de aula são altamente estruturados e bem planejados

BACICH e MORAN (2015, p. 46) defendem o modelo da sala de aula invertida, pois argumentam que é importante a interação do estudante com o conteúdo antes da formalização da teoria em sala de aula.

*Diversos estudos têm demonstrado que os estudantes constroem sua visão sobre o mundo ativando conhecimentos prévios e integrando as novas informações com as estruturas cognitivas já existentes para que possam, então, pensar criticamente sobre os conteúdos ensinados. (p. 46)*

Oliveira et al. (2014) destaca a função do professor e do aluno dentro desta metodologia. Assim, o docente passa a ter um papel de atuação diferente na sala de aula invertida, ele concentra suas atividades na criação, seleção e organização do material de estudo para as pré-aulas. E, planeja tarefas ou métodos que estimulam o engajamento dos estudantes com o objeto de estudo nos encontros presenciais. Com isso, o professor tem seu papel ressignificado, deixa de ser um expositor oral e passa a ter um papel mais importante no planejamento das aulas e orientação dos discentes.

Enquanto isso, os alunos passam a ser o centro do processo educativo, o qual está exemplificado no trecho a seguir.

*Os alunos se tornam corresponsáveis tanto pela própria aprendizagem quanto pela dos colegas. Quando estão em casa, são encarregados de se prepararem para as atividades que serão desenvolvidas em sala de aula. Em classe, são responsáveis por ajudar os colegas nas atividades e contribuir para as discussões orientadas pelo professor, o que, por sua vez oportuniza a consolidação do que está sendo por eles aprendido. (Oliveira et al., 2014, p. 6)*

Algumas vantagens associadas ao uso da sala de aula invertida estão apresentadas a seguir:

- Considera os conhecimentos prévios dos alunos.
- Atende os diferentes alunos presentes na sala de aula.
- Auxilia no desenvolvimento de hábitos de estudos nos estudantes.
- Auxiliam no desenvolvimento da capacidade de reflexão e da habilidade de elaborar boas perguntas.
- Estimula o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao trabalho colaborativo.
- Leva a aprendizagem significativa.

### 2.1.3. Instrução pelos Colegas (Peer Instruction)

É considerado um método ativo para inverter as aulas e foi desenvolvido pelo professor de física, Eric Mazur da universidade de Harvard. Oliveira et al. resume que na Instrução pelos colegas:

*“[...] o professor apresenta um teste conceitual (Puzzle) aos alunos, os quais o respondem individualmente, utilizando algum sistema de votação. Em seguida, dependendo da quantidade de acertos, o professor instrui os alunos a tentarem convencer uns aos outros de suas respostas [...] por fim, o método prevê uma segunda votação, após a discussão entre os colegas” (p. 9)*

Neste método, o professor pode disponibilizar um conteúdo com um conjunto de questões para o aluno estudar antes da aula. Sempre que possível, o professor recebe as respostas das questões dias antes de ministrar a aula, assim pode diagnosticar e preparar atividades focadas nas dificuldades dos alunos para a aula presencial. Ainda, segundo Valente (p. 88, 2014) “durante a aula, as discussões são intercaladas com testes conceituais, destinados a expor as dificuldades que os alunos encontram”. Esses testes podem ser realizados por sistemas interativos de votação, como o *Plickers*. A vantagem é que se trata de um aplicativo gratuito e de resposta imediata.

Em geral, a Instrução pelos colegas ocorre em ciclos de 13 a 15 minutos. Primeiramente, o professor faz uma exposição oral, enfatizando as principais dúvidas dos alunos referentes ao estudo antes da aula, em seguida, apresenta um teste conceitual, onde os alunos têm de 2 a 3 minutos para pensar e responder individualmente. O uso do *Plickers* é interessante, pois apenas o professor tem acesso a quantidade de acertos. Se a porcentagem de acertos foi entre 30% e 70%, os alunos devem discutir a questão em pequenos grupos, enquanto o professor circula pela sala promovendo discussões produtivas. Após, 2 ou 3 minutos de discussão colaborativa, os alunos voltam a responder o teste conceitual. Em seguida, o professor discute a resposta verdadeira e complementa com exemplos relevantes.

Outras possibilidades também podem acontecer, caso a porcentagem de acertos seja inferior a 30%, o professor discute o teste e propõe uma nova questão conceitual do mesmo tema. E, se for maior que 70%, o professor discute a questão e propõe um novo tema.

As vantagens deste método é que ele obriga os alunos a pensarem como elaborar argumentos e permite que eles auto avaliem o nível de compreensão dos conceitos estudados. Valente (p. 88, 2014) também enfatiza que “utilizando-se essa estratégia, foi verificado que os estudantes apresentam ganhos significativos na compreensão conceitual, avaliados com testes

padronizados, bem como ganham habilidades para resolver problemas comparáveis aos adquiridos nas aulas tradicionais”.

A eficiência do método pode ser creditada, em sua maior parte, no ensino colaborativo entre os estudantes. Um aluno que “acabou de compreender determinado conceito pode ter uma forma diferente e, muitas vezes, mais eficiente que a do professor, de explicar àquele que ainda está com dificuldades de entendimento.”

Segundo Bacich e Moran,

*O trabalho colaborativo pode estar aliado ao uso das tecnologias digitais propiciando momentos de aprendizagem e troca que ultrapassam as barreiras da sala de aula. Aprender com os pares torna-se ainda mais significativo quando há um objetivo comum a ser alcançado pelo grupo.*

## 2.2. PLANO DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL (PARA O PROFESSOR)

**PERÍODO DE APLICAÇÃO:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ até \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**QUANTIDADE DE AULAS:** \_\_\_\_ aulas

**METODOLOGIAS DE ENSINO:** Ensino híbrido, sala de aula invertida, ensino colaborativo, instrução pelos colegas, estudo dirigido e aula expositiva

### DISTRIBUIÇÃO DAS AULAS E ORIENTAÇÕES PARA A APLICAÇÃO DO PRODUTO

#### **Momento 1:** Conhecendo o neutrino

##### Instruções para a pré-aula:

Os alunos deverão acessar o site e ler a “Página inicial” e a página “O que é o Neutrino?” na seção “Situando os neutrinos” do menu principal. Esta etapa tem a finalidade de que o aluno adquira um conhecimento prévio sobre o tema geral.

Atividade para avaliação (individual): Cada aluno deve entregar as dúvidas da leitura.

##### Instruções para a aula:

- ✓ 10 minutos: Divisão da turma em 9 grupos para o desenvolvimento do projeto.
- ✓ 10 minutos: Em grupos, os alunos terão que discutir suas dúvidas sobre neutrinos, a partir da leitura prévia. Ao término do tempo, cada grupo deve apresentar suas principais dúvidas por escrito.
- ✓ 20 minutos: O professor mediará uma discussão onde um grupo consiga responder a dúvida de outro grupo.
- ✓ 10 minutos: O professor irá formalizar e expor conceitos importantes para a continuidade do estudo.

#### **Momento 2:** Situando o neutrino

##### Instruções para a pré-aula:

Os alunos deverão acessar o site na seção “Situando os neutrinos” e devem ler as páginas “As partículas Elementares” e o “Modelo Padrão”. Esta etapa tem a finalidade de que o aluno adquira um conhecimento prévio sobre o tema.

Atividade para avaliação (individual): Cada aluno deve entregar as dúvidas da leitura.

##### Instruções para a aula:

- ✓ 10 minutos: A turma será dividida em grupos, o professor apresentará a tabela do Modelo Padrão e os alunos terão que discuti-la a partir dos seus conhecimentos prévios. Ao término do tempo, cada grupo deve apresentar suas principais dúvidas por escrito.
- ✓ 15 minutos: O professor irá formalizar e expor conceitos importantes para a continuidade do estudo.

- ✓ 25 minutos: O professor utilizará testes conceituais, questões objetivas, utilizando o aplicativo Plickers. Esta etapa seguirá a metodologia de instrução pelos colegas.

Atividade para avaliação (individual): Testes conceituais.

### **Momento 3:** Compreendendo melhor os Neutrinos

#### Instruções para a pré-aula:

Os alunos irão receber um estudo dirigido para a leitura da seção “Propriedades”. Esta etapa tem a finalidade de que o aluno adquira um conhecimento prévio sobre a física dos neutrinos.

Atividade para avaliação (individual): Entrega do estudo dirigido respondido.

#### Instruções para a aula:

- ✓ 10 minutos: Em grupos, os alunos terão que discutir suas dúvidas sobre o estudo dirigido. Ao término do tempo, cada grupo deve apresentar suas principais dúvidas por escrito.
- ✓ 30 minutos: O professor irá intercalar aula expositiva com testes conceituais (questões objetivas), utilizando o aplicativo Plickers. Esta etapa seguirá a metodologia de instrução pelos colegas.
- ✓ 10 minutos: O professor irá formalizar e expor conceitos importantes para a continuidade do estudo.

Atividade para avaliação (individual): Testes conceituais.

### **Momento 4:** Conhecendo as Fontes de neutrinos

#### Instruções para a pré-aula:

Cada grupo estudará uma das fontes de neutrinos presente na seção “Fontes”. (9 grupos)

Atividade para avaliação (individual): Entregar um resumo da fonte de neutrinos estudada.

#### Instruções para a aula:

- ✓ 40 minutos: Cada grupo irá fazer uma apresentação de até 3 minutos sobre o seu tema. (Utilizar a página estudada)
- ✓ 10 minutos: O professor irá responder as principais dúvidas e expor conceitos importantes para a continuidade do projeto.

Atividade para avaliação (grupo): Ao término das apresentações, cada grupo deve entregar um resumo das principais características de cada fonte.

### **Momento 5:** Como os neutrinos são detectados?

#### Instruções para a pré-aula:

Todos os alunos devem ler as subpáginas contidas na seção “Detectores” + “Interação dos neutrinos” em “Situando os neutrinos”. Opcionalmente, o aluno pode ler a Seção “Experimentos”. Esta etapa tem a finalidade de que o aluno adquira um conhecimento prévio sobre o tema.

Atividade para avaliação (individual): Responder e entregar o estudo dirigido + dúvidas da leitura.

Instruções para a aula:

- ✓ 10 minutos: Responder as principais dúvidas sobre o estudo dirigido.
- ✓ 15 minutos: Aula expositiva sobre importância da ciência e detectores de neutrinos
- ✓ 25 minutos: Prova online (questões objetivas)

**Momento 6:** Encerramento

Instruções para a aula:

- ✓ Atividade para avaliação individual (40 minutos): Prova
- ✓ Avaliação do site (10 minutos): Os alunos devem acessar o link a seguir para avaliar o site.

[https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=DQSIkWdsW0yxEjajBLZtrQAAA\\_AAAAAAAAAAMAAAU7OUNUQjIXUUFMR1o0WFcyTE41QU9JTzQ0TklwOC4u](https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=DQSIkWdsW0yxEjajBLZtrQAAA_AAAAAAAAAAMAAAU7OUNUQjIXUUFMR1o0WFcyTE41QU9JTzQ0TklwOC4u)

Os alunos devem ser orientados a responder de maneira sincera, pois esta pesquisa irá ajudar no desenvolvimento do site.

**CRONOGRAMA**

Data	___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___
Momento 1	X					
Momento 2		X				
Momento 3			X			
Momento 4				X		
Momento 5					X	
Momento 6						X



## 2.3. INSTRUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA (GUIA DO ALUNO)

**TEMA:** NEUTRINOS

**ÁREA DA FÍSICA:** FÍSICA DE PARTÍCULAS

**PERÍODO DE APLICAÇÃO:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ até \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**PONTUAÇÃO:** \_\_\_ pontos

### MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS

Apesar da maioria das pessoas acreditar que a Ciência pode produzir conhecimentos benéficos para nossas vidas, poucos conseguem entender e defender a sua importância. Poucos sabem dizer o que os físicos estudam atualmente. Poucos conseguem justificar os bilhões de dólares investidos na Física ou outras áreas da Ciência. Poucos sabem quais são as metas e os objetivos das Ciências nos dias de hoje. Neste contexto, o trabalho visa levar um pouco da Ciência produzida atualmente para os alunos do Colégio \_\_\_\_\_.

Espero que você enxergue a Física de Neutrinos como algo próximo da nossa realidade e que tenha mais envolvimento com a Ciência contemporânea. Não espero que você queira se tornar um cientista após o envolvimento com o tema, mas espero que você valorize os cientistas e entenda o papel fundamental da Ciência para a evolução humana!

### METODOLOGIA PARA APRENDIZAGEM

Devido ao número reduzido de material sobre o tema, criei um site sobre NEUTRINOS, o qual será nosso referencial teórico. Endereço de acesso: <http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/neutrinos/>

Nossas aulas terão a SALA DE AULA INVERTIDA como metodologia de aprendizagem, assim o aluno sempre deve ler algumas páginas do site antes do encontro presencial.

**Importante:** Levar notebook (preferência) ou tablet para as aulas. Celulares podem ser utilizados, porém não terá a melhor experiência de navegação.

### CRONOGRAMA

Data	___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___	___/___/___
Momento 1	X					
Momento 2		X				
Momento 3			X			
Momento 4				X		
Momento 5					X	
Momento 6						X

## MOMENTO 1: ORIENTAÇÕES PARA A LEITURA DA SEÇÃO “O QUE É O NEUTRINO?”

1. Acesse o site <http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/neutrinos/> e entre na seção “SITUANDO OS NEUTRINOS” disponível no menu.

**2. Tarefa mínima (Entregar para o professor na aula dia \_\_\_\_/\_\_\_\_):**

**a)** Leia a página “O QUE É O NEUTRINO?”.

Esta página nos dá uma visão geral sobre nosso objeto de estudo, então algumas dúvidas não serão respondidas na primeira aula, mas ao longo das 4 aulas. Mas anote suas dúvidas e leve-as para aula.

**b)** Esta folha contendo as dúvidas deverá ser entregue ao professor no início da aula.

## MOMENTO 2: ORIENTAÇÕES PARA A LEITURA DA SEÇÃO “SITUANDO OS NEUTRINOS”

1. Acesse o site <http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/neutrinos/> e entre na seção “SITUANDO OS NEUTRINOS” disponível no menu.

**2. Tarefa mínima (Entregar para o professor na aula dia \_\_\_\_/\_\_\_\_):**

**a)** Leia a página “AS PARTÍCULAS ELEMENTARES”.

Anote suas dúvidas e leve-as para aula.

**b)** Leia a página “INTRODUÇÃO AO MODELO PADRÃO”

Anote suas dúvidas e leve-as para aula.

**c)** Esta folha contendo as dúvidas deverá ser entregue ao professor no início da aula.

**3. Tarefa complementar (não obrigatório):**

**a)** Leia a página “INTERAÇÕES DOS NEUTRINOS”.

Anote suas dúvidas, mas a discussão desta parte acontecerá na aula 4.

### MOMENTO 3: ORIENTAÇÕES PARA A LEITURA DA SEÇÃO “PROPRIEDADES”

1. Acesse o site <http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/neutrinos/> e entre na seção “propriedades” disponível no menu. (Acesso direto: <http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/neutrinos/index.php/propriedades/>)

#### 2. Tarefa mínima (Entregar para o professor na aula \_\_\_\_ / \_\_\_\_):

a) Leia a página “SABORES” e responda:

O neutrino possui sabor, o que significa isso? Quais são os sabores do neutrino?

b) Leia a página “MASSAS” e responda:

Os neutrinos possuem massas bem definidas?

Explique sucintamente como a massa de cada sabor de neutrino é constituída.

c) Leia a página “OSCILAÇÃO DE SABOR” e responda:

O que significa oscilação de neutrinos?

Tente entender o mecanismo para um neutrino oscilar de sabor.

d) Este estudo dirigido deverá ser entregue ao professor no início da aula.

#### 3. Tarefa complementar (não obrigatório):

a) Leia a página “NÚMERO LEPTÔNICO” e responda:

Qual é o número leptônico dos neutrinos? E dos antineutrinos?

Observe que este número distingue um neutrino de seu antineutrino.

b) Leia a página “QUIRALIDADE” e responda:

Quais são os tipos de quiralidade que uma partícula pode ter?

Qual é a quiralidade do neutrino? E do antineutrino?

Qual é a importância dessa propriedade?

#### **MOMENTO 4: ORIENTAÇÕES PARA LEITURA DA SEÇÃO “FONTES DE NEUTRINOS”**

1. Acesse o site <http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/neutrinos/> e entre na seção “FONTES” disponível no menu. (Acesso direto: <http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/neutrinos/index.php/fontes/>)

**2. Tarefa mínima (Entregar para o professor na aula \_\_\_\_ / \_\_\_\_):**

a) Cada aluno irá ler a FONTE determinada na aula anterior.

b) Cada aluno irá elaborar um resumo da fonte estudada (ênfase em como ocorre a produção e sua importância). Também deve escrever suas dúvidas nesta mesma folha. **Obs:** Não exceder 1 folha.

c) Este resumo deverá ser entregue ao professor no início da aula.

**3. Tarefa complementar (não obrigatório):**

a) Ler os outros 8 tipos de fontes contidas no site.

## MOMENTO 5: ORIENTAÇÕES PARA LEITURA DAS SEÇÕES “DETECTORES” E “EXPERIMENTOS”

1. Acesse o site <http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/neutrinos/> e entre na seções “detectores” e “experimentos” disponíveis no menu. (Acessos diretos: <http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/neutrinos/index.php/detectores/> e <http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/neutrinos/index.php/experimentos/>)

### 2. Tarefa mínima (Entregar para o professor na aula \_\_\_/\_\_\_):

a) Leia a página “VISÃO GERAL” disponíveis na seção “DETECTORES” e responda:

Quais as 3 principais característica de um detector de neutrinos?

Como sabemos que um neutrino interagiu com o alvo? (Resposta em 1 linha)

b) Leia as páginas “DETECTORES CHERENKOV” e “DETECTORES CINTILADORES” disponíveis na seção “DETECTORES”

Tente entender os 2 processos de interação que envolve os neutrinos (Espalhamento e decaimento).

Anote suas dúvidas.

c) Leia as páginas “Super-Kamiokande”, “IceCube” e “DUNE” disponíveis na seção “EXPERIMENTOS” e entenda a grandeza desses laboratórios.

Anote suas dúvidas.

d) Esta folha contendo as perguntas e respostas, dúvidas e anotações relevantes deverá ser entregue ao professor no início da aula. **Obs.:** Não exceder 1 folha.

### 3. Tarefa complementar (não obrigatório):

a) Os neutrinos podem sofrer 2 tipos de interações com o alvo do detector, espalhamento ou decaimentos. Acesse o link a seguir e entenda a diferença entre esses processos de interação.

<http://propg.ufabc.edu.br/mnpef-sites/neutrinos/index.php/situando/interacoes-neutrinos/>

## MOMENTO 6: ORIENTAÇÕES PARA AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM E DO SITE

**1. Avaliação de aprendizagem:** O professor irá aplicar uma prova sobre o conteúdo estudado.

**2. Avaliação do site:** Acesse o link a seguir para avaliar o site.

<https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=DQSIkWsW0yxEjajBLZtrQAAAAAAAAAAAAAMAAu7OUNUQjIXUUFMR1o0WFcyTE41QU9JTzQ0TkIwOC4u>

Responda de maneira sincera, essa pesquisa irá ajudar no desenvolvimento do site.

### 3. TESTES CONCEITUAIS QUE PODEM SER UTILIZADOS DURANTE AS AULAS OU AVALIAÇÕES

#### Modelo padrão e partículas da matéria

1. As partículas que formam a matéria e as partículas responsáveis pelas interações fundamentais são chamadas de:

Quarks e Glúons

Férmions e Bósons

Antipartículas e Fótons

2. As partículas que constituem a matéria (=Férmions) são divididas em:

Léptons e Bósons

Quarks e Léptons

Prótons e Nêutrons

3. O neutrino pertence ao grupo dos:

Bósons

Quarks

Léptons

#### Modelo padrão e partículas de interação

4. As 3 interações fundamentais descritas pelo modelo padrão são:

Gravitacional, Eletromagnética e Forte

Gravitacional, Eletromagnética e Fraca

Fraca, Eletromagnética e Forte

5. As partículas de matéria (=Léptons e Quarks) interagem trocando:

Férmions (=Up, Múon e Tau)

Bósons (=Fótons, Glúons e Bósons W e Z)

Antipartículas (=Pósitron, Antipróton e Antinêutron)

6. As partículas trocadas durante a interação forte são os:

Fótons

Glúons

Bósons W e Z

7. As partículas trocadas durante a interação fraca são os:

Fótons

Glúons

Bósons W e Z

8. As partículas trocadas durante a interação eletromagnética são os:

Fótons

Glúons

Bósons W e Z

9. A interação de menor alcance é a:

Fraca

Eletromagnética

Forte



10. O neutrino experimenta a interação:

Fraca

Eletromagnética

Forte

### Propriedades dos neutrinos

11. Quais são os sabores de neutrinos encontrados na natureza?

Neutrino do Up, Neutrino do Down e Neutrino do Top.

Neutrino Vermelho, Neutrino Azul e Neutrino Verde.

Neutrino do Elétron, Neutrino do Múon e Neutrino do Tau.

12. Qual é a carga elétrica do neutrino?

Positiva

Negativa

Nula.

13. Podemos dizer que a massa do neutrino é:

nula.

quase nula.

maior que a massa do elétron.

14. Podemos dizer que a oscilação do neutrino está relacionada com:

a mudança de sabor.

a mudança do spin.

a mudança de carga elétrica.

15. Um neutrino do elétron pode ser representado por  $\nu_e = A.\nu_1 + B.\nu_2 + C.\nu_3$ .

Alterando os valores de A, B e C:

o neutrino do elétron pode alterar seu sabor para neutrino do múon.

o neutrino do elétron pode alterar sua carga elétrica.

o neutrino do elétron pode alterar seu modo de interagir.

16. Em geral, uma partícula difere da sua antipartícula devido:

a carga elétrica oposta.

a massa oposta.

ao spin oposto.

17. O que difere um neutrino do seu antineutrino?

a carga elétrica.

o spin.

o número leptônico.

18. Em geral, as partículas elementares apresentam quiralidade:

apenas mão direita. (=destros)

apenas mão esquerda. (=canhotos)

mão direita e mão esquerda.

19. Os neutrinos observados até hoje apresentam quiralidade de:

mão direita. (=destros)

mão esquerda. (=canhotos)

mão direita e mão esquerda.

20. A quiralidade é importante para determinar que o neutrino só pode interagir via:

interação forte.

interação fraca.

interação eletromagnética.

Interage pouco da sua fonte até a Terra, trazendo informações não contaminadas.

É mais fácil de detectar que outros mensageiros como as ondas eletromagnéticas e as ondas gravitacionais.

### Fontes de neutrinos

21. São fontes artificiais de neutrinos:

Aceleradores de partículas e reatores nucleares

Sol e Big Bang

Supernova e reatores nucleares

22. A maior quantidade de neutrinos que nos atravessa vem do:

Interior da Terra

Sol

Big Bang

23. Qual das fontes produz um neutrino com maior energia?

Aceleradores de partículas

Fontes cósmicas (exemplo buraco negro)

Uma banana

24. O neutrino é um bom mensageiro para observações astronômicas pois:

Interage muito da sua fonte até a Terra, trazendo maior quantidade de informações.

### Detectores de neutrinos

25. Um detector deve ser enterrado em grandes profundidades, pois a camada de Terra:

Evita odores desagradáveis.

Bloqueia outras partículas que poderiam contaminar as medições.

Aumenta a probabilidade de detectar neutrinos.

26. Um detector de neutrinos é cercado por milhares de sensores que captam:

Luz

Pressão

Temperatura

27. Um detector de neutrinos possui um imenso alvo com toneladas de água, pois:

Evita odores desagradáveis.

Aumentar a probabilidade de detectar neutrinos.

Bloqueia outras partículas que poderiam contaminar as medições.

28. Por enquanto, os detectores de neutrinos maiores e mais famosos são:

IceCube (Antártida) e Borexino (Itália)

Super-Kamiokande (Japão) e IceCube (Antártida)

SNO (Canada) e Borexino (Itália)

29. O maior e mais moderno detector de neutrino está sendo construído nos EUA e terá participação brasileira. Qual é o nome desse detector?

JUNO

DUNE

Hyper-Kamiokande

30. A física de neutrinos se enquadra como:  
Física Clássica (Consolidada antes do século XX)

Física Moderna (Consolidada durante o século XX)

Física contemporânea (Em desenvolvimento nos dias de hoje)

31. O investimento em ciência visa, primeiramente,

A produção de tecnologia.

A produção de conhecimento.

O retorno financeiro.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] F. L. A. Pena. Por que, nós professores de Física do Ensino Médio, devemos inserir tópicos e ideias de física moderna e contemporânea na sala de aula? Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 1, p. 1 - 2, 2006.
- [2] M. A. Moreira. Uma análise crítica do ensino de Física. Estudos Avançados, v.32, no94, p. 73-80, 2018.
- [3] F. Ostermann e C. J. H. Cavalcanti. Teorias de Aprendizagem. Porto Alegre: Evangraf UFRGS, p. 34-36, 2011.
- [4] A. Pelizzari et al. Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel. Revista PEC, Curitiba, v.2, n.1, p.37-42, jul. 2001-jul. 2002. Disponível em: [portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012381.pdf](http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012381.pdf). Acesso em: 20 out. 2019.
- [5] M. A. Moreira. O que é afinal aprendizagem significativa? Disponível em: [moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf](http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf). Acesso em: 30 set. 2019.
- [6] J. S. Bruner. The Process of Education. Cambridge: Harvard University Press, 1960.
- [7] M. A. Moreira. Teorias de Aprendizagem. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária. 1999.
- [8] J. A. Valente. Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. Educar em Revista, Curitiba, n. 4, Edição Especial, p. 79-97, 2014.
- [9] L. Bacich e J. Moran. Aprender e ensinar com foco na educação híbrida. Revista Pátio, no 25, p. 45-47, jun.2015
- [10] T. E. Oliveira, I. S. Araujo e E. A. Veit. Sala de aula invertida (flipped classroom): Inovando as aulas de física. Física na escola. v. 14, n. 2, 2016.
- [11] COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. TIC educação pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras 2017. São Paulo, 2018. Disponível em: [https://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/tic\\_edu\\_2017\\_livro\\_eletronico.pdf](https://cetic.br/media/docs/publicacoes/2/tic_edu_2017_livro_eletronico.pdf). Acesso em: 20 out. 2019.