



Do Cotidiano Às Últimas Descobertas: um roteiro didático para o professor de física

Paulo Souza da Costa

Raimundo Valmir Leite Filho



SOBRE OS AUTORES



Paulo Souza da Costa

Possui Mestrado em Ensino de Física pela Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA/Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE (2018). Graduado em Licenciatura Plena em Física pela Universidade Estadual Vale do Acaraú (2009). Título de Especialista em Metodologias do Ensino de Matemática e Física pela Faculdade Evolução (2013). Professor efetivo de Física do Ensino Médio na EEM Maria Menezes Cristino (Coreaú-CE). Professor Representante das Olimpíada Brasileira de Física (OBF), Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas (OBFEP), Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) e Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG).



Raimundo Valmir Leite Filho

Professor Adjunto do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA), na cidade de Sobral, região norte do estado do Ceará. É colaborador dos Programas de Pós-Graduação em Física do Departamento de Física da UFC e em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica e Computação da UFC-Sobral, é membro do corpo docente do Polo da UVA/IFCE do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Recentemente, março de 2016 a fevereiro de 2017, fez estágio de pós doutorado no Laboratório de Telecomunicações e Ciências e Engenharia de Materiais (LOCEM) do Departamento de Física da UFC e na Microelectronics Research Unit, Faculty of Information Technology & Electrical Engineering, Oulu University, Finland. Tem experiência em Física da Matéria Condensada com ênfase em Materiais Magnéticos e Propriedades Magnéticas, atuando principalmente nos seguintes temas: ondas de spin, filmes

ferromagnéticos, funções de Green, hamiltoniano de Ising e Heisenberg, estados de impurezas em sistemas magnéticos de baixa dimensão e determinação de propriedades estruturais, dielétricas e magnéticas de compósitos cerâmicos para aplicações em antenas ressoadoras dielétricas e antenas de microfita. Também atua na área de Ensino de Física, onde desenvolve pesquisa em Teorias da Aprendizagem de Vygotsky e Ausubel.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa, e à todos da Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA) e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), que de alguma forma contribuíram com a elaboração deste Produto Educacional, pré-requisito para a conclusão do Curso de Mestre em Ensino de Física do Polo 56 UVA-IFCE do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	5
CAPÍTULO 1	9
APRENDENDO A PESQUISAR	9
1.1 OBJETIVO E DESCRIÇÃO	10
1.2 ROTEIRO	11
1.2.1 APRESENTAÇÃO DA ATIVIDADE E DIVISÃO DA TURMA	11
1.2.2 OBSERVAÇÃO E ESCOLHA DE UM FENÔMENO FÍSICO	12
1.2.3 DESCRIÇÃO TEXTUAL DO FENÔMENO FÍSICO	13
1.2.4 REGISTRO AUDIOVISUAL DO FENÔMENO FÍSICO	14
1.2.5 FORMULAÇÃO DE PERGUNTAS E HIPÓTESES SOBRE O FENÔMENO FÍSICO	15
1.2.6 REVISÃO DA LITERATURA CIENTÍFICA	16
1.2.7 ESCRITA DE PEQUENO ARTIGO CIENTÍFICO	16
1.3 RESUMO	17
CAPÍTULO 2	19
A FÍSICA CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO	19
2.1 OBJETIVO E DESCRIÇÃO	20
2.2 ROTEIRO	22
2.2.1 APRESENTAÇÃO DA ATIVIDADE E DIVISÃO DA TURMA	22
2.2.2 OS TÓPICOS RELACIONADOS	23
2.2.3 APRESENTAÇÃO ORAL	23
2.2.4 DISCUSSÃO EM SALA DE AULA	24
2.3 RESUMO	25
2.4 EXEMPLO PARA APLICAÇÃO	26
2.4.1 ENERGIA ESCURA – 1ª SÉRIE	26
2.4.2 ONDAS GRAVITACIONAIS – 2ª SÉRIE	28
2.4.3 CAMPO DE HIGGS – 3ª SÉRIE	30
APÊNDICE	32
1. MÉTODO SIMPLES PARA FORMAÇÃO DE GRUPOS	32
2. MODELO PARA ATRIBUIÇÃO DE NOTA	32
PEQUENA BIBLIOGRAFIA	34

APRESENTAÇÃO

A Física, constantemente, é encarada com certo grau de rejeição por parte dos alunos do ensino médio. É muito comum ela ter sua natureza distorcida ou confundida com a Matemática. Como se não bastasse, ela ainda se torna alvo de críticas dos sistemas de ensino pelo fato dos estudantes apresentarem baixo rendimento em relação às outras disciplinas. Como resultado, temos um ensino de Física defasado, em processo de desvalorização e demandando por mudanças urgentes. Isso nos leva a uma preocupação com relação ao futuro dessa disciplina na composição da grade curricular do ensino médio.

É lamentável vermos um ramo da ciência, que tanto contribuiu para o desenvolvimento da sociedade atual, correr o risco de se estagnar como disciplina escolar. Mesmo não perdendo completamente seu espaço na grade curricular, mas precisar dividi-lo com outras áreas fundamentais da ciência (caso da Química e Biologia) em provas como o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem).

Os diversos problemas que o ensino de Física enfrenta na educação básica podem comprometer sua permanência como disciplina fundamental. Desse modo, nós professores, temos um papel imprescindível no processo de valorização desse ramo da ciência e na formação científica básica dos nossos futuros cidadãos.

Objetivando melhorar o ensino de Física no ensino médio, apresentamos ao professor de Física, uma proposta educacional para diversificar a abordagem dos conteúdos em sala de aula. Devemos frisar que essa proposta deve ser um complemento aos conteúdos regulares, pois o professor já possui diversas formas de dar prosseguimento ao processo de ensino-aprendizagem junto a seus alunos. Portanto, não queremos entregar uma receita pronta a ser seguida, longe disso. Desejamos apenas que o material aqui exposto possa contribuir para o enriquecimento das aulas.

A proposta educacional aqui apresentada consiste de um pequeno roteiro didático. Ele é resultado de um curso de mestrado¹, o qual exigia que se desenvolvesse um produto educacional para ser aplicado em sala de aula. O mestrado também determinava que se fizesse a aplicação do material na escola. Esse roteiro já foi aplicado em sala de aula, pois uma terceira exigência do mestrado era que o mestrando continuasse lecionando enquanto recebia a formação acadêmica. Portanto, é um material pensado e desenvolvido para ser aplicado em salas de aula reais compostas por alunos também reais.

Este roteiro didático é muito simples no que diz respeito ao método de aplicação. Mas com toda a simplicidade que ele carrega, espera-se que nas mãos do professor, com sua maestria, ele se torne sofisticado no que tange ao conteúdo por ele abordado.

¹Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), oferecido pela Sociedade Brasileira de Física (SBF).

Em todos os seus aspectos, este roteiro tem como objetivo a revalorização do ensino de Física na educação básica. Ele pretende mostrar ao aluno o quanto a Física já contribuiu para o entendimento do Universo, mas também que ela é uma ciência dinâmica, inacabada e sempre em processo de evolução. Em outras palavras, procura fazer o estudante se dar conta das descobertas que a Física continua fazendo sobre a Natureza e da sua importância para aperfeiçoar o nosso entendimento sobre o mundo.

Sendo assim, este roteiro didático parte daquilo que a Física já consegue explicar, isto é, dos fenômenos sobre os quais ela já possui um conhecimento consolidado ou pelo menos previsões bem fundamentadas teórica e empiricamente. Todavia, como a Física não está concluída ou acabada, o roteiro também se dedica às descobertas recentes desse ramo científico e à elucidação de fenômenos na fronteira do conhecimento. Portanto, esse roteiro didático objetiva abordar em sala de aula tanto a Física Clássica como a Contemporânea.

É preciso ressaltar dois pontos sobre o método de aplicação desse material. Primeiro, a estrutura do roteiro foi pensada de tal forma que sua execução seja realizada com grupos de 3 a 5 alunos. Segundo, o roteiro considera os estudantes como personagens ativos e colaborativos no processo de ensino-aprendizagem.

Em relação ao primeiro ponto, optou-se pelo estudo coletivo por alguns motivos. A principal razão foi a possibilidade de se intensificar a interação dos estudantes entre si e deles com o professor. Em vez de uma única pessoa (o professor) ajudar uma turma de 30 a 40 alunos, os próprios estudantes prestam auxílio uns aos outros.

O que se tem em vista é tirar proveito de uma característica emblemática da espécie humana: a colaboração. Ao realizarem as atividades em grupo, os alunos podem interagir e colaborar de maneira mais intensa uns com os outros, o que muitos não fazem quando estão acuados por dúvidas numa atividade individual ou amedrontados com as possíveis críticas dos colegas numa atividade feita por toda a turma.

Quanto ao segundo ponto, o roteiro pretende alcançar uma aprendizagem mais ativa, na qual os alunos se sintam participantes ativos do processo de ensino-aprendizagem. Na realização das atividades desse roteiro, os estudantes passam a ser mais atuantes na assimilação do conhecimento. Além de receberem ou se apropriarem da informação, também a analisam segundo as suas percepções já amadurecidas ou em processo de maturação.

A principal consequência advinda dessa atuação ativa dos estudantes é que o professor assume um papel ainda mais importante do que na aprendizagem passiva. Ele estará apontando caminhos a serem trilhados pelos alunos durante seus estudos e investigações. Isso significa que ele deixa de ser um simples informador para assumir uma função de vetor no processo de engrandecimento intelectual dos estudantes. Ao acompanhar os grupos na execução de uma atividade, o professor lhes apresenta estratégias e lhes permite a assimilação do rigor científico ao longo de todo o processo. Ao mesmo tempo, detecta e elimina os possíveis equívocos que devem aparecer.

Além de tudo isso, o professor pode atuar como agente de motivação intrínseca. Vale ressaltar que motivação aqui não significa animação, como o termo costuma ser equivocadamente definido. Significa apresentar aos alunos condições e situações desafiadoras, que os levem a uma modificação de seu estado intelectual. Diz respeito a mostrar aos estudantes a necessidade de se aumentar o conhecimento sobre como o mundo funciona. Desse modo, ao propor atividades que buscam uma aprendizagem ativa, o trabalho e a figura do professor se tornam ainda mais importante, em vez de minimizá-los, como se poderia pensar inicialmente.

Este roteiro didático está estruturado da seguinte forma: contém dois capítulos, cada qual descrevendo uma atividade a ser realizada; um apêndice contendo um método simples de formação de grupos e um modelo de atribuição de nota, além de uma pequena bibliografia reunindo livros de divulgação científica.

O Capítulo 1 apresenta e descreve uma atividade que tenta explorar o imenso arcabouço teórico já construído pela Física e seu poder explicativo. Nessa atividade, cada grupo de alunos fica responsável por escolher um fenômeno físico do cotidiano. Após a escolha do fenômeno, o grupo vai observá-lo e descrevê-lo, em forma de texto e em formato audiovisual. Em seguida, os estudantes formularão perguntas sobre as causas do fenômeno e levantarão hipóteses sobre o mesmo. Depois, eles precisam procurar as explicações para o fenômeno segundo a teoria física. Além disso, cada etapa concluída, culmina com uma apresentação oral para toda a turma. Por último, os grupos escreverão um pequeno artigo científico, expondo as diversas informações reunidas sobre o fenômeno físico em análise.

Pela estrutura dessa atividade, o aluno deve adquirir um pouco da metodologia científica, isto é, deve utilizar alguns passos dos procedimentos científicos. Portanto, ela terá o título Aprendendo a Pesquisar. Ela é indicada para qualquer série do ensino médio e pode ser escolhido qualquer fenômeno físico que esteja ao alcance dos estudantes.

O Capítulo 2 apresenta e descreve uma atividade que traz as descobertas recentes da Física para discussão em sala de aula. Por isso, o título A Física Contemporânea no Ensino Médio. Ao iniciar a discussão de determinado conteúdo clássico, o professor escolhe um conceito ou descoberta da Física Contemporânea como Tópico Principal para debater com os alunos. Mas para uma melhor compreensão desse tópico, é necessário entender diversos outros conceitos e descobertas. Em outras palavras, é preciso indicar Tópicos Relacionados para cada grupo de aluno pesquisar, analisar e apresentar os resultados à turma.

Essa é uma maneira de introduzir as descobertas recentes da Física Contemporânea no ensino básico, mesmo sem priorizar o ferramental matemático, nelas envolvido. Também é uma chance de mostrar que a Física não está terminada ou concluída, mas que continua a fazer pesquisas cada vez mais sofisticadas e importantes para a compreensão do Universo.

Aprendendo a Pesquisar e A Física Contemporânea no Ensino Médio se complementam no sentido de que se inicia com fenômenos

cotidianos, já elucidados e compreendidos pelas teorias físicas, e chega-se às fronteiras teóricas e experimentais das descobertas recentes. Essa sequência tenta fazer o estudante vislumbrar o carácter dinâmico da Física como ciência inacabada e em constante evolução.

As duas atividades descritas são simples, tanto no método de aplicação como nos recursos exigidos. Além disso, são viáveis para qualquer programa de qualquer escola, uma vez que não alteram de maneira significativa o andamento das aulas com os conteúdos regulares clássicos. Elas podem ajudar a diversificar a forma de abordar os conteúdos da disciplina de Física no ensino médio.

No final desse roteiro se encontra um apêndice contendo um Método Simples para Formação de Grupos e um Modelo Básico para Atribuição de Nota. O primeiro objetiva formar grupos em sala de aula, tendo a participação dos alunos, mas evitando “panelinhas” e usando o mínimo de sorteio. O segundo pretende atribuir uma nota parcial aos estudantes pela participação nas atividades realizadas.

Como já dito, o material aqui apresentado deve ser usado como complemento do trabalho já realizado em sala de aula, visando a melhoria do ensino de Física e priorizando a aprendizagem ativa pelo método de estudo coletivo. Ao mesmo tempo em que ele destaca a participação dos alunos no processo de ensino-aprendizagem, também concede ao professor um papel de extrema importância na condução do estudo da Física.

P.S.C
Coreaú, Ceará
Abril de 2018

CAPÍTULO 1

APRENDENDO A PESQUISAR

A Física já conseguiu sistematizar uma imensa quantidade de conhecimentos num grande arcabouço teórico e experimental. Desde os povos antigos até os tempos atuais, esse ramo científico tem reunido explicações sobre diversos fenômenos da natureza. Destrinchou as propriedades intrínsecas aos constituintes do Cosmos, tanto no coração da matéria como nos confins do Universo Observável. Estudou corpos abaixo da escala nano, invisíveis aos mais potentes microscópios, mas também buscou elucidar as características de objetos gigantesco, embora alguns invisíveis aos maiores telescópios.

Entretanto, a Física não estuda apenas elétrons e quarks fugidios, nem tampouco buracos negros canibais de estrelas. Ela também se ocupa de fenômenos que nos são comuns, que ocorrem numa realidade mais palpável. Fenômenos tão corriqueiros como o aquecimento da água ou os efeitos do atrito já foram esclarecidos pela Física. Ela já possui conhecimento sólido sobre esse tipo de fenômeno.

A Física Clássica, apresentada no ensino médio, está presente na explicação dos fenômenos do cotidiano. Podemos citar a Mecânica, responsável pelo estudo do movimento; temos a Óptica que analisa os diversos comportamentos da luz; a Termodinâmica, voltada para a energia térmica; até o Eletromagnetismo, que esmiúça os fenômenos eletromagnéticos. São diversos conceitos relacionados ao nosso dia a dia. Toda essa gama de conteúdos faz parte da grade curricular de Física proposta para os três anos letivos do ensino médio.

Aprendendo a Pesquisar, a atividade descrita neste capítulo, tenta abranger parte da Física Clássica. Ela conduz os estudantes para a análise de fenômenos físicos do cotidiano, os quais já foram submetidos ao escrutínio da ciência. São, portanto, fenômenos da natureza que possuem confirmações teóricas e experimentais consolidadas. Para executar a atividade aqui descrita, os alunos precisam usar alguns passos característicos da metodologia científica.

Não formamos físicos no ensino básico, mas independentemente da área que se pretenda obter uma formação acadêmica, o contato com o mundo da pesquisa será inevitável. Seja para se tornar médico, advogado, engenheiro, historiador ou até mesmo linguista. Cada profissional precisa conhecer, pelo menos de maneira introdutória, os passos básicos que levam a descobertas científicas. Fazer observações e descrevê-las, colher dados, levantar hipóteses e procurar explicações. Essas e outras ações configuram a forma singular de como a ciência procura conhecer as leis e padrões de funcionamento do mundo.

Aprendendo a Pesquisar não aspira ensinar o método científico durante as aulas de Física. Mas busca fazer o estudante vivenciar alguns procedimentos científicos, como a observação, o ato

de perguntar e a formulação de hipóteses. Isso pode levar os estudantes a adquirirem alguns hábitos característicos de um pesquisador, como por exemplo, o aguçamento da atenção e a habilidade de reconhecer padrões em meio a elementos aleatórios.

1.1 OBJETIVO E DESCRIÇÃO

O principal objetivo de Aprendendo a Pesquisar é levar o estudante a conhecer um pouco da imensa estrutura teórica que a Física já conseguiu construir. Ele poderá constatar esse fato ao procurar as explicações para os fenômenos cotidianos. O aluno pode notar o quanto a Física está presente em sua vida ao observar o ambiente em que vive, percebendo os fenômenos naturais que lhes ocorrem com frequência.

Esta atividade está estruturada em etapas, sendo explicadas pelo professor e executadas por grupos de 3 a 5 estudantes. Uma parte do trabalho ocorrerá em sala de aula, enquanto a outra acontecerá no contraturno.

A forma como Aprendendo a Pesquisar será executada, pode levar os estudantes a tomarem conhecimento de alguns passos básicos da pesquisa científica. Por exemplo, a observação e descrição de um fenômeno físico, o ato de fazer perguntas sobre o que está acontecendo, o porquê de estar ocorrendo tal fenômeno e levantar hipóteses sobre suas causas subjacentes. O estudante vai tomar conhecimento das leis físicas, a partir da observação de fenômenos cotidianos e de pesquisas na literatura científica. Como consequência, o aluno poderá adquirir noções básicas do trabalho de um pesquisador, aprendendo a sistematizar o conhecimento, aplicar e descobrir leis que descrevem fenômenos da natureza. Ou, quem sabe, buscar uma formação acadêmica na ciência ou até mesmo na Física.

Aprendendo a Pesquisar é uma atividade simples de ser aplicada por não demandar muitos recursos e não tomar muito tempo das atividades corriqueiras da disciplina de Física em sala de aula. Apesar de exigir esforço individual e coletivo dos estudantes, o professor assume papel fundamental para o êxito dos trabalhos. Ele será o norteador dos grupos de alunos na execução dos diversos passos a serem seguidos durante a realização das tarefas. Terá a responsabilidade de explicar cada etapa a ser seguida e esclarecer possíveis dúvidas ou equívocos, que venham a ser apresentados pelos grupos de pesquisa.

Os passos básicos para a realização de Aprendendo a Pesquisar são:

- I. Reconhecer um fenômeno físico;
- II. Observar o fenômeno, cuidadosamente;
- III. Descrever minuciosamente o que foi observado;
- IV. Fazer perguntas sobre o fenômeno;
- V. Levantar hipóteses sobre as causas do fenômeno;
- VI. Comparar a explicação científica existente com a hipótese levantada.

Além disso, o grupo de pesquisa vai registrar os resultados obtidos a cada etapa concluída em um Caderno de Bordo e fazer uma apresentação oral em sala de aula. À apresentação oral o professor poderá atribuir uma nota parcial, conforme o Apêndice 2, podendo também atribuir nota extra ao caderno de bordo e à relevância do fenômeno físico escolhido por cada grupo.

Primeiramente, cada grupo de estudantes escolhe um fenômeno físico do seu cotidiano, observado em casa, na escola, na cozinha, na rua etc. Após observar o fenômeno escolhido, eles terão que fazer uma descrição textual detalhada, e em seguida um registro audiovisual. Com o registro feito, cada grupo irá elaborar perguntas sobre o fenômeno observado. Para cada pergunta, formularão uma ou mais hipóteses². Depois desses passos seguidos cadenciadamente e intercalados por apresentações orais, os grupos farão uma pesquisa em fontes diversas para descobrirem a explicação científica existente para seu respectivo fenômeno.

A etapa da pesquisa de literatura será propícia para se fazer uma comparação entre a hipótese levantada pelo grupo e a explicação aceita pela comunidade científica, em particular pela Física. Caso seja formulada determinada pergunta que ainda não há explicação, o professor dará uma maior atenção, pois por meio dessa situação pode sair uma pesquisa ainda mais interessante.

Após elucidar as causas do fenômeno, o professor vai orientar os grupos na escrita de um pequeno artigo científico para compartilhar suas pesquisas através da linguagem escrita.

Evidentemente, alguns fenômenos escolhidos por determinados grupos podem demandar, para sua explicação, conteúdos abordados em uma série diferente daquela que eles estão cursando. Isso não será um problema que inviabilizará a realização da atividade. O método de estudo proposto leva em consideração que estudantes do ensino médio já possuem níveis de intelectualidade, raciocínio e senso investigativo suficientes para avançarem numa pesquisa, mesmo não tendo estudado determinado conteúdo em sala de aula. Portanto, Aprendendo a Pesquisar pode ser aplicada em qualquer série do ensino médio.

1.2 ROTEIRO

Antes de ler o detalhamento de cada etapa deste roteiro, é aconselhável consultar o Quadro 2 e o Quadro 3 na página 18. O primeiro mostra uma visão geral das etapas a serem seguidas e o segundo localiza as etapas em um calendário na terça-feira do mês.

1.2.1 APRESENTAÇÃO DA ATIVIDADE E DIVISÃO DA TURMA

Neste passo preliminar, o professor faz uma apresentação geral aos estudantes do trabalho a ser realizado. É o momento em que ele esclarece no que a atividade consiste, o objetivo visado, sua

²Aqui, hipótese não tem o sentido formal e preciso que é usado no mundo acadêmico. Significa simplesmente uma tentativa de responder a uma pergunta com o conhecimento que se tem.

importância para o desenvolvimento intelectual, entre outras especificidades. Esclarece que será uma atividade efetuada em 7 etapas, além das apresentações orais dos resultados.

Aproveitando o tempo de duas aulas (100 minutos), além de detalhar a atividade, o professor também faz a divisão da turma em grupos de 3 a 5 estudantes. É óbvio que alguns alunos não se sentirão à vontade com a formação de grupos por diversos motivos. Se for o caso, será interessante apresentar uma breve justificativa do método de estudo em grupo. Para isso, entre outros argumentos, pode-se ressaltar a importância da coletividade na ciência, tanto em tempos passados como no momento atual.

O professor pode escolher a maneira mais conveniente para formar os grupos, mas antes é aconselhável consultar o Apêndice 1. Ele descreve uma forma bem simples, que leva em conta diversos fatores como a participação dos estudantes na formação do grupo, o controle para evitar a formação de “panelinhas”, bem como o uso mínimo da escolha por sorteio.

Neste momento é preciso explicar detalhadamente o que os grupos irão fazer no contraturno. Ressaltar a importância de cada grupo construir um caderno de bordo para serem registradas todas as anotações no decorrer da atividade sobre o fenômeno físico escolhido. Esse caderno de bordo será fundamental para a escrita do artigo científico. É preciso esclarecer os critérios de avaliação da apresentação oral, conforme o Apêndice 2. Pode-se até atribuir uma nota extra pela manutenção, zelo e conteúdo do caderno de bordo, o qual poderá conter fotografias, desenhos, tabelas, gráficos ou outras representações textuais relacionadas ao fenômeno físico.

Além de tudo isso, deve-se explicar a diferença entre um fenômeno físico e um fenômeno químico para que os grupos tenham maior clareza nas suas observações e escolhas³ e lembrá-los que não tentem explicar o fenômeno nessa etapa, apenas que façam as três anotações pedidas no próximo passo.

Ao final da aula, deve-se explicar a etapa seguinte.

1.2.2 OBSERVAÇÃO E ESCOLHA DE UM FENÔMENO FÍSICO

Cada grupo, no contraturno, observa diversos fenômenos físicos em suas casas, na escola, na rua ou nas redondezas de suas moradias. Dentre os fenômenos observados, cada grupo escolhe um, pelo qual os membros mostrem maior interesse. O fenômeno escolhido deve fazer parte do cotidiano dos estudantes, não podendo ser um fenômeno distante, visto através da televisão, da internet ou qualquer outro meio de comunicação. Dessa forma, eles poderão perceber a Física aplicada aos fatos que ocorrem à sua volta, a fenômenos que eles tenham acesso direto.

Após escolher o fenômeno de interesse, os grupos fazem as seguintes anotações sobre ele:

³Embora, em princípio, um fenômeno químico seja também um fenômeno físico, uma vez que a Química é um ramo da Física, vamos manter aqui esta distinção pelo fato de estarmos nos limitando à disciplina de Física.

- I. Qual o fenômeno físico escolhido;
- II. Onde o fenômeno foi observado, se em casa, na rua, na escola etc;
- III. Por qual motivo o grupo escolheu determinado fenômeno.

Determina-se um intervalo de duas semanas entre o anúncio desse passo, feito na semana da divisão da turma, e a apresentação oral em sala de aula. Esse intervalo de tempo vai permitir que os trabalhos dessa atividade sejam intercalados pelos conteúdos normais de Física, não ocorrendo atraso significativo no programa regular da disciplina. Também é suficiente para que os grupos observem diversos fenômenos, decidam-se por um, tenham as três anotações no caderno de bordo e preparem a apresentação oral.

Os alunos estão em contato com uma enorme diversidade de fenômenos físicos, tanto em casa como na escola ou em qualquer outro lugar onde eles vivem. Por isso, dificilmente os grupos escolherão fenômenos iguais para estudar, mas caso isso venha a acontecer, não será um problema, pois a maneira como cada grupo vê e descreve o que se observou, é diferente.

O fato do fenômeno escolhido ser simples, também não será uma preocupação. O mais importante será a capacidade criativa que os grupos poderão apresentar na descrição e explicação do fenômeno. Além disso, os fenômenos mais simples podem levar os estudantes às mais sofisticadas teorias físicas.

APRESENTAÇÃO ORAL

Após duas semanas, serão dedicadas duas aulas para a apresentação oral em sala de aula.

Cada grupo irá apresentar as 3 anotações indicadas acima sobre o fenômeno escolhido.

Cada grupo terá 12 minutos, distribuídos da seguinte forma:

4 minutos de apresentação sem interrupções ou perguntas;

4 minutos para os questionamentos da turma;

4 minutos para os comentários, críticas e sugestões do professor.

A apresentação oral poderá ser feita na forma de slides e avaliada conforme o Apêndice 2.

Ao final da apresentação oral, explica-se a etapa seguinte.

1.2.3 DESCRIÇÃO TEXTUAL DO FENÔMENO FÍSICO

Esta etapa consiste numa observação minuciosa e detalhada, feita pelo grupo no contraturno, do fenômeno físico escolhido. Após a observação, o grupo faz uma descrição textual de todos os detalhes do fenômeno, a máxima quantidade de características que os membros possam perceber. Qual a rapidez de ocorrência do fenômeno? Há emissão de som ou ruído? É possível perceber padrões nas particularidades do fenômeno? Há como alterar o desenrolar do

fenômeno retirando ou acrescentando algo? É possível controlá-lo? Todas essas e outras perguntas devem ser respondidas na descrição textual do fenômeno físico observado.

O professor pede aos estudantes que não tentem explicar as causas do fenômeno, apenas se concentrem em descrevê-lo. Toda a descrição deve ser registrada no caderno de bordo.

Também será estipulado um intervalo de duas semanas para ser concluída a descrição e preparar a apresentação oral.

APRESENTAÇÃO ORAL

Após duas semanas, serão dedicadas duas aulas para a apresentação oral em sala de aula.

Cada grupo irá apresentar a descrição textual do fenômeno escolhido.

Cada grupo terá 12 minutos, distribuídos da seguinte forma:

4 minutos de apresentação sem interrupções ou perguntas;

4 minutos para os questionamentos da turma;

4 minutos para os comentários, críticas e sugestões do professor.

A apresentação oral será feita na forma de slides e avaliada conforme o Apêndice 2.

Ao final da apresentação oral, explica-se a etapa seguinte.

1.2.4 REGISTRO AUDIOVISUAL DO FENÔMENO FÍSICO

Esta etapa consiste na produção de um pequeno vídeo mostrando o fenômeno físico estudado. Conforme este é registrado, o grupo pode narrar o que está observando. O vídeo será útil tanto para enriquecer a descrição do fenômeno como para a turma poder comparar o que a equipe escreveu anteriormente com o que está observando no vídeo. O que ele mostra condiz com a descrição textual? Há alguma característica ou detalhe que o grupo não conseguiu perceber?

O vídeo, após editado, deve ter duração máxima de 4 minutos, podendo conter som e legenda. Deve ser original, ou seja, produzido pelo próprio grupo. Os estudantes estarão livres para usarem de toda a criatividade nessa descrição audiovisual de tal forma que eles poderão escolher a forma mais conveniente para fazer o registro. Contudo, o vídeo precisa trazer um pequeno crédito no final, mostrando os membros responsáveis por cada função na produção como roteirista, editor, cinegrafista etc.

Um intervalo de duas semanas será tempo suficiente para o grupo filmar o fenômeno e editar o vídeo para exibição em sala de aula. Toda a produção cinematográfica deve estar devidamente registrada no caderno de bordo.

EXIBIÇÃO DO VÍDEO

Após duas semanas, serão dedicadas duas aulas para a exibição do vídeo em sala de aula.

Cada grupo terá 12 minutos, distribuídos da seguinte forma:

4 minutos para a exibição do vídeo, sem interrupções ou perguntas;

4 minutos para os questionamentos da turma;

4 minutos para os comentários, críticas e sugestões do professor.

Pode ser aplicada uma nota extra pela qualidade editorial do vídeo.

Ao final da exibição do vídeo, é preciso explicar a etapa seguinte.

1.2.5 FORMULAÇÃO DE PERGUNTAS E HIPÓTESES SOBRE O FENÔMENO FÍSICO

Esta etapa será executada em sala de aula, duas semanas após a exibição do vídeo. No primeiro momento, os membros de cada grupo irão se reunir para debaterem sobre o seu respectivo fenômeno físico. O professor solicita que eles formulem perguntas sobre como o fenômeno acontece, por que ele ocorre de tal maneira e não de outra, quais são as suas causas etc.

Para cada pergunta feita, o grupo deve levantar uma ou mais hipóteses, que tentem explicar o fenômeno em questão. É bom ressaltar a eles que não devam se preocupar com a consistência da hipótese, não importando se ela vai condizer com a realidade ou não. Deve ficar claro que são apenas tentativas de explicar determinado fato segundo os conhecimentos já acumulados por cada um. Saber se a explicação é verdadeira ou não, está fora da alçada dessa etapa. Os alunos não precisam se preocupar com esses detalhes neste momento, pois o próximo passo do trabalho diz respeito à consulta da literatura científica para encontrar a explicação mais aceita pela Física.

Enquanto os grupos estão reunidos, o professor fica sanando possíveis dúvidas que possam surgir. Também pode formular uma ou mais perguntas sobre cada fenômeno em questão para aguçar ainda mais a curiosidade dos estudantes.

Todas as perguntas e hipóteses devem ser devidamente registradas no caderno de bordo. Por último, cada grupo apresenta as suas duas melhores perguntas e respectivas hipóteses para toda a turma.

Será determinado um intervalo de tempo de duas aulas para a conclusão destas tarefas. Esse tempo será suficiente para a formulação das perguntas e hipóteses, o registro destas no caderno de bordo, e a apresentação para toda a turma.

Ao final da apresentação das perguntas, explica-se a etapa seguinte.

1.2.6 REVISÃO DA LITERATURA CIENTÍFICA

Esta etapa talvez seja uma das mais importantes, pois os estudantes farão uma revisão da literatura científica para procurar as respostas para as perguntas feitas anteriormente e testar as hipóteses levantadas sobre o respectivo fenômeno estudado.

Os grupos pesquisam diversos conteúdos de Física, que possam responder as perguntas que formularam. Eles podem consultar diversas fontes, como por exemplo, livros de divulgação científica, o próprio livro didático, revistas e periódicos científicos, *sites*, aplicativos, entre outros. Cada grupo procurará explicações para as causas do fenômeno escolhido. É o momento de testar se as hipóteses levantadas têm consistência ou não.

O intervalo de duas semanas será suficiente para que cada grupo realize a pesquisa, organize as argumentações, compare as hipóteses com a explicação dada pela Física e prepare uma apresentação oral. O resumo da pesquisa deve ser apresentado no caderno de bordo com a indicação das respectivas fontes bibliográficas consultadas.

APRESENTAÇÃO ORAL

Após duas semanas, serão dedicadas duas aulas para a apresentação oral em sala de aula.

Cada grupo vai apresentar os resultados da pesquisa e fazer uma comparação entre as hipóteses levantadas e a explicação aceita pela comunidade científica.

Cada grupo terá 12 minutos, distribuídos da seguinte forma:

4 minutos de apresentação, sem interrupções ou perguntas;

4 minutos para os questionamentos da turma;

4 minutos para os comentários, críticas e sugestões do professor.

A apresentação oral será feita na forma de slides e avaliada conforme o Apêndice 2.

Ao final da apresentação oral, deve-se explicar a etapa seguinte.

1.2.7 ESCRITA DE PEQUENO ARTIGO CIENTÍFICO

Esta etapa consiste na escrita de um pequeno artigo científico reunindo todas as informações sobre o fenômeno físico estudado. Ela objetiva levar os estudantes a adquirirem noções da estrutura básica de um artigo científico e a sua importância para o crescimento do patrimônio da ciência.

Cada grupo reúne todo o material registrado no caderno de bordo sobre o fenômeno físico e escreve um pequeno artigo científico. Deve ser descrito como foi feita a observação, os métodos de pesquisa utilizados, os resultados encontrados, as conclusões inferidas etc. A estrutura do artigo será simples, mas deve conter os elementos indicados no Quadro 1, na página seguinte.

Quadro 1 – Elementos do pequeno artigo científico.

Elemento	Descrição
Título	Referência direta ao fenômeno físico estudado.
Autores	Nome completo dos estudantes do grupo.
Resumo	Síntese mencionando a introdução, a metodologia e os resultados.
Palavras-Chave	Palavras ou expressões mais utilizadas no texto.
Introdução	Discussão global de pesquisas já realizadas sobre o fenômeno físico, citando trabalhos publicados em livros, revistas, sites etc.
Metodologia	Descrição dos métodos de pesquisa utilizados para chegar aos resultados alcançados.
Resultados	Discussão dos resultados alcançados com a pesquisa.
Considerações Finais	Considerações sobre a relevância da pesquisa realizada.
Referências	Indicação das fontes dos livros e artigos citados no texto.

Fonte: os autores.

Para a execução dessa etapa, será reservado um intervalo de 3 semanas. Um tempo maior é necessário para que os grupos pesquisem as normas básicas de escrita científica, revisem e organizem as informações do caderno de bordo e concluam o artigo científico.

Ao longo das 3 semanas, o professor ficará revisando os artigos e incentivando os grupos para aperfeiçoarem a escrita e os argumentos utilizados.

Após concluir Aprendendo a Pesquisar, os artigos científicos, bem como os cadernos de bordo, serão reunidos numa coletânea e ficarão arquivados na biblioteca da escola. Eles poderão ser usados como fontes bibliográficas para outros estudantes.

1.3 RESUMO

Somando o tempo de apresentação da atividade, descrição do fenômeno, revisão de literatura, apresentação oral e escrita do artigo científico, não havendo imprevistos, é possível concluir Aprendendo a Pesquisar em um período de 3 meses. Por outro lado, o tempo efetivo em sala de aula será menor, pois os grupos executarão a maior parte das atividades no contraturno.

Portanto, Aprendendo a Pesquisar não comprometerá a abordagem dos conteúdos regulares em sala de aula. Sendo assim, ela pode ser aplicada até mais de uma vez ao longo do ano letivo. Isso permitiria se discutir diversos fenômenos físicos do cotidiano e a respectiva explicação dada pela Física.

Após uma descrição detalhada de cada passo deste roteiro, torna-se imprescindível um resumo para facilitar as ações na aplicação dessa atividade. Ele irá fornecer uma visão global e a noção do tempo a ser gasto. O Quadro 2, na página seguinte, objetiva fazer este breve resumo, enquanto o Quadro 3 localiza as etapas em um calendário como se a disciplina de Física fosse dada numa terça-feira do mês.

Quadro 2 – Resumo para Aprendendo a Pesquisar.

Roteiro	Onde	Tempo
Apresentação da Atividade Divisão da Turma	Sala de Aula	2 Aulas
Escolha do Fenômeno Físico	Contraturno	2 Semanas
Apresentação Oral	Sala de Aula	2 Aulas
Descrição Textual	Contraturno	2 Semanas
Apresentação Oral	Sala de Aula	2 Aulas
Registro Audiovisual	Contraturno	2 Semanas
Exibição do Vídeo	Sala de Aula	2 Aulas
Formulação de Perguntas e Hipóteses	Sala de Aula	2 Aulas
Revisão da Literatura	Contraturno	2 Semanas
Apresentação Oral	Sala de Aula	2 Aulas
Escrita de Artigo Científico	Contraturno	3 Semanas

Fonte: os autores.

Quadro 3 – Calendário para Aprendendo a Pesquisar.

1º MÊS						
S	TERÇA-FEIRA	Q	Q	S	S	D
						1
2	3 – Apresentação da Atividade. Divisão da Turma.	4	5	6	7	8
9	10 – Aula Regular.	11	12	13	14	15
16	17 – Apresentação Oral do Fenômeno Físico.	18	19	20	21	22
23	24 – Aula Regular.	25	26	27	28	29
30	31 – Apresentação Oral da Descrição Textual.					
2º MÊS						
S	TERÇA-FEIRA	Q	Q	S	S	D
		1	2	3	4	5
6	7 – Aula Regular.	8	9	10	11	12
13	14 – Exibição do Vídeo.	15	16	17	18	19
20	21 – Aula Regular.	22	23	24	25	26
27	28 – Formulação de Perguntas e Hipóteses.	29	30			
3º MÊS						
S	TERÇA-FEIRA	Q	Q	S	S	D
				1	2	3
4	5 – Apresentação Oral da Revisão de Literatura.	6	7	8	9	10
11	12 – Aula Regular.	13	14	15	16	17
18	19 – Aula Regular.	20	21	22	23	24
25	26 – Entrega do Pequeno Artigo Científico.	27	28	29	30	31

Fonte: os autores.

CAPÍTULO 2

A FÍSICA CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

A Física, mesmo após séculos de descobertas impressionantes sobre as leis da natureza, não mostra sinais de estar acabada ou concluída. Muito pelo contrário, ela desvenda novos padrões e leis intrínsecas ao Universo a cada dia. Físicos teóricos e experimentais, atualmente, testam modelos e teorias nas fronteiras sutis que separam o já conhecido e o ainda desconhecido. Tais averiguações minuciosas não são em vão. As mais recentes descobertas mostram o quanto sabemos pouco sobre as leis da natureza. Deixam claro que ainda precisamos avançar muito, caso queiramos chegar a um entendimento mais próximo sobre a realidade do Cosmos.

A atividade apresentada neste capítulo pretende fornecer um roteiro de como abordar descobertas e conceitos recentes da Física no ensino básico, por isso, o nome A Física Contemporânea no Ensino Médio, enfatizando o carácter dinâmico atual da Física. Aqui, o termo recente se refere a conceitos ou descobertas tanto do século XX como do início do século XXI. Embora tenham surgido disciplinas específicas dentro da Física, ao longo do século XX, como por exemplo, Cosmologia, Astrofísica, Física de Partículas, entre outras, o objeto de estudo ainda são as leis da natureza. Portanto, determinada descoberta dentro da Cosmologia ainda faz parte da ciência física.

A Física Contemporânea no Ensino Médio pretende complementar Aprendendo a Pesquisar, apresentada no capítulo anterior. Enquanto a segunda tratou daquilo que a Física já consegue explicar com sua estrutura teórica e experimental consolidada, a primeira vai falar das novidades teóricas que a Física tem proporcionado. Enquanto uma mostra a Física como uma ciência madura, a outra apresenta a Física atuando na fronteira do conhecimento.

Obviamente, com esta atividade não se pretende esgotar a abordagem dos conceitos recentes, podendo ir além dos tópicos aqui sugeridos. A ciência foi e sempre será muito diversa, o que proporciona também diversidade no seu ensino. O principal desejo é ver o ensino da Física, na segunda etapa da educação básica, dando enfoque ao carácter dinâmico desse ramo científico.

Também não se pretende levar em consideração o ferramental matemático envolvido nesses conceitos. Até porque isso não é da competência de estudantes do ensino médio. O que se deseja é fornecer um arcabouço conceitual dos novos achados científicos da Física atual. É possível compreender o conceito de tunelamento quântico ou energia escura sem entrar em detalhes algébricos.

Resumidamente, A Física Contemporânea no Ensino Médio será aplicada da seguinte forma: ao se abordar determinado conteúdo clássico, indica-se um Tópico Principal para discussão. Em seguida, deve ser apontado um Tópico Relacionado ao tópico principal para cada grupo de aluno pesquisar, analisar, debater e apresentar os

resultados à turma. Por exemplo, ao estudar o conceito de aceleração na 1ª série, pode ser introduzido como tópico principal a expansão acelerada do Universo. Ao se tratar de movimento ondulatório na 2ª série, é aconselhável indicar para discussão ondas gravitacionais. Durante a abordagem de campo eletromagnético na 3ª série, pode-se debater sobre campo de Higgs. De tal forma que, a cada conteúdo clássico analisado, é possível introduzir uma descoberta ou conceito da Física Contemporânea para discussão em sala de aula.

O tópico principal pode ser um conceito ou descoberta da Física Moderna e Contemporânea, que tenha alguma relação com o conteúdo da Física Clássica abordado em determinado período letivo. Os tópicos relacionados podem ser conceitos ou descobertas relacionados ao tópico principal. São eles que dão sustentação teórica ao tópico principal.

Por exemplo, durante o estudo do movimento ondulatório, é possível se ter como tópico principal Ondas Gravitacionais. No entanto, para uma compreensão do que vem a ser onda gravitacional é necessário discutir outros aspectos da estrutura teórica que dá sustentação a este conceito, como:

- I. História da Física do Século XX;
- II. Relatividade Restrita;
- III. Relatividade Geral;
- IV. Espaço-tempo;
- V. Matéria e energia;
- VI. Curvatura do espaço-tempo;
- VII. Detecção de ondas gravitacionais;
- VIII. Implicação da detecção de ondas gravitacionais.

Para cada tópico principal existem diversos conceitos que podem ser usados como tópico relacionado, ou seja, conceitos que permitem uma compreensão mais abrangente do conceito principal abordado.

2.1 OBJETIVO E DESCRIÇÃO

A Física Contemporânea no Ensino Médio objetiva introduzir algumas descobertas recentes da ciência Física para debate no ensino médio. Assim como a ciência de modo geral, a Física não se encontra em estado de conclusão ou acabada. Muito pelo contrário. A cada dia se descobre leis que explicam com mais detalhe a matéria e o Universo como um todo. Sem mencionar os diversos experimentos que esmiúçam o comportamento dos constituintes da matéria na fronteira inimaginável da escala subatômica. Ou mesmo os diversos laboratórios, alguns deles gigantescos, como o CERN⁴ ou o LIGO⁵, que detectam informações que vêm do coração da matéria ou dos confins do Cosmos. A exemplo disso tudo, podemos citar a recente detecção de ondas gravitacionais e da partícula de Higgs.

⁴CERN – Laboratório Europeu de Pesquisas Nucleares, localizado em Genebra.

⁵LIGO – Interferômetro Linear de Ondas Gravitacionais, localizado em Louisiana/Washington.

Numa sociedade marcadamente sedenta por informação, grande parte dos alunos que ingressam no ensino médio já tomaram conhecimento de muitas descobertas feitas pela ciência. Esses alunos devem ter visto notícias sobre CERN, sondas espaciais, Física Quântica, modelos cosmológicos, partículas subatômicas, antimatéria etc. De tal forma que esses conceitos não são tão estranhos para eles, mesmo que não tenham o conhecimento profundo ou saibam explicar cada um deles.

De modo que, é possível e necessário introduzir conceitos e descobertas mais recentes da Física na educação básica, para que os estudantes possam ver além do estado consolidado da ciência. E que esse “ver além” permita aos estudantes se inteirarem do estado presente de investigação da Física. Embora esquecendo a matemática envolvida nesses novos conceitos, A Física Contemporânea no Ensino Médio possibilita abrir um debate em sala de aula sobre as grandes e intrigantes questões atuais sobre o Universo. É indispensável ensinar o que já é conhecido sobre determinada lei física, o que a Física Clássica faz tão bem. No entanto, discutir o que ainda não se consegue explicar ou aquilo que acaba de ser elucidado é imprescindível para a evolução do ensino da ciência. Por exemplo, destacar as maravilhosas previsões e confirmações da Física Quântica ou da Relatividade, ao mesmo tempo em que se ressalta os mistérios envolvendo emaranhamento quântico ou energia escura.

Existem diversos conceitos e achados científicos da Física Contemporânea que podem gerar boas discussões em sala de aula ao serem usados como tópico principal. Não é necessário um determinado conceito ser usado como tópico principal apenas em uma série letiva. Por exemplo, o conceito de energia escura pode ser tópico principal tanto na 1ª como na 2ª ou 3ª série. Da mesma forma, uma descoberta usada como tópico principal numa série pode ser tópico relacionado em outra. Por exemplo, energia escura pode ser tópico principal, mas também pode ser tópico relacionado.

O Quadro 4 sugere alguns conceitos para serem usados como tópico principal.

Quadro 4 – Sugestões de conceitos para tópico principal.

Série	Conteúdo Clássico	Tópico Principal
1ª	Grandezas Físicas	Relatividade do Tempo Relatividade do Espaço
1ª	Aceleração	Expansão Acelerada do Universo
1ª	Energia	Energia Escura
1ª	Conservação de Energia Mecânica	Tunelamento Quântico
2ª	Ondulatória	Ondas Gravitacionais
2ª	Óptica	Emaranhamento Quântico
2ª	Termodinâmica	Universo Inflacionário
3ª	Partículas Elementares	<i>Teoria das Cordas</i> ⁶
3ª	Campo Eletromagnético	Campo de Higgs

⁶Em destaque por ainda não ter passado pelo escrutínio da observação experimental.

Fonte: os autores.

A escola precisa, além de formar futuros cientistas e físicos, permitir a formação de cidadãos cômicos das questões relacionadas à sua época. Por isso, deve-se apresentar aos estudantes de ensino médio o conhecimento já sistematizado, mas também o que ainda não se pode explicar sobre o mundo, suas leis e constituintes materiais e energéticos. Isso pode estimular o lado criativo e questionador dos alunos e direcionar seus interesses para o mundo científico.

A Física Contemporânea no Ensino Médio complementa Aprendendo a Pesquisar, no sentido de que fornece uma visão do dinamismo da Física. Após estudar os fenômenos físicos que já têm embasamento teórico e experimental sólido, o próximo passo é o estudo dos fatos que estão no limiar de serem elucidados. Por isso, é aconselhável que seja aplicada primeiro Aprendendo a Pesquisar para depois aplicar A Física Contemporânea no Ensino Médio.

2.2 ROTEIRO

Antes de ler o detalhamento de cada passo deste roteiro, é aconselhável consultar o Quadro 5 (página 25) e o Quadro 6 (página 26). O primeiro mostra uma visão geral das etapas a serem seguidas. O segundo localiza as etapas em um calendário na terça-feira do mês.

2.2.1 APRESENTAÇÃO DA ATIVIDADE E DIVISÃO DA TURMA

Nesta etapa preliminar, faz-se uma apresentação geral aos estudantes do trabalho a ser realizado. É o momento em que se esclarece no que ele consiste, o objetivo visado, sua importância para o desenvolvimento intelectual, entre outras especificidades. O professor deixa claro que será uma atividade efetuada em 4 momentos: a explicação dos métodos do trabalho; uma busca em diversas fontes; uma apresentação oral e uma posterior discussão em sala de aula.

Aproveitando o tempo de duas aulas (100 minutos), além de detalhar a atividade, também se divide a turma em grupos de 3 a 5 estudantes. É óbvio que alguns alunos não se sentirão à vontade com a formação de grupos, por diversos motivos. Sendo esse o caso, pode-se apresentar uma breve justificativa do método de estudo em grupo. Para isso, entre outros argumentos, é interessante ressaltar a importância da coletividade na ciência, tanto em tempos passados como no momento atual.

O professor escolherá a maneira mais conveniente para formar os grupos. Mas antes, é aconselhável consultar o Apêndice 1. Ele descreve uma forma bem simples que leva em conta alguns fatores, tais como a participação dos estudantes na formação do grupo, o controle para evitar a formação de “panelinhas”, bem como o uso mínimo da escolha por sorteio.

Será atribuída uma nota parcial à apresentação oral do trabalho conforme os critérios do Apêndice 2.

A forma como a Física Contemporânea no Ensino Médio se estrutura é bem simples. Quando se estiver abordando determinado conteúdo da Física Clássica em sala de aula, o professor escolhe um conceito ou descoberta da Física Moderna e Contemporânea, que tenha relação com este conteúdo. Será o Tópico Principal, que pode ser um conceito ou uma descoberta da Física, tanto do século XX como do século XXI.

Em seguida, cada grupo de estudantes fica responsável pela análise de um tópico relacionado ao principal. O Tópico Relacionado é um conceito ou descoberta que fornece sustentação teórica ao tópico principal. O grupo irá fazer uma busca na literatura científica, apresentará os resultados para a turma e depois tem-se uma discussão em sala de aula para fazer a ponte conceitual entre o tópico principal e o conteúdo clássico abordado.

2.2.2 OS TÓPICOS RELACIONADOS

Após a escolha do tópico principal, o professor pede para cada grupo fazer uma busca minuciosa sobre o seu respectivo tópico relacionado. O objetivo é que cada equipe se inteire das definições, conceitos e achados científicos relacionados ao assunto. Dessa forma, os estudantes podem ter uma compreensão razoável do seu tópico.

O professor determina um tempo de duas semanas para cada grupo realizar a sua tarefa. Nesse intervalo, eles reunirão os materiais, farão a leitura, construirão um texto base e depois deverão preparar uma apresentação oral na forma de slides.

Como forma de orientação, pode-se indicar *sites*, revistas ou livros que tratem de cada tópico, bem como sugerir algumas fontes indicadas na Pequena Bibliografia, que se encontra no final deste roteiro. São livros que tratam de diversos temas, tanto da Física como da ciência em geral, inclusive obras de físicos renomados como Albert Einstein e Alan Guth. Essas obras de divulgação ajudam na condução desta atividade, bem como na escolha dos tópicos principais e relacionados para o debate com os alunos. Também é aconselhável indicá-las aos estudantes como fonte de pesquisa.

2.2.3 APRESENTAÇÃO ORAL

Após duas semanas dedicadas à tarefa, dar-se-á início às apresentações orais em sala de aula. É o momento dos grupos apresentarem para toda a turma os seus resultados. Será dado 20 minutos para cada grupo, distribuídos da seguinte forma:

10 minutos de apresentação sem interrupções ou perguntas;
5 minutos para os questionamentos da turma;
5 minutos para os comentários, críticas e sugestões do professor.

Uma turma com média de 35 estudantes será dividida em cerca de 8 grupos. Com a carga horária de duas aulas por semana (100 minutos), as apresentações serão realizadas em 4 aulas (400 minutos/2 semanas), 4 grupos por semana.

É preciso esclarecer aos grupos que a apresentação oral será avaliada conforme o Apêndice 2. Assim, a média aritmética dos desempenhos coletivo e individual serão convertidos numa nota parcial.

Também é preciso ressaltar o seguinte: muitos alunos da turma têm várias perguntas a serem feitas, mas nem todos os questionamentos estarão dentro da pesquisa que está sendo apresentada, podendo ser atribuída uma nota extra para os estudantes que elaborarem as perguntas que mais se encaixam no devido tópico.

É preciso ter muita cautela durante essa etapa pelo fato de os estudantes estarem apresentando uma pesquisa relacionada a conteúdos, de certa maneira, novos. Provavelmente, eles realizaram suas pesquisas na rede mundial de computadores. Como a internet é um ambiente onde a quantidade de informações é astronômica, deve-se salientar aos estudantes o cuidado com as fontes consultadas. Por isso, no fim de cada apresentação, o professor tece comentários no sentido de corrigir determinada informação que possa ter sido alterada pelos meios de comunicações.

2.2.4 DISCUSSÃO EM SALA DE AULA

Na semana seguinte às apresentações orais, serão reservadas duas aulas para abrir uma discussão sobre os diversos tópicos relacionados e tecer a conexão conceitual entre o tópico principal e o conteúdo clássico abordado. Nesse debate, abre-se espaço para que os estudantes possam fazer comentários e levantar questionamentos sobre os temas estudados. Será um momento propício para eles externarem ainda mais o que aprenderam durante a pesquisa, bem como consolidarem o aprendizado adquirido. Os estudantes também podem ser instigados pelos outros (ou pelo professor) a emitirem opiniões acerca do que a Física fornece como ideias novas sobre o Cosmos.

Será neste momento que se fará a elucidação dos possíveis equívocos que aparecerem durante as apresentações, o que se mostrará importante para se buscar um maior rigor científico na abordagem dos conceitos analisados. Também será a hora de apontar eventuais falhas na pesquisa ou na apresentação dos trabalhos, mas apenas no sentido de tentar melhorar cada vez mais o desempenho dos grupos.

Esta também será uma ocasião oportuna para que se possa apontar problemas ainda não resolvidos pela Física e que demandam pesquisas mais aguçadas e sofisticadas. Por outro lado, indica-se leituras mais aprofundadas sobre os tópicos. Além disso, será imprescindível fazer uma discussão sobre a responsabilidade social da ciência em geral e da Física em particular. Por exemplo, como as novas ideias e instrumentos desenvolvidos pela Física Contemporânea impactam direta ou indiretamente na vida cotidiana das pessoas.

Para a discussão do tópico principal em sala de aula, o professor começa com uma breve explanação histórica do desenvolvimento da Física, desde os séculos passados até o momento atual. Isso fará com que os estudantes percebam o quanto os diversos temas pesquisados estão interligados, formando uma estrutura conceitual maior.

O professor também pode pedir aos estudantes que compartilhem suas dúvidas a respeito dos conceitos trabalhados, permitindo que outros alunos possam tentar dar uma explicação antes da sua resposta. O objetivo é que cada grupo tente aplicar seus conhecimentos adquiridos com a pesquisa para ampliar o entendimento de conteúdos, que antes pareciam inalcançáveis para um aluno da educação básica.

Ainda aproveitando a discussão, é preciso ressaltar a questão de alguns erros cometidos por meios de comunicação ao divulgarem, equivocadamente, determinadas descobertas feitas pela Física. O objetivo é fornecer aos alunos um mecanismo básico para distinguir fatos evidentes de notícias sensacionalistas veiculadas nos diversos meios de comunicação.

2.3 RESUMO

Somando o tempo de apresentação da atividade, realização da pesquisa, apresentação oral e discussão em sala de aula, se não houver imprevistos, é possível concluir A Física Contemporânea no Ensino Médio em um período de até 4 semanas, sendo que o tempo efetivo em sala de aula será menor, uma vez que os grupos realizam a pesquisa no contraturno.

Portanto, A Física Contemporânea no Ensino Médio não comprometerá a abordagem dos conteúdos regulares em sala de aula. É possível intercalar as duas semanas de apresentação oral com conteúdo clássico, o que não prejudicará a execução da atividade. Fazendo isso, simplesmente estende-se o tempo reservado de 4 para 5 semanas. Sendo assim, ela pode ser aplicada mais de uma vez ao ano. Isso permitiria introduzir diversos tópicos da Física Contemporânea no Ensino Médio.

Por fim, é interessante fazer um breve resumo dos passos a serem seguidos. Ele irá facilitar uma visão geral de toda a atividade, bem como poderá fornecer uma noção do tempo a ser gasto. O Quadro 5 objetiva fazer isso de maneira simples e o Quadro 6, ambos na página seguinte, localiza as etapas em um calendário como se a disciplina de Física fosse dada numa terça-feira do mês e intercalando as semanas de apresentações orais com aulas regulares.

Quadro 5 – Resumo para A Física Contemporânea no Ensino Médio.

Roteiro	Onde	Tempo
Apresentação da Atividade Divisão da Turma	Sala de Aula	2 Aulas
Estudo do Tópico Relacionado	Contraturno	2 Semanas
Apresentação Oral	Sala de Aula	4 Grupos/Semana

Discussão	Sala de Aula	2 Aulas
-----------	--------------	---------

Fonte: os autores.

Quadro 6 – Calendário para A Física Contemporânea no Ensino Médio.

1º MÊS						
S	TERÇA-FEIRA	Q	Q	S	S	D
						1
2	3 – Apresentação da Atividade. Divisão da Turma.	4	5	6	7	8
9	10 – Aula Regular.	11	12	13	14	15
16	17 – Apresentação Oral do Tópico Relacionado.	18	19	20	21	22
23	24 – Aula Regular.	25	26	27	28	29
30	31 – Apresentação Oral do Tópico Relacionado.					
2º MÊS						
S	TERÇA-FEIRA	Q	Q	S	S	D
		1	2	3	4	5
6	7 – Discussão do Tópico Principal.	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

Fonte: os autores.

2.4 EXEMPLO PARA APLICAÇÃO

Nessa seção está descrito um exemplo detalhado de como aplicar A Física Contemporânea no Ensino Médio em cada uma das três séries do Ensino Médio.

Como definido anteriormente, o tópico principal é um conceito ou descoberta recente da Física Moderna e Contemporânea que pode ser relacionado a um determinado conteúdo clássico abordado em sala de aula. O termo recente diz respeito ao século XX ou início do século XXI, ou seja, conceitos como ondas gravitacionais, bóson de Higgs, tunelamento quântico, energia escura, entre outros.

O professor escolhe um tópico principal para cada série do ensino médio. A cada conteúdo clássico abordado, pode-se apresentar um tópico principal e seus respectivos tópicos relacionados, não importando o bimestre letivo. Mas como será atribuída uma nota parcial ao trabalho realizado, é preferível os meados de bimestres para o início das atividades.

Vale ressaltar que um tópico principal relacionado a um conteúdo clássico abordado na 1ª série, também pode se relacionar com algum conteúdo de outras séries. Da mesma forma, determinado conceito usado como tópico principal numa série, poderá ser utilizado como tópico relacionado em outra ou vice-versa.

2.4.1 ENERGIA ESCURA – 1ª SÉRIE

Quando se iniciar a abordagem do conceito de energia na 1ª série, escolhe-se energia escura como tópico principal. É um conceito

que ganhou destaque nas duas últimas décadas devido à descoberta da expansão acelerada do Universo em 1998. Apesar do pouco conhecimento acumulado, não deixa de ser um tema interessante para se fazer uma discussão conceitual em sala de aula.

O caminho conceitual percorrido pela Física no decorrer de sua História para chegar à ideia atual de energia escura é longo e tortuoso. Diversas teorias construídas, confirmadas ou refutadas, tentaram explicar o comportamento do Universo. Mas na última década do século XX, observações de supernovas⁷ mostraram que a maneira como o Cosmos evolui é bem mais sutil do que se poderia ter imaginado. Além de estar se expandindo, o espaço-tempo se estica de forma acelerada, em vez de ter uma expansão constante ou retrógrada. Era de se esperar que a gravidade, uma força atrativa, pudesse frear essa expansão. Esse era o pensamento até 1998. No entanto, se a força gravitacional não contribui para a dilatação do Universo, algo mais está faltando. Assim, surgiu a ideia contemporânea de energia escura. Essa entidade tem implicações bastante nítidas na forma como o Universo evolui e qual rumo ele pode tomar.

Para que os estudantes tenham uma compreensão melhor do conceito de energia escura, como ele surgiu e o que pode significar, agrega-se a ele 8 tópicos relacionados. O Quadro 7 a seguir menciona os 8 tópicos, com a possibilidade de acrescentar ou retirar algum, dependendo da quantidade de grupos formados na turma.

Quadro 7 – Tópicos relacionados para energia escura.

ENERGIA ESCURA – TÓPICOS RELACIONADOS
Modelos Cosmológicos Antes do Século XX
Modelos Cosmológicos do Século XX
Teoria da Relatividade Restrita
Teoria da Relatividade Geral
Descoberta da Expansão do Universo
Expansão Acelerada do Universo
Energia Escura
Destino do Universo

Fonte: os autores.

Cada um desses tópicos relacionados são importantes para uma compreensão tanto do conceito de energia escura como do contexto em que ela apareceu na literatura científica. Além disso, ao fazerem as pesquisas, os estudantes conhecerão os principais físicos que se envolveram nessa busca incansável, bem como as teorias e experimentos desenvolvidos para testar as leis do Cosmos.

O grupo responsável por Modelos Cosmológicos Antes do Século XX irá fazer uma síntese de alguns modelos de Universo propostos ao longo da História da Física. Podem iniciar com o geocentrismo dos gregos antigos, passando pelo heliocentrismo de Nicolau Copérnico e pelos universos-ilhas de Immanuel Kant, até o modelo de nebulosa de Simon Laplace.

⁷Estrelas de grande massa, quando seu combustível já está se exaurindo, explodem de maneira catastrófica e atingem luminosidade gigantesca.

O grupo do tópico Modelos Cosmológicos do Século XX fará um passeio pelos diversos modelos modernos de Universo. Poderão apresentar desde o “átomo primordial” de Georges Lemaître, passando pela teoria do estado estacionário de Fred Hoyle até o universo inflacionário de Alan Guth.

No tópico Teoria da Relatividade Restrita, o grupo fará uma apresentação breve da teoria de Albert Einstein de 1905, como a relação entre espaço e tempo, conceito de relatividade do momentum, entre outros.

Com o tópico relacionado Teoria da Relatividade Geral, o grupo fornecerá diversas descobertas teóricas e experimentais da teoria de Einstein, como a curvatura do espaço-tempo, equivalência massa-energia etc.

Em Descoberta da Expansão do Universo, o grupo responsável contará um pouco da história de como se descobriu que as galáxias estão se afastando da Via-Láctea, destacando as contribuições de vários cientistas, entre eles Edwin Hubble.

Enquanto isso, no tópico Expansão Acelerada do Universo, o grupo pesquisador dará destaque à descoberta de que, além do Universo estar se expandindo, essa expansão acontece de maneira acelerada ao invés de numa taxa constante.

O grupo responsável por Energia Escura, que é o tópico principal, apresentará uma biografia desse conceito, que entrou cada vez mais em discussão nas duas últimas décadas e que apresenta diversas facetas.

Por fim, no tópico Destino do Universo, o grupo levantará as especulações da literatura científica a respeito dos possíveis rumos que o Universo poderá tomar, como agora se sabe que ele tem uma taxa de expansão acelerada e não mais constante ou retrógrada.

2.4.2 ONDAS GRAVITACIONAIS – 2ª SÉRIE

Durante o estudo do movimento ondulatório na 2ª série, apresenta-se para discussão em sala de aula, como tópico principal, o conceito de onda gravitacional. É um conceito bem atual devido às detecções anunciadas no ano de 2016.

Onda gravitacional é uma perturbação no “tecido” do espaço-tempo quando a matéria ou a energia nele confinada sofre alguma mudança. Por exemplo, quando uma estrela de grande massa explode ou dois buracos negros se chocam, a alteração sofrida pelo espaço-tempo naquele local se propaga em todas as direções. A essa propagação, dá-se o nome de onda gravitacional. É possível fazer uma analogia com uma pedra jogada na superfície tranquila de um lago. A perturbação causada pela pedra se propaga como onda pela água em todas as direções. No caso da onda gravitacional, os buracos negros fazem o papel da pedra e o espaço-tempo é como se fosse a água.

Onda gravitacional é um fenômeno previsto pela teoria da Relatividade Geral, desenvolvida no início do século XX pelo físico alemão Albert Einstein. Desde sua previsão, os físicos experimentais e teóricos têm especulado sobre sua real existência e, em caso afirmativo, sua possível detecção. Após muito esforço, em 2016, finalmente foi possível confirmar a detecção de uma onda

gravitacional. Isso mostra o quanto a teoria de Einstein é consistente e a que nível de precisão chegaram os instrumentos de medida. A título de curiosidade, a perturbação gravitacional que chega até à Terra é tão ínfima, que pode ser confundida com ruídos terrestres, por exemplo, abalos sísmicos. Por isso, é imprescindível que se construa instrumentos de alta precisão em locais livres de ruídos, como podem indicar os 4 km dos braços do interferômetro do LIGO.

Para uma melhor compreensão, define-se 8 tópicos relacionados a ondas gravitacionais, em destaque no Quadro 8 abaixo.

Quadro 8 – Tópicos relacionados para ondas gravitacionais.

ONDAS GRAVITACIONAIS – TÓPICOS RELACIONADOS
Teoria da Relatividade Restrita
Teoria da Relatividade Geral
Curvatura do Espaço-Tempo
Eventos Cataclísmicos no Universo
Ondas Gravitacionais
A Busca Por Ondas Gravitacionais
Detecção de Ondas Gravitacionais
Uso de Ondas Gravitacionais

Fonte: os autores.

Cada um desses tópicos relacionados são importantes para uma percepção clara tanto do conceito de onda gravitacional como do contexto em que ele foi previsto teoricamente e confirmado por observação.

No tópico Teoria da Relatividade Restrita, o grupo fará uma apresentação breve da teoria de Albert Einstein de 1905, como a relação entre espaço e tempo.

Com o tópico Teoria da Relatividade Geral, o grupo fornecerá diversas descobertas teóricas e experimentais da teoria de Einstein, como a explicação para a força gravitacional, a equivalência massa-energia etc.

O grupo responsável pelo tópico relacionado Curvatura do Espaço-Tempo focará nas características específicas do espaço-tempo, tratando de sua “elasticidade” em resposta à presença de massa e energia.

No tópico Eventos Cataclísmicos no Universo, os estudantes responsáveis farão uma síntese da evolução de estrelas, em especial as supermassivas. Darão destaque aos estágios finais que culminam com explosões cataclísmicas e que geram ondas gravitacionais de energia suficiente para poderem ser detectadas por laboratórios baseados na Terra ou mesmo no espaço.

O grupo do tópico Ondas Gravitacionais, que é o tópico principal, vai apresentar uma biografia desse tipo de onda, como são formadas e suas características específicas em analogia com as ondas clássicas.

O grupo do tópico A Busca Por Ondas Gravitacionais, mostrará os desafios e dificuldades enfrentados pelos cientistas, engenheiros e técnicos na construção de laboratórios visando a detecção de ondas gravitacionais.

O tópico Detecção de Ondas Gravitacionais, levará o grupo de estudantes a fazer uma busca sobre os laboratórios que fizeram e anunciaram a descoberta das ondas gravitacionais no ano de 2016.

Por último, no tópico relacionado Uso de Ondas Gravitacionais, o grupo levantará as especulações no ambiente científico a respeito da possibilidade do uso de ondas gravitacionais pelo homem. O grupo pode ponderar sobre o possível uso de ondas gravitacionais como ferramenta para conhecer o Universo ou para futuras transmissões de informações, assim como foi possível com as ondas clássicas.

2.4.3 CAMPO DE HIGGS – 3ª SÉRIE

Quando estiver tratando da definição de campo eletromagnético na 3ª série, introduz-se para debate em sala de aula como tópico principal, o conceito de Campo de Higgs. É um tema interessante e atual tanto pela sua estrutura teórica como pela busca incansável empreendida pelo CERN.

O Modelo Padrão é uma construção teórica muito bem edificada pela Física Quântica. Ele faz um belíssimo apanhado das características das partículas elementares como massa, carga elétrica e o tipo de interação às quais são submetidas. Pelo conjunto de propriedades apresentadas, o Modelo Padrão consegue reunir todas as partículas subatômicas em famílias bem específicas. Entre elas, está a família dos bósons, partículas responsáveis pela transmissão de campo ou força. Entre os bósons mais conhecidos estão o fóton, transmissor do campo eletromagnético, e o glúon, o qual comunica a força nuclear forte.

Na família dos bósons, foi prevista teoricamente o bóson de Higgs, partícula associada ao campo de Higgs. Ela seria responsável por prover massa às outras partículas elementares. Em outras palavras, uma partícula adquire massa a partir do momento em que interage com o campo de Higgs. Quanto maior a interação sofrida, maior também será a massa adquirida pela partícula. Apesar de ter sido proposto ainda na década de 1960, o campo de Higgs ganhou destaque nos últimos anos com a confirmação da descoberta do bóson de Higgs pelo CERN em 2013.

A batalha incansável empreendida pelo CERN em busca da partícula de Higgs é uma mostra nítida da colaboração que pode ocorrer no meio científico. Além de conseguir reunir físicos teóricos e experimentais com engenheiros e técnicos, o CERN é capaz de angariar recursos financeiros de diversos países numa empreitada científica colossal.

O professor associa ao tópico principal campo de Higgs, 8 tópicos relacionados, os quais estão destacados no Quadro 9.

Quadro 9 – Tópicos relacionados para campo de Higgs.

CAMPO DE HIGGS – TÓPICOS RELACIONADOS
História da Física Quântica
Contribuição de Cesar Lattes Para a Física Quântica
Matéria e Antimatéria
Modelo Padrão da Física Quântica

Conhecendo o CERN e o LHC
Campo de Higgs
Descoberta do Bóson de Higgs
Proposta da “Teoria” das Cordas

Fonte: os autores.

Cada um desses tópicos são importantes para uma compreensão tanto do conceito de campo de Higgs como do contexto em que ele foi previsto e explorado em laboratório.

Com o tópico História da Física Quântica, o grupo vai mostrar as principais descobertas sobre a constituição da matéria na virada do século XIX para o século XX.

No tópico Contribuição de Cesar Lattes para a Física Quântica, será dado destaque aos trabalhos do físico brasileiro Cesar Lattes com partículas subatômicas. Será apresentada uma pequena biografia científica desse cientista.

Para Matéria e Antimatéria, o grupo fará uma comparação entre as características de ambas, as especulações sobre as relações proporcionais entre as duas, tanto no passado como no Universo atual.

O grupo que ficar com Modelo Padrão das partículas elementares e interações, dará uma visão geral da estrutura explicativa desse modelo, seus constituintes, interações e agrupamentos.

Em Conhecendo o CERN e o LHC, o grupo pode fazer uma busca sobre o desenvolvimento desses dois levitãs da Física Nuclear, como funcionam, quais suas descobertas etc.

O tópico relacionado Campo de Higgs, que também é o tópico principal, levará os estudantes a conhecerem um pouco mais sobre a importância do mecanismo que proporciona massa às partículas elementares.

Com o tópico Descoberta do Bóson de Higgs, o grupo responsável irá esmiuçar a batalha travada pelos pesquisadores teóricos e experimentais desde a previsão até a detecção da partícula Higgs.

Para fechar, o grupo que ficar com o tópico Proposta da “Teoria” das Cordas, tem a responsabilidade de fazer uma busca na literatura científica sobre as especulações levantadas pelos proponentes dessa ainda não confirmada teoria. O grupo deve pesquisar quais os pontos mais relevantes dessa hipótese para a Física Quântica, as possibilidades explicativas que oferece, os desafios experimentais que deve enfrentar, suas consistências teóricas etc.

APÊNDICE

1. MÉTODO SIMPLES PARA FORMAÇÃO DE GRUPOS

Aqui é apresentado um método simples para fazer a divisão da turma em grupos. Ele leva em conta diversos fatores como por exemplo, a participação dos estudantes na montagem do grupo, o controle sobre a divisão, o uso mínimo de sorteio e uma menor influência das “panelinhas”.

Primeiro, é preciso ter em mãos o Quadro 10.

Quadro 10 – Formação de grupos.

NOME DA ESCOLA			
DISCIPLINA		PROFESSOR	NOTA 1
TURNOS	SÉRIE	TURMA	DATA
APRENDENDO A PESQUISAR			
A FÍSICA CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO			
TÓPICO PRINCIPAL			
GRUPO 1	FENÔMENO FÍSICO/TÓPICO RELACIONADO		
Aluno 1			
Aluno 2			
Aluno 3			
Aluno 4			
Aluno 5			
Aluno 6			

Fonte: os autores.

É preciso escolher ou sortear um estudante para ser o primeiro membro do Grupo 1, outro para o Grupo 2, outro para o Grupo 3 e assim por diante até o oitavo grupo.

Após colocar o primeiro membro em cada equipe, volta-se ao Grupo 1. O segundo componente será escolhido pelo seu primeiro membro, o qual foi escolhido ou sorteado pelo professor. Faz-se o mesmo com o Grupo 2, o Grupo 3, até chegar ao Grupo 8.

Seguindo essa sequência, pode-se preencher cada grupo até o último estudante da turma. Caso a turma seja grande, com mais de 40 alunos, o professor tanto pode aumentar a quantidade de grupos de 8 para 9 como aumentar o número de estudantes por grupo, de 5 para 6. Ou os dois ao mesmo tempo. Dessa forma, poderá ter uma sala de aula com até 54 alunos (9 x 6).

2. MODELO PARA ATRIBUIÇÃO DE NOTA

Este modelo será útil para fazer a atribuição de nota às apresentações orais, tanto de Aprendendo a Pesquisar como em A Física Contemporânea no Ensino Médio. Ele tenta fazer um balanço entre o desempenho coletivo e o desempenho individual. Utiliza 5

critérios coletivos e 5 individuais. Cada critério leva em consideração 4 conceitos: Insuficiente, Regular, Bom e Ótimo.

No total, cada critério pode atingir até 2 pontos. Isso permite que tanto o desempenho coletivo como o individual tenham nota entre 0 e 10.

Na atividade Aprendendo a Pesquisar, pode-se atribuir uma nota extra à relevância do fenômeno físico escolhido, à produção do vídeo, ao caderno de bordo, à qualidade do artigo científico, entre outros.

Esse modelo deve ser usado em consonância com o Quadro 10. Sendo assim, o Grupo 1 nesse modelo corresponde ao Grupo 1 no Quadro 10, da mesma forma que o Aluno 1 corresponde ao Aluno 1 do Quadro 10.

Quadro 11 – Modelo para atribuição de nota na apresentação oral.

NOME DA ESCOLA													
DISCIPLINA		PROFESSOR					NOTA 1						
TURNO	SÉRIE	TURMA					DATA						
APRENDENDO A PESQUISAR													
A FÍSICA CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO													
TÓPICO PRINCIPAL													
	DESEMPENHO												
	COLETIVO					INDIVIDUAL					FINAL		
GRUPO 1	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	C	I	D
Aluno 1													
Aluno 2													
Aluno 3													
Aluno 4													
Aluno 5													
Aluno 6													

Fonte: os autores.

Quadro 12 – Legenda dos critérios e conceitos de avaliação.







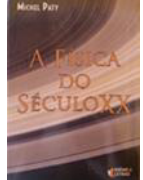

DESEMPENHO		
COLETIVO	INDIVIDUAL	FINAL
$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5$ $0 \leq C \leq 10$	$I = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5$ $0 \leq I \leq 10$	$D = \frac{C + I}{2}$
C ₁ : Organização do Grupo	I ₁ : Postura	D = Nota Parcial
C ₂ : Integridade do Grupo	I ₂ : Contato Visual	Insuficiente: $0 \leq I_n \leq 0,5$
C ₃ : Controle da Sala	I ₃ : Clareza na Exposição	Regular: $0,5 < Re \leq 1,0$
C ₄ : Integridade da Pesquisa	I ₄ : Domínio do Assunto	Bom: $1,0 < Bo \leq 1,5$
C ₅ : Controle do Tempo	I ₅ : Atitude Perante Questionamentos	Ótimo: $1,5 < Ot \leq 2,0$

Fonte: os autores.

PEQUENA BIBLIOGRAFIA

O Quadro 13 contém referências que podem servir como fonte de busca tanto para os diversos fenômenos físicos escolhidos em Aprendendo a Pesquisar como para os tópicos principais e tópicos relacionados em A Física Contemporânea no Ensino Médio. Tais referências serão úteis tanto ao professor, para a orientação aos estudantes nas duas atividades propostas, como também poderão servir para o aprofundamento da pesquisa que os alunos realizarão durante a execução dos trabalhos.

Quadro 13 – Pequena Bibliografia.

	<p>http://www.cbpf.br/~eduhq/index2.html Projeto coordenado pelo professor Francisco Caruso (UERJ), apresenta uma proposta de educação por meio de histórias em quadrinhos. O <i>site</i> disponibiliza animações, tirinhas, material de apoio para o professor usar as tirinhas em sala de aula etc.</p>
	<p>https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics PhET oferece simulações de matemática e ciências divertidas, interativas e que podem ser executadas on-line ou copiadas para o computador.</p>
	<p>https://www.youtube.com/watch?v=1TONz71uDak Vídeo produzido por Matéria de Capa sobre a construção do CERN e sua importância para as descobertas recentes sobre a matéria.</p>
	<p>https://www.ligo.caltech.edu/videos Embora em inglês, o <i>site</i> contém diversos vídeos em alta resolução sobre ondas gravitacionais.</p>
	<p>www.sciam.com.br A revista Scientific American Brasil disponibiliza em seu <i>site</i> diversos conteúdos relacionados à história da Física e temas da Física Contemporânea.</p>
	<p>SILVER, Brian. A Escalada da Ciência. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008. 772 p. Nesta obra, Brian Silver fornece uma visão panorâmica da Ciência ocidental, desde a Renascença até o século XX.</p>
	<p>PATY, Michel. A Física do Século XX. Aparecida: Ideias e Letras, 2009. 494 p. Michel Paty faz um detalhamento de três grandes áreas científicas do século XX: a Relatividade, a Física Quântica e a Cosmologia.</p>
	<p>SINGH, Simon. Big Bang. Rio de Janeiro: Record, 2006. 499 p. Nesta obra monumental, o físico Simon Singh traça a história da Teoria do Big Bang de forma acurada e com leitura acessível.</p>

	PANEK, Richard. De Que é Feito o Universo . Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2014. 326 p.
	Nesta narrativa fascinante, Richard Panek explica todo o desenrolar das pesquisas que culminaram com uma visão contemporânea inédita sobre o conteúdo do Universo.
	GREENE, Brian. A Realidade Oculta : universos paralelos e as leis profundas do cosmo. São Paulo: Companhia das Letras, 2012. 449 p.
	Brian Greene introduz o leitor às especulações científicas acerca das possibilidades dos universos paralelos.
	GREENE, Brian. O Tecido do Cosmo : o espaço, o tempo e a textura da realidade. São Paulo: Companhia das Letras, 2005. 652 p.
	Brian Greene analisa a textura do espaço-tempo na perspectiva das flutuações quânticas.
	GREENE, Brian. O Universo Elegante : supercordas, dimensões ocultas e a busca da teoria definitiva. São Paulo: Companhia das Letras, 2001. 476 p.
	Brian Greene faz uma introdução elegante da teoria das supercordas.
	ZEILINGER, Anton. A Face Oculta da Natureza : o novo mundo da física quântica. São Paulo: Globo, 2005. 276 p.
	Nesta obra de divulgação, Zeilinger mostra a fascinante natureza dos fenômenos quânticos.
	GUTH, Alan. O Universo Inflacionário : um relato irresistível de uma das maiores ideias cosmológicas do século. Rio de Janeiro: Campus, 1997. 293 p.
	A teoria do Universo Inflacionário é aqui desnudada pelas mãos do seu próprio arquiteto, Alan Guth.
	FEYNMAN, Richard. Deve Ser Brincadeira, Sr. Feynman! . Brasília: UnB/São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 2000. 391 p.
	Nesse livro, Richard Feynman, um dos maiores cientistas do século XX, narra alguns casos de sua vida.
	SAGAN, Carl. O Mundo Assombrado pelos Demônios : a ciência vista como uma vela no escuro. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. 442 p.
	Carl Sagan nos abre os olhos para os perigos das diversas pseudociências que afligem o mundo contemporâneo.
	SAGAN, Carl. Cosmos . Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1992. 364 p.
	Carl Sagan nos faz compreender a Ciência como uma atividade bela e apaixonante.
	SAGAN, Carl. Pálido Ponto Azul : uma visão do futuro da humanidade no espaço. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. 491 p.
	Carl Sagan reflete sobre o futuro do homem como espécie.

Fonte: os autores.