

A PERSPECTIVA DE ALUNOS SOBRE A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

STUDENTS' PERSPECTIVES ABOUT THE INTRODUCTION OF MODERN PHYSICS AT SECONDARY SCHOOL LEVEL

Reginaldo de Abreu¹
Washington Luiz Pacheco de Carvalho²

¹Professor do ensino médio e graduando em Física pela FEIS/Unesp
reginaldofisica@terra.com.br

²UNESP – Campus de Ilha Solteira/ Depto. de Física e Química da FEIS –
UNESP – Campus de Bauru/ Prog. Pós Grad. em Educação para a Ciência –
washcar@dfq.feis.unesp

RESUMO

Neste artigo tratamos da questão da inserção da Física Moderna no ensino médio. A partir de uma abordagem teórica, feita exclusivamente sobre um artigo que traz uma importante revisão da literatura nessa área, (Ostermann e Moreira, 2000), foram constituídas categorias de justificativas para esta inserção. Num segundo momento do trabalho, na sua fase exploratória, alunos do ensino médio que fizeram parte de uma atividade de Física Moderna na universidade foram convidados a falar sobre os significados dessa experiência. Os discursos de seis alunos foram analisados pela perspectiva de como justificariam a inserção da Física Moderna no ensino médio. Pudemos verificar que as categorias constituídas foram compatíveis com as expressões dos alunos, e também pudemos constatar que o fator emocional, evidenciado nas falas dos alunos, é importante e precisa ser adequadamente considerado para se promover esta inserção.

Palavras-chave: Física Moderna no Ensino Médio; Ensino de Física

ABSTRACT

In this paper we explored the problem of the introduction of Modern Physics in the secondary school level. Departing from a theoretical approach, carried out exclusively based on a paper that brings an important review of literature in that area, (Ostermann & Moreira, 2000), categories of justification for that introduction were constituted. In the exploratory part of the research, secondary school students took part of an activity on Modern Physics in our university, and some of them were invited to participate in a “collective interview” about the meanings of that experience. The discourses of six students were audio-recorded and analyzed from a perspective of how they would justify the introduction of Modern Physics in the secondary school level. It was possible for us to verify that the constituted categories were compatible with the expressions of the students. Also, it was observed that the emotional factor, which was emphasized in the students talks, it is important and needs to be adequately considered in order to promote that introduction.

Keywords: Modern Physics at High School Level; Physics Teaching

INTRODUÇÃO

Em um importante artigo para a área de pesquisa em ensino de física, Ostermann e Moreira (2000) fazem uma revisão bibliográfica de estudos sobre a inserção da “Física Moderna e Contemporânea” no ensino médio. Nas referências consultadas, os autores destacaram seis aspectos relevantes: a) justificativas para a inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio; b) questões metodológicas, epistemológicas, históricas referentes ao ensino de FMC, estratégias de ensino e currículos; c) concepções alternativas dos estudantes acerca de tópicos de FMC; d) temas de FMC apresentados como divulgação ou como bibliografia de consulta para professores de nível médio; e) propostas testadas em sala de aula com apresentação de resultados de aprendizagem; f) livros didáticos de nível médio que inserem temas de FMC.

No presente artigo, temos como referencial teórico exclusivamente o texto de Ostermann e Moreira (2000) por se tratar de uma revisão teórica ampla e bem articulada. Particularmente, neste artigo nos interessamos pelas “justificativas” para a inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio apresentadas pelos autores revisados por Ostermann e Moreira. Nesse aspecto, em particular, os autores da revisão destacaram contribuições de dezesseis pesquisadores. A partir dessa revisão, e com o intuito de explicitarmos tendências sobre como se justifica a inserção da Física Moderna no ensino médio, promovemos uma categorização dessas contribuições. As categorias de justificativas para a inserção da Física Moderna que foram constituídas são: Possibilidade de Posicionamentos Críticos; Via de acesso a Tecnologias Atuais; Atendimento à necessidade de atualização curricular; Favorecimento à opção pela carreira científica; Despertar de interesse pela Física; Favorecimento da componente Histórico-Cultural; Favorecimento à compreensão sobre a ciência. Objetivando uma melhor compreensão dessas categorias, explicitamos argumentos que foram apresentados no artigo de Ostermann e Moreira (2000).

Na categoria “Possibilidade de Posicionamentos Críticos” agrupamos argumentos apresentados no artigo que falam a favor do fato de que a Física Moderna no ensino médio pode significar: investimento na consciência dos cidadãos; possibilidade de que venham a se posicionar de maneira fundamentada frente a questões sociais críticas; possibilidade de defesa contra formas obscuras de manipulação do conhecimento e abertura para modos não convencionais de construir conhecimentos.

A categoria “Via de acesso a Tecnologias atuais”, abrange argumentos que apresentados no artigo de Osterman e Moreira que sustentam que a Física Moderna no Ensino Médio pode melhorar o nível de informação dos alunos e assim possibilitar a compreensão da fundamentação de tecnologias modernas, o que pode ser pensado como o lado técnico e específico da categoria apresentada anteriormente.

Na categoria “Atendimento à necessidade de atualização curricular” aparecem argumentos que tentam sustentar a idéia de que o currículo escolar básico de Física necessita de atualização, pois os alunos normalmente acabam tendo contato apenas com a Física Clássica, a qual guarda uma distância considerável de muitos aspectos da vida cotidiana dos alunos, e dessa forma acaba sendo desacreditada, esvaziada etc.

Na categoria “Favorecimento à opção pela carreira científica” os argumentos apresentados pelos autores revisados por Ostermann e Moreira apontam para a influência que a introdução da Física Moderna no ensino médio pode ter na escolha de profissão dos alunos. Uma

vez que os argumentos são um tanto genéricos, eles deixam a entender que o fato de mostrar um “lado vivo” da Física pode incentivar alunos a optarem pela carreira de físico.

A categoria “Despertar de interesse pela Física” reúne os argumentos de vários autores citados por Ostermann e Moreira, os quais sustentam que a introdução da Física Moderna no ensino médio desperta o interesse pela Física em muitos alunos, pois eles demonstram entusiasmo ao entrarem em um terreno onde há determinadas possibilidades de se enxergar a ligação entre o que se aprende na sala de aula com coisas que eles se deparam no dia-a-dia diretamente ou pela mídia. Aqui, de novo, parece que a Física Moderna é, ou seria, uma possibilidade de levar o fato de que a ciência é viva para dentro da sala de aula.

Na categoria “Favorecimento da componente Histórico-Cultural” estão reunidos argumentos acerca da acessibilidade da ciência e de sua relação com a história. Evidencia-se o seu caráter social e sua relação intrínseca com a cultura. Nessa categoria, a Física Moderna cumpre o papel de confrontar o estudante com sua própria história, além de alocá-lo corretamente no tempo e no espaço.

A categoria “Favorecimento à compreensão sobre a ciência” apresenta argumentos que procuram indicar a importância da Física Moderna como instrumento de aproximação entre o estudante e o “verdadeiro” processo de desenvolvimento científico, conhecendo sua dinâmica e seu aspecto inacabado. A Física Moderna seria uma possibilidade de revelar ao estudante o estimulante mundo de pesquisa contemporânea em Física.

1. DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Com o objetivo de conhecermos como os alunos de ensino médio justificariam a pertinência da Física Moderna e Contemporânea no currículo escolar básico, promovemos a inserção de um grupo de estudantes em uma série de atividades planejadas para dar-lhes uma idéia geral do que trata essa tal física moderna que de vez em quando eles ouvem dizer que existe.

As atividades foram divulgadas pela Internet e aconteceriam durante a realização de um simpósio para professores do ensino fundamental e médio. Na divulgação, oferecemos aos alunos do ensino médio a “possibilidade de experienciar uma atividade de exploração de temas de Física Moderna”. Essa possibilidade foi divulgada de maneira que os interessados pudessem, voluntariamente, se inscrever constituindo turmas de doze alunos. No total, 35 alunos participaram da atividade proposta.

A atividade teve duração de uma hora e meia para cada turma de 12 alunos e ocorreu num Laboratório da disciplina Estrutura da Matéria, que é normalmente oferecida aos alunos do curso de Licenciatura em Física. Desse modo, a atividade contou com equipamentos relativamente sofisticados. Inicialmente, houve uma rápida explanação, que abrangeu questões históricas e conceituais, principalmente sobre Mecânica Quântica. Para essa finalidade foram utilizados diagramas, animações e esquemas, que foram apresentados através de um projetor multimídia. Em seguida foram executados procedimentos experimentais que foram montados em três bancadas diferentes, e que são descritos a seguir.

1.1 Experimentos

Bancada 1: Efeito Fotoelétrico

Nessa atividade, utilizou-se um banco óptico, uma lâmpada de Mercúrio e uma Fotocélula, além de instrumentos de medida e um dispositivo contendo 4 filtros de interferência de comprimentos de onda conhecidos. O procedimento experimental consistiu em iluminar a fotocélula com comprimentos de onda específicos e verificar a energia com que os fotoelétrons eram ejetados, o que foi feito indiretamente, através da determinação do potencial elétrico que carregava um capacitor. Sob a orientação de um dos autores do presente artigo, três alunos operaram os equipamentos realizando as medidas, trocando os filtros e descarregando o capacitor quando necessário, além de selecionarem as escalas adequadas dos instrumentos de medida, sendo observados pelos demais alunos da turma. Ao final da experimentação com cada configuração (determinado filtro) discutia-se qual seria o resultado esperado na próxima configuração, de maneira a relacionar os efeitos observados com a teoria. Ao final da atividade foram levantadas questões referentes às aplicações tecnológicas do efeito observado, como relés fotoelétricos, câmeras fotográficas e outros dispositivos eletrônicos.

Bancada 2: Espectros de Gases

Para essa atividade foram utilizados três tubos de espectro (hélio, criptônio e hidrogênio), que são constituídos por um ou mais elementos químicos na forma de átomos ou moléculas no estado gasoso, por um espectrômetro-goniômetro e por uma rede de difração (530 linhas por milímetro). O experimento consistiu em se observar através do instrumento óptico existente no goniômetro as diferentes linhas espectrais difratadas pela rede, verificando os ângulos de espalhamento. Todos os alunos da turma puderam observar a existência de pelo menos três linhas espectrais, além de verificarem a existência de simetria nos ângulos de espalhamento de cada frequência. Nessa atividade também foram discutidos aspectos teóricos que justificavam o aparecimento de tais linhas. Ao final da atividade, discutiu-se sobre os diferentes tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação pública e letreiros de propaganda.

Bancada 3: Laser

Na última bancada procurou-se contemplar atividades relacionadas com aplicações do laser, sem focar-se nas questões técnicas referentes à sua natureza. Os alunos puderam verificar a difração do feixe através de redes de difração (12 e 18 linhas por milímetro), puderam observar o comportamento do feixe propagando-se nas paredes de um cilindro de acrílico transparente, o que gerou questões pertinentes ao campo da óptica geométrica. Finalmente, utilizando-se dois geradores de função ligados a dois autofalantes munidos de espelhos adequadamente fixados, puderam observar a composição de dois movimentos oscilatórios (figuras de Lissajou) através das reflexões de um estreito feixe de laser. Essa atividade causou grande interesse nos alunos, principalmente pela obtenção de formas geométricas mais sofisticadas utilizando-se unicamente um estreito feixe de laser. Os alunos puderam variar livremente as características dos movimentos, alterando a frequência e a tensão elétrica dos geradores. Essa atividade gerou uma discussão quanto às possibilidades de utilização do laser na medicina e outras áreas de importância para a população. Por fim, discutiu-se a questão das “canetinhas laser”, que são comercializados indiscriminadamente, e que se usadas de maneira inadequada podem causar danos irreparáveis à visão.

2. A PERSPECTIVA DOS ALUNOS E ANÁLISES PRELIMINARES

Do conjunto de alunos que participaram da atividade, onze fizeram parte de uma “entrevista coletiva”, que foi gravada em áudio e vídeo. A opção por esta modalidade de entrevista se deveu à necessidade de criar-se uma situação onde os alunos, todos adolescentes, se sentissem mais à vontade para expor suas opiniões. As gravações foram transcritas e a partir das transcrições procuramos interpretar as respostas dos alunos buscando significações que apontassem para como eles justificariam a importância da Física Moderna no ensino médio. Os discursos gravados de seis dos onze alunos revelaram uma certa completeza, isto é, chegaram a deixar claro pensamentos que tinham e significações que atribuíam, e por isso foram tomados para a constituição de dados no presente trabalho.

A seguir são apresentados trechos das falas destes seis alunos. Esses trechos permitem sintetizar o significado da experiência na atividade proposta e obter indicações sobre justificativas para que a Física Moderna chegue ao ensino médio.

Aluna A1

A aluna A1 encontra certa dificuldade para compreender o que significa Física Moderna. Em suas colocações fica evidente que relaciona Física Moderna com Física Experimental: “- *A Física Moderna no caso, é a prática da Física que a gente vê na prática, não é?*”

No decorrer da atividade, mostrou-se participativa, fazendo perguntas e expressando sua opinião sempre que possível. Demonstrou grande interesse pelas ciências, tendo inclusive mencionado que participou de outras atividades extra-classe, envolvendo conteúdos dessa área. Em suas palavras: “...*porque eu sou muito interessada nesse negócio de Ciência, igual quando teve a feira o ano passado, nossa, em tudo quanto era sala eu entrava, eu perguntava, fuçava assim, eu sou muito curiosa assim.*”

Em seu discurso a aluna relata surpresa ao presenciar fenômenos que envolvem diferentes áreas da física: “...*é alguma coisa assim que não dá pra sonhar uma coisa assim, igual, você misturou lá ondas sonoras lá com as do laser assim e ficou os movimentos lá, mais por causa das ondas sonoras. Assim, as duas misturas você, você nunca vai imaginar assim que pode acontecer daquele jeito assim.*”

A aluna A1 mostrou-se interessada em ter mais contato com Física Moderna e quando indagada se participaria de outra atividade respondeu prontamente: “*Então assim, acho que da minha parte eu estaria lá na frente ainda brigando pra arranjar lugar...*”

A1 afirma que seu envolvimento na atividade aumentou seus horizontes, e demonstra interesse pela área, quando diz carregar consigo a apostila que recebeu quando participou do evento: “*aumentou o meu conhecimento prévio de mundo.*” ... “*a minha também, está na minha bolsa...*”

A nosso ver, do posicionamento assumido por A1 pode-se depreender que a Física Moderna instiga a curiosidade e oferece uma possibilidade de ligação entre conteúdos que normalmente ficam desconectados na cabeça dos alunos. A aluna não chega a justificar explicitamente a inserção da Física Moderna no ensino médio uma vez que ela não consegue diferencia-la da Física Clássica Experimental. A aluna demonstra perceptível surpresa ao verificar a superposição de diferentes áreas da física, o que reflete sua dificuldade em transitar entre essas áreas, e alerta para os obstáculos criados por uma estrutura disciplinar fragmentada, justamente numa época em que se faz grande apelo à questão interdisciplinar. Essa dificuldade talvez seja amenizada com a introdução da Física Moderna, considerada sua grande abrangência nos campos metodológico e disciplinar e isso nos parece justificativa relevante para tal inserção. Além disso, o aparente interesse despertado também concorre para essa inclusão.

Aluno A2

O aluno A2 mostrou-se bastante comunicativo e ativo na realização dos experimentos. Demonstrou grande capacidade de liderança, ao ajudar na alocação dos demais alunos ao redor das bancadas. Mencionou ter participado de outras atividades extra-curriculares em física e quando questionado sobre o que conhecia sobre física, respondeu: “...a Física que o professor passava na sala e que a gente trabalhava aqui com o pessoal da universidade...”, referindo-se à Física Clássica. Quando questionado sobre Física Moderna, respondeu que “*não fazia uma idéia assim, mais eu já tinha ouvido falar*”.

Afirmou ser muito desestimulante para os alunos do ensino médio estudar física, por ser muito difícil “*Ah, vou ter aula de Física! Nossa! Aula de Física vai ser, vai ser difícil...*”.

Esse aluno manifesta intenção de reproduzir um dos experimentos na feira de Ciências de sua escola: “- *Aquilo lá vai ser um projeto pra Feira de Ciências...*” e afirma que sofreu uma mudança de pensamento quanto à luz: “*...eu acho que, que mudou assim a forma de, que a gente enxerga a luz, pelo menos pra mim, eu não fazia a mínima idéia que a luz se dividia em frequências.*”. Apontou também que embora o conteúdo seja um pouco abstrato, conseguiu formular um modelo mental de uma determinada atividade: “*...acho que deu pra imaginar naquela parte dos elétrons lá.*”. Além disso, tentou comparar alguns aspectos da atividade com outras aplicações tecnológicas, como fica evidente quando afirma que “*...tem uma parte na televisão lá que envia, recebe uma carga de elétrons e tal*”.

O aluno A2 ressalta que “*... uma coisa que falta né, pelo menos, eu falo na normal, escola pública, é contextualizar a matéria que vai ser passada. Eu acho que se fizesse isso, ia dar uma diferença boa no aprendizado...*” e finaliza apontando um aspecto importante do contato que teve com a Física Moderna: “*se pelo menos um dia eu for prestar uma faculdade de Física, não sei, pelo menos eu vou ter idéia daquilo, vou saber que aquilo existe tal. E a hora que eu for realmente aprender, se um dia eu chegar na faculdade de Física, eu já vou ter mais ou menos uma visão assim do que é, não vou ter aquela cabeça ...ah, vai ser difícil...*”

É nossa opinião que o aluno A2 apresenta argumentos que justificam explicitamente a inclusão da Física Moderna no ensino médio. O pequeno contato que teve com essa área aponta para uma mudança na maneira de conceber a luz, além de ter promovido pensamentos no sentido de relacionar ao conhecimento em questão algum tipo de aplicação tecnológica. Outro aspecto que nos parece favorecer tal inclusão é o notório desestímulo do aluno em estudar os conteúdos clássicos, os quais parecem guardar considerável distância do mundo altamente tecnológico em que o aluno se encontra. Finalmente, outra questão que julgamos relevante é a importância atribuída por A2 ao conhecimento prévio de determinado conteúdo como mecanismo disparador ou desinibidor do processo de aprendizagem no ensino superior, o que denota uma preocupação com seu desempenho numa pretensa carreira de físico.

Aluna A4

A aluna A4 afirma completo desconhecimento sobre Física Moderna: “*Eu nem sabia assim o modo que aquilo seria Física Moderna. Pra mim foi um conhecimento total sabe*”. Sua reação à atividade realizada é de total deslumbramento, o que fica bastante evidente em afirmações como: “*Nossa! Eu fique maravilhada porque eu nunca tinha visto.*“ ...”*Eu não sabia que tinha que acontecer tudo aquilo... O modo como aquilo aconteceu que me deixou maravilhada, que eu gostei muito.*”

A4 demonstrou grande interesse pelos assuntos abordados. Quando questionada se pretendia parar por aí, respondeu que “*não, (pretendo) ir atrás. Entendeu? Porque eu achei que foi realmente, uma coisa fascinante. Foi uma coisa que eu não imaginava...*”

A aluna afirma que sua participação nas atividades levou-a a rever alguns posicionamentos: “*Eu já tinha uma visão, é, uma visão. Digamos, pra mim, eu achava que a visão já era ampla, que eu já ...ai, eu já conheço bastante coisa... Não que eu soubesse tudo, eu*

não sei nada... a bagagem que eu levei foi 'eu não sei nada do que eu pensei que sabia'... ”, e essa mudança de posição diz respeito inclusive à maneira de encarar os físicos: “que eu percebi lá também, é enxergar a teoria que tantos falam, entendeu? Os físicos fazem umas coisas lá que depois você vê isso na prática realmente, você fala assim ...ai, eles não são doidos...”

Seu ponto de vista com relação à inclusão da Física Moderna no ensino médio é bastante claro, pois afirma que “... já passou da hora deles colocarem isso na escola” e argumenta: “eu acho que a escola precisa disso, porque os alunos vêm a escola como uma coisa maçante”.

A conclusão a que chegamos é que a aluna A4 apresenta razões para a inclusão da Física Moderna no ensino Médio. O deslumbramento inicial apresentado, se tratado de maneira adequada, pode tornar-se o impulso necessário para que a aluna adentre efetivamente o universo da ciência. A mudança de postura quanto aos seus conhecimentos pode tornar o mundo das ciências mais desafiador e estimulante. Sua reconsideração quanto à insanidade dos físicos provavelmente deslocou a atividade científica para um patamar mais próximo de sua realidade e para um mundo mais próximo do seu. Ressaltamos que a aluna A4, a exemplo de outros alunos, volta a encarar com desdém os conteúdos abordados no ensino médio.

Aluno A6

Esse aluno mostrou-se bastante interessado nos tópicos tratados na atividade. Afirmou ter procurado outras fontes de consulta, além da apostila recebida, para satisfazer sua curiosidade: “... eu dei uma lida lá porque eu estava meio curioso...” ... ” ... é, aquela apostilinha e outras apostilas mesmo; assim, pra comparar mesmo se eu consegui entender um pouco melhor as coisas”.

Para A6 a atividade foi importante: “muito importante, mesmo porque, realmente na escola a gente nunca vê isso.” E afirmou: “... foi uma coisa que realmente me provocou, bom, até hoje nunca me aconteceu”, o que nos causou surpresa, uma vez que, dentre todos os alunos entrevistados, A6 foi o que demonstrou maior comprometimento com os estudos (mesmo sem nunca ter se sentido provocado!). Nos parece oportuno ressaltar que esse aluno cursa a terceira série do ensino médio no período diurno e frequenta um curso pré-vestibular no período noturno.

O Aluno pondera que “... são coisas assim que a gente nem imagina que acontece, mas, realmente acontece que são, são fatos que a gente pode estar procurando entender melhor”, o que sinaliza para uma preocupação em ir além do conhecimento superficial. Além disso, A6 manifestou interesse pela questão histórica ao afirmar: “achei muito interessante, porque foi contado um pouco da história, que está fazendo centenário né ... dos artigos e ficou uma coisa legal”.

Pode-se notar que o aluno A6 tenta estabelecer algum tipo de relação entre o conteúdo abordado e seu cotidiano quando afirma: “é a mesma coisa que você falar ...porque o céu é azul... né, é o espectro do... eu não estou lembrado qual que é agora. Aí você conseguir transformar aquilo, passar aquilo numa máquina, mostrar realmente. Aquilo tudo eu achei muito interessante.”

A exemplo de outros alunos, A6 manifestou interesse em desenvolver alguma atividade para a feira de ciências de sua escola: “... transformador também já tem. Falta o laser e o resto que eu vou ter que desenvolver.” No entanto, seu projeto é mais audacioso: ” ... eu montei uma espécie de uma lista de projetos...”

Por fim A6 conclui: “... eu acho que deixa mesmo interessado, é como se fosse um estímulo você mostrar alguma coisa que não é normal, não é comum no dia-a-dia”.

Nas posições assumidas pelo aluno A6, reconhecemos justificativas bastantes para a inserção da Física Moderna no ensino Médio, pois este apresentou em seu discurso elementos de relevância para o ensino como o despertar da curiosidade e do desafio além de sensibilidade para com um importante campo de pesquisa que é a História da Ciência. Outra questão que vai ao

encontro dessa perspectiva inclusiva é a tentativa de estabelecer uma relação da cor da atmosfera terrestre com espectros de gases, o que pode ser indício de uma tentativa de transposição de fenômenos físicos verificados em laboratório, para o meio. Além disso, o ímpeto de desenvolver projetos nessa área, para apresentação em feiras de ciências pode ser por demais frutífero, já que mantém o aprendiz num constante turbilhão de idéias e pode direcioná-lo para uma carreira científica.

Aluno A8

O Aluno A8 afirma que não possuía nenhum conhecimento prévio sobre Física Moderna: *“também foi bem surpreendente. Eu também não imaginava como que era Física Moderna, não tinha nenhum conhecimento...”* e podemos constatar em suas falas certa dose de empolgação: *“... depois você fica lembrando... nossa, que louco!”*

A8 manifesta interesse e curiosidade ao confrontar-se com determinado aspecto tecnológico da ciência: *“... eu vi esse jogo de laser foi numa festa de música eletrônica. Os ‘caras’ fez aqueles esquemas de montar figuras. Eu falei ...nossa! Como os ‘caras’ conseguem fazer com laser assim...”*. e afirma que houve uma discussão posterior com os outros alunos que participaram da atividade *“...a gente discutiu esse negócio da aula de Física no mesmo dia à tarde... e à noite a gente falou também lá na sala”* apontando para o interesse despertado pelo contato com a Física Moderna, o que também pode ser constatado quando complementa: *“ah eu cheguei lá no serviço e fiquei pensando... foi, foi... interessante... aí você lembra um pouco da teoria ... nossa! então foi assim que aconteceu...”*

Apesar do interesse aparente, A8 apresenta dificuldades para falar sobre questões apresentadas na atividade. Seu discurso mostra-se bastante fragmentado e quando tenta descrever algum dos experimentos, consegue apenas formular algumas falas desarticuladas: *“...tinha uma lâmpada, com um negócio...aí tinha uma que o ... era verde...a dos filtros colorido lá. Descarregava, mudava de...tensão. Aí dividia as cores.”*

Consideramos que uma marca evidente em A8 seja seu entusiasmo. Apesar de seu discurso não adentrar o terreno do científico, dá mostras de ter sido afetado de alguma forma pela atividade. Sua atitude de pensar sobre os experimentos e buscar explicação na teoria é relevante e abre caminho para uma aproximação com a ciência. Além do que percebemos o desencadeamento de um importante processo social, a partir do momento que os alunos passam a conversar sobre um assunto científico, o que por si só, já seria uma justificativa adequada para a inclusão da Física Moderna nas classes de ensino médio.

Aluno A9

O aluno A9 nos surpreendeu por sua vasta participação em atividades extra-curriculares como cursos, olimpíadas e feiras de ciências do que tomamos conhecimento através do grande número de certificados que nos apresentou. No entanto, quanto à Física Moderna, afirmou que *“...não, não tinha uma idéia assim... um contato mesmo que eu tive foi com relação a movimentos assim, aquela coisa mais...clássica, que todo mundo dá praticamente”*.

Quanto à atividade em questão, comentou: *“...achei muito interessante foi aquele experimento com fótons... eu não lembro se era efeito fotoelétrico”*, e tenta descrever o experimento: *“você tinha no caso a lâmpada de 2500 watts, aí você tinha os filtros... dava uma frequência... e tinha acho que era uma plaquinha metálica, eu não sei, um espelho com cabo... Liberava os elétrons, acho que a máquina que capturava os elétrons... A gente media a tensão e depois esperava descarregar...ia aumentando a tensão”*

A9 afirma estar aprendendo na escola *“Física Mecânica e Física Elétrica, aquela coisa bem banal”* e destaca que *“Agora, aí já dá pra ter uma noção mesmo do quê que seria Física*

Moderna assim”. Quando questionado sobre o nível de compreensão do que foi apresentado respondeu: “*no experimento que eu mais gostei, que foi aquele acho que da... do efeito fotoelétrico, eu consegui entender e ainda consegui imaginar também, imaginar bem como seriam os elétrons pulando...*”.

A exemplo de outros entrevistados, o aluno A9 nos fornece evidências de ter buscado ao seu redor, situações que apresentassem relação com os conceitos abordados: “*...aí eu e meu pai a gente começou a conversar... o farol do carro bate naqueles negócios da pista, aí você observa que vira novamente pra você... na minha casa eu fiquei pensando naquela lá, nos elétrons mudando de camada ... passando no (ponteiro do) relógio assim, imaginando... aí eu fui subindo e voltando... uma coisa meia esquisita.*”

O aluno A9 faz colocações que julgamos reveladoras. Enfatiza a banalização da Física Clássica em dois momentos distintos e por outro lado tenta descrever, até com certo nível de detalhamento as atividades de Física Moderna, o que pode ser fruto de uma impressão profunda e duradoura que esta última tenha lhe causado. Sua aparente compreensão dos fenômenos apresentados, sobre os quais dá evidências da tentativa de elaboração de modelos mentais fala contra o obstáculo do abstrato enquanto seu esforço no sentido de relacionar os conceitos com situações-problema do seu dia a dia aponta para uma oportuna aproximação entre os universos do aluno e da ciência, o que contribui para um “avivamento” desta última.

Dessa forma, entendemos que o posicionamento do aluno justifica a inclusão da Física moderna no ensino médio.

3- REFINAMENTO DA ANÁLISE: EM BUSCA DE CONVERGÊNCIAS E DIVERGÊNCIAS

Uma questão evidente na fala da aluna A1 é sua visão fragmentada do conteúdo, o que consideramos uma justificativa pertinente à categoria de “Atendimento à necessidade de atualização curricular”. Além disso, o interesse despertado na aluna nos permite também justificar a inclusão da Física Moderna conforme o exposto na categoria “Despertar de interesse pela Física”.

O aluno A2 apresenta justificativas pertinentes a várias categorias. Uma delas é “Via de acesso a Tecnologias atuais”, já que tenta fazer comparações entre tópicos abordados na atividade desenvolvida e tecnologias presentes em seu cotidiano. Outra categoria contemplada no posicionamento de A2 é a que se refere ao “Atendimento à necessidade de atualização curricular” já que o aluno demonstra certo desestímulo em estudar os conteúdos Clássicos. O aluno manifestou preocupação com respeito ao nível de dificuldade numa carreira em física em nível superior, justificativa que vai ao encontro da categoria “Favorecimento à opção pela carreira científica”. O aluno A2 argumenta contra a falta de contextualização nos conteúdos de Física Clássica, o que nos permite justificar a inclusão da Física Moderna no ensino médio, segundo a categoria “Favorecimento da componente Histórico-Cultural”.

A aluna A4, além de um deslumbramento, apresenta justificativas pertinentes à categoria “Favorecimento da componente Histórico-Cultural” ao manifestar sua reconsideração sobre o papel do físico. Ela justifica a inclusão da Física Moderna, argumentando no sentido da categoria “Atendimento à necessidade de atualização curricular”, pois banaliza a Física Clássica (um posicionamento de notável recorrência na fala dos alunos). Outra categoria contemplada em seu ponto de vista é “Via de acesso a Tecnologias atuais”, já que faz alusão à questão da relação entre teoria e prática.

Nas colocações feitas pelo aluno A6 notamos justificativas das categorias “Despertar de interesse pela Física” uma vez que ele sentiu-se provocado a descobrir mais sobre os assuntos tratados e “Favorecimento da componente Histórico-Cultural” pois o aluno faz alusão à questão do centenário da publicação de trabalhos de Einstein. O aluno também contempla justificativas

da categoria “Via de acesso a Tecnologias atuais”, pois se esforça para traçar paralelos entre o assunto abordado e questões práticas. Por fim entendemos que o grande interesse do aluno em atividades relacionadas com feiras de ciências pode direcioná-lo para alguma área da ciência, o que aponta para a categoria “Favorecimento à opção pela carreira científica”, de forma que é extensa a lista de justificativas para a inclusão da Física Moderna no ensino médio.

O aluno A8 evidenciou o interesse despertado pela atividade, já que confessa ter ficado pensando sobre o assunto, e, além disso, A8 relata o interesse despertado entre os colegas que se puseram a discutir os assuntos tratados posteriormente, o que representa uma justificativa da categoria “Despertar de interesse pela Física”. Outra categoria de justificativas que é contemplada no discurso desse aluno é “Via de acesso a Tecnologias atuais”, quando o mesmo relata curiosidade em compreender o funcionamento do laser, conforme visto em determinado evento.

O aluno A9 também menciona com desdém a física atualmente tratada no ensino médio, taxando-a de “banal”, o que já é justificativa para inclusão da Física Moderna, conforme a categoria “Atendimento à necessidade de atualização curricular”. Esse aluno menciona ampla gama de aplicações tecnológicas que procurou relacionar com os assuntos abordados, o que aponta para a categoria “Via de acesso a Tecnologias atuais”. A9 descreve, até com certo sucesso, detalhes importantes das atividades realizadas, mencionando a maneira como os dados foram obtidos e quais procedimentos foram adotados, o que contempla a categoria “Favorecimento à compreensão sobre a ciência” já que o aluno percebe em determinado nível, a maneira como a ciência caminha.

CONCLUSÃO

As categorias de justificativas para a inserção de Física Moderna e Contemporânea, constituídas a partir do trabalho de Osterman e Moreira (2000), apresentadas no presente trabalho, foram utilizadas como termo de comparação com expressões de alunos sobre os significados que atribuíram a um programa de atividades de Física Moderna do qual participaram. Percebemos que as expressões dos alunos que, direta ou indiretamente, estavam relacionadas a justificativas para a inserção da Física Moderna no ensino médio foram altamente compatíveis com as categorias constituídas.

É possível afirmar, à luz das expressões dos alunos, e da compatibilidade dessas com outras realidades, que o aspecto emocional conta muito quando se fala de Física Moderna no ensino médio. Mas, qual é a validade de se considerar este aspecto como importante? Defendemos aqui que se não aprendemos a considerá-lo devidamente não é por isso que devemos descartá-lo. Nesse sentido, é preciso lembrar que em muitos textos, como, por exemplo, PCN (1999); LEMKE, (1997), autores se referem à física “chata”, árida, descontextualizada etc., que provoca desinteresse nos alunos. Ou seja, há muito tempo já lidamos com o emocional, pois temos percebido o que e como desagradar. Assim, parece desafiador considerar estas predisposições dos alunos à Física Moderna, de modo que sejam conciliados os fatores emocionais com os curriculares e pedagógicos.

Entre uma motivação externa, muitas vezes passageira, e aquela introjetada, utilizando aqui a conceituação de Deci e Ryan (1994), há uma grande distância. Mas, motivações extrínsecas podem ser um caminho inicial para que uma introjeção aconteça. Os vários alunos que participaram da entrevista do presente estudo enfatizaram aspectos de suas motivações e

também o desejo de que gostariam de continuar motivados no terreno da Física Moderna, o que sugere uma possibilidade real para o ensino.

REFERÊNCIAS

BRASIL - MEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio**. Brasília: MEC, 1999.

DECI, E. L.; RYAN, R. M. Promoting Self-determined Education. **Scandinavian Journal of Education Research** **38**, 3 (1994)

LEMKE, Jay. **Aprender a Hablar Ciencia: language, aprendizaje y valores**. Barcelona: Paidós. 1997.

OSTERMANN, Fernanda.; MOREIRA, Marco Antonio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. *Investigações em Ensino de Ciências*, **V.5**, no.2, 2000.